

# **INTRODUCCIÓN**

## INTRODUCCIÓN

### ANTECEDENTES.

La cerveza no tiene un origen con exactitud, se dice que su existencia probablemente sea tan antigua como el origen del hombre.

Suficientes pruebas científicas y evidencias arqueológicas han sido recopiladas, hasta el punto de convencernos firmemente, de que lo que ahora conocemos como cerveza fue producida por primera vez, al final del cuarto milenio antes de Cristo, por los sumerios en el sur de Babilonia. La civilización sumeria se estableció en la Baja-Mesopotamia-planicie aluvial situada entre los ríos Tigris y Eúfrates-siendo una de las primeras civilizaciones escritas conocidas.

La receta más vieja del mundo, escrita en tablillas de arcillas sumerias, se refiere a la elaboración de la cerveza. Los sumerios fueron conocidos como grandes bebedores de cerveza. Un estudio detallado, realizado en colaboración entre arqueólogos de la Universidad de Cambridge y empresas Cerveceras de Escocia y Newcastle (ahora Scottish Courage), bajo los auspicios de la Sociedad de Exploración de Egipto, ha proporcionado una panorámica de cómo los antiguos egipcios realizaban su tecnología de fermentación hace 3000 años.

Los estudios se centraron en ambas riberas del río Nilo: Amarna (a unos 300 km al sur de Cairo) y Deir el-Medina; ambos lugares datan del período conocido como el Imperio Nuevo (1550-1070 a.C). Debido a que ambos lugares quedan fuera de la zona de inundaciones del río Nilo, el clima árido ha permitido la desecación de materiales botánicos y biológicos, que han persistido hasta la actualidad. La cerveza y el pan fueron los ingredientes de mayor importancia en la dieta de los antiguos egipcios, como evidencia la plétora de registros escritos relativos a la producción y consumo de tales productos (Hornsey, 1999).

Decimos que una cerveza artesanal es el producto de la fermentación de un cereal, elaborada en pequeñas cantidades y, por tanto, se da la máxima atención a cada pequeño detalle, asegurando un producto final de mayor calidad y frescura. Gran parte del proceso

se realiza de forma manual con ingredientes y procesos originales, que busca resaltar las características tradicionales, compitiendo en segmentos de mayor calidad, ya que es considerada una cerveza fina.

En 2015, el consumo de cerveza totalizó casi 200.000 millones de litros en todo el mundo, siguiendo un crecimiento constante desde 2010, según un estudio de mercado de Euromonitor Passport.

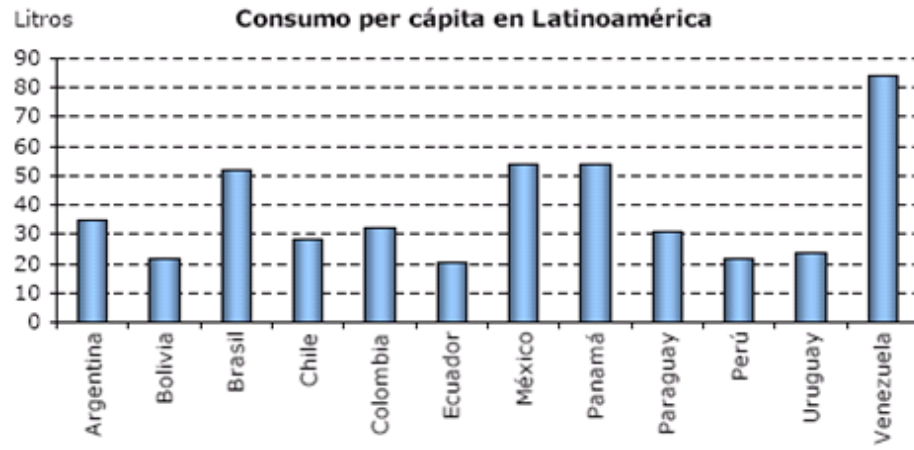
El mercado de la cerveza en América Latina, que comprende alrededor del 17% de la industria mundial, se ha desarrollado más rápidamente que los de Asia Pacífico, América del Norte y Europa durante este período.

En Latinoamérica la producción de cervezas artesanales se fue popularizando. Uno de los países vecinos con una demanda alta como Argentina, cuenta con una producción anual de 25 millones de litros de cerveza artesanal, el mismo que fue transfiriendo una gran tendencia a Bolivia, donde se comenzó con la producción de cerveza artesanal en pequeña escala y fue creciendo, en este último tiempo en la mayor parte de los departamentos, se está produciendo cerveza artesanal tanto en pequeña y mediana escala, elaborado diferentes estilos especiales que han desarrollado un creciente interés del mercado.

En el departamento de Tarija se empezó a popularizar la cerveza artesanal como tal, en entre los años 2017-2018, donde salieron al mercado diferentes empresas, que de tener una producción cacerá, decidieron lanzarse al mercado con su producto, entre las marcas pioneras podemos nombrar a Cerveza Macabra, Barbosa, Hops, Thaqrexa, Biere Landeau. Actualmente, según los datos de la ASOCIACIÓN DE CERVECEROS ARTESANALES TARIJA (ACEART), se tienen alrededor de 16 cervecerías inscritas, mostrando un crecimiento continuo de nuevos emprendimientos tarijeños en el rubro cervecero.

**Figura 0-1**

*Consumo per cápita en Latinoamérica.*



**Fuente:** (FIT Research, s.f.)

## **OBJETIVOS.**

- ***Objetivo General.***

Optimizar el proceso de maceración de cerveza artesanal en la empresa “Macabra” S.R.L.

- ***Objetivos específicos.***

- Diagnóstico de la planta.
- Identificar la problemática de la etapa de maceración.
- Identificar las alternativas de solución.
- Proponer la alternativa de solución más apropiada.
- Seleccionar los equipos necesarios para la optimización.
- Balance de materia y energía.
- Análisis económico del proyecto.

## **JUSTIFICACIÓN.**

- ***Justificación Tecnológica.***

El proceso y la tecnología de elaboración son asequibles para que, a través de la optimización de la etapa de maceración, se valide un proceso tecnológico con los parámetros y datos necesarios para que la empresa pueda aplicar el proyecto en sus elaboraciones, mejorando el rendimiento de la etapa de maceración.

- ***Justificación Económica.***

La inversión requerida para la optimización no es muy elevada, ya que el estudio y medición de los parámetros se puede realizar en la medida que la empresa elabore el producto para la venta. Brindando un beneficio a la misma, tanto en el ámbito productivo y significativamente en el económico.

- ***Justificación Social.***

En la elaboración de este tipo de bebidas se ha utilizado una enorme variedad de materias primas como la cebada malteada, trigo malteado, lúpulo y levaduras. La

mezcla ha dado como resultado un producto de alto contenido proteico y beneficios en ciertos aspectos, como nutrientes para generar energía, hacia personas que las consumen de una forma adecuada y sin excesos.

La producción de cerveza artesanal como microempresa va a generar actividades turísticas, además de diferentes fuentes de trabajo.

- ***Justificación Ambiental.***

El proceso de elaboración de cerveza artesanal, no tiene grandes impactos nocivos al ambiente, con respecto a los desechos que se obtiene como ser el bagazo, serán destinados a como alimento para animales de granja.

- ***Justificación Personal.***

La culminación del proyecto genera una gran contribución a la empresa e indirectamente a mi persona por formar parte de ella, además del aporte de información a la carrera de Ingeniera Química y por ende a la ciudad de Tarija donde nació este emprendimiento.

# **CAPÍTULO I**

## CAPÍTULO I

### I. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.

#### 1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Empresa “Macabra” S.R.L, lanzada al mercado el 6 de marzo de 2018, un emprendimiento pionero en la rama en Tarija-Bolivia, fundado por tres miembros Mario Sfarcich, Ingeniero Químico y Lic. Enólogo de profesión, quien junto a sus dos socios Carlos Castellón y Branko Sfarcich, estudiantes de la carrera de Ingeniera Química, luego de varios estudios y pruebas, decidieron empezar con la empresa de la cual el nombre procede de la unión de las iniciales de sus nombres (Cerveza Artesanal Macabra).

La idea principal: producir una cerveza de alta calidad, revolucionando la cultura de la cerveza en Tarija, exponiendo una gama de variedades con su característica peculiar, de manera que los consumidores puedan experimentar una experiencia única en cada una de ellas en aromas y sabores.

#### *MISIÓN*

Elaborar cerveza artesanal de la más alta calidad,. Haciendo una sinergia entre Arte y Ciencia en cada cerveza para darle cualidades únicas. Con el objeto de brindar a los clientes, consumidores y distribuidores un producto que es de exclusividad y deseo, resaltando su excelente calidad en los procesos de elaboración y por lo tanto, en el producto final.

#### *VISIÓN*

Ser la marca líder en Tarija, en el mercado de cervezas artesanales y referentes a nivel nacional. Trabajando en la innovación de sabores y aromas para fortalecer la cultura cervecera con nuevos y mejores productos.



## 1.2 MATERIAS PRIMAS.

### 1.2.1 Agua.

El agua es la materia prima en mayor proporción utilizada para la fabricación de cerveza. Sin embargo, solamente una parte de la cantidad de agua requerida es usada directamente en la cerveza, mientras que otra parte se requiere para limpieza, enjuague y otros propósitos. El consumo de agua fresca en la fábrica de cerveza varía en promedio entre 1000 y 1200 litros de cerveza lista para la venta. Es por ello muy importante reducir el consumo de agua tanto como sea posible, por lo que actualmente la fábrica, para reducir el consumo de agua, reutiliza entre 180 y 200 litros de agua utilizada en el intercambiador de placas para el proceso de enfriamiento del mosto.

La calidad del agua utilizada en el proceso de elaboración tiene una gran influencia sobre la calidad de la cerveza. Se utilizan aproximadamente entre 260 a 300 litros de mosto de cerveza en la sala de cocción. Antiguamente, las fábricas de cerveza dependían de las características del agua de la ciudad o zona en la que estaban ubicadas.

A continuación, se muestra una tabla a modo resumen que muestra los valores máximos y mínimos de las concentraciones de los iones químicamente activos, adecuados para la elaboración de cerveza.

**Tabla I-1.**

*Valores máximos y mínimos adecuados de los iones en el agua cervecera.*

<b>Ión químicamente activo</b>	<b>Valor mínimo (ppm)</b>	<b>Valor máximo (ppm)</b>
Calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ )	50	150
Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ )	10	30
Potasio ( $\text{K}^{+}$ )	5	10
Sodio ( $\text{Na}^{+}$ )	5	150
Bicarbonato/Carbonato	0	250
Cloruro ( $\text{Cl}^{-}$ )	0	250
Sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ )	10	250

*Fuente:* (Kaminski)

### ***1.2.2 Malta.***

El grano del cereal germinado y tostado es la malta. Con el malteado del cereal aparecen los azúcares, que alimentan a la levadura para realizar la fermentación. La más común y tradicional es la malta de cebada.

Existen muchos tipos de malta, siendo uno de los motivos por los que se elaboran tantos estilos de cerveza artesanal, por ello existen varias marcas que llegan al país: Patagonia (chilena), Weyermann (Española), Bestmalz (Alemana). Las cuales son marcas utilizadas y muy reconocidas por su eficiente proceso de malteado, brindando un producto de alta confianza para la elaboración de cerveza.

La cebada, para poder ser utilizada en el proceso de elaboración de la cerveza, debe estar malteada. De esta forma el almidón que no puede ser metabolizado por la levadura, es reducido a carbohidratos más simples que sí pueden ser metabolizados.

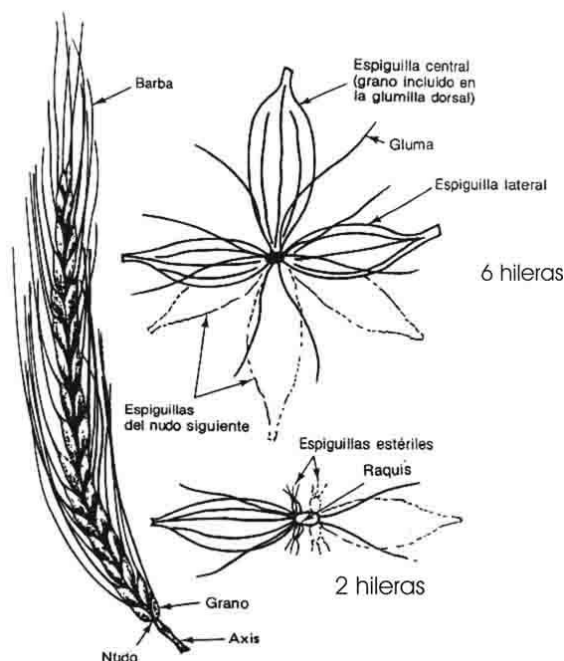
La cebada es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas, de grano alargado y puntiagudo en los extremos, y de los llamados “vestido”, es decir, el grano y el germen están protegidos por la cascarilla.

Existen dos tipos de cebada, la de 2 hileras y la de 6 hileras. La cebada de 2 hileras proporciona mejores propiedades a la cerveza, además presenta una mejor relación harina/cascarilla que la cebada de 6 hileras.

La parte fundamental del grano de cebada es el embrión que, bajo condiciones favorables de temperatura y de humedad, germina formando raíces y tallo. El endospermo ocupa la mayor parte del grano y constituye la reserva alimenticia de la planta (almidón), la cual será posteriormente la fuente de azúcares del mosto de cerveza. Sin embargo, la levadura no puede metabolizar este almidón, ya que posee una estructura formada por cadenas complejas de azúcares. Por este motivo debe ocurrir una transformación previa del almidón a azúcares sencillos (glucosa, maltosa y maltotriosa), tal proceso se realiza en el macerado del grano, que consiste en poner la malta en remojo a cierta temperatura para favorecer la acción de diferentes enzimas.

## Figura I-1

### Partes Malta



*Fuente:* (MALTA CERVECERA, s.f.)

A continuación, se muestra un ejemplo en forma de tabla del análisis de un tipo de cebada:

### Tabla I-2.

*Parámetros de calidad de la cebada.*

Parámetro	Valor referencia	Desviación típica	Coef. de ponderación
Rendimiento en extracto	79,87	1,7	0,45
Índice de Kolbach	39,58	4,48	0,10
Atenuación límite	79,80	2,96	0,15
Viscosidad	1,600	0,13	0,25
Poder diastásico	251,90	57,8	0,05

*Fuente:* (Mallett)

### ***1.2.3 Lúpulo.***

El lúpulo se utiliza básicamente en la fabricación de cerveza, de la que se considera una de sus materias primas o constituyentes notables e insustituibles, junto con la malta, el agua y la levadura, proporcionándole su característico amargor al cocer junto con el mosto, proceso que produce la transformación (isomerización) de sus resinas convirtiéndolas en compuestos amargos.

El ácido del lúpulo (ácidos  $\alpha$ ) tiene un suave efecto antibiótico contra las bacterias y favorece la actividad de la levadura de malteado.

Actualmente, en la elaboración de la cerveza, es el aditivo principal que se utiliza para hacer de contrapeso (de equilibrante si se prefiere) al dulzor de la malta. El lúpulo (*Humulus lupulus*) de esta planta se utiliza la flor hembra sin fecundar. En la base de sus bracteólas hay unas glándulas que contienen la lupulina, que es el ingrediente que aportará a la cerveza su sabor amargo y los aromas propios. Del amargor son responsables los ácidos amargos, y los aromas proceden de aceites esenciales constituidos en especial por compuestos bastante volátiles y delicados a base de ésteres y de resinas. Existen numerosas variedades botánicas del lúpulo que son objeto de investigaciones intensas

Aportes del lúpulo a la cerveza:

- Proporciona el tenor amargo que contrarresta el sabor dulce de la malta, haciendo la cerveza más apetecible.
- Propiedades antibacterianas, favoreciendo la actividad de la levadura aportando mayor estabilidad a la cerveza.
- Estabiliza la formación de espuma.
- Cuando es manejado correctamente, contribuye en el perfil de sabores y aromas de la cerveza.

Clasificación:

1. Amargos, aportan más elementos amargos que aromáticos, son altos en contenidos de resinas.
2. Aromáticos, aquí es importante el grado de volatilización.
3. Mixtos, aportan ambas características.

### Figura I-2

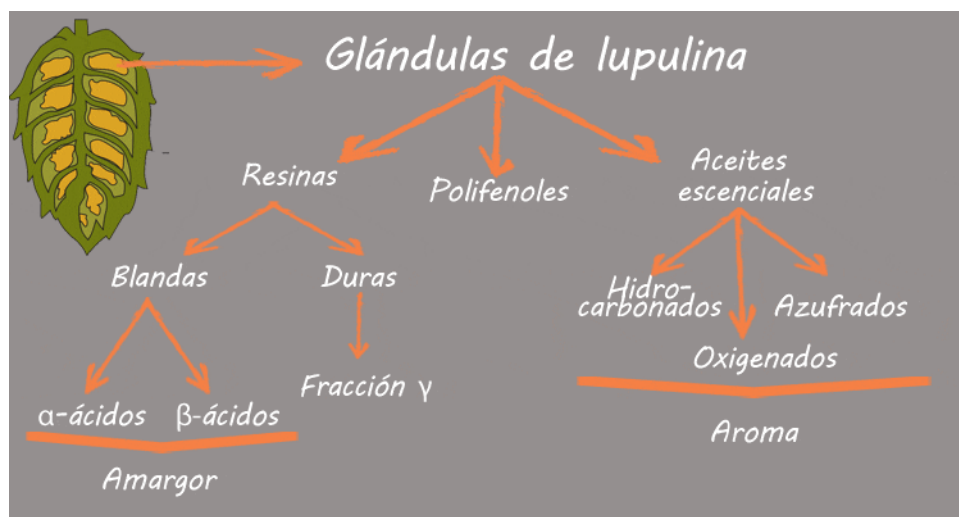
*Lúpulo en flor y en pellets*



Fuente: (Lets drink the knowledge)

### Figura I-3

*Resumen de los componentes de la lupulina del lúpulo.*



Fuente: (ceresvis, s.f.)

Las resinas acumuladas en las glándulas de lupulina se clasifican en función de su diferente solubilidad y son una mezcla de compuestos químicos análogos que son los precursores de los alfa y beta ácidos, los cuales, al cocer con el mosto, se isomerizan y se transforman en sustancias amargas.

**Tabla I-3.**

*Componentes que forman el lúpulo seco.*

Componentes	%
Compuestos amargos	18,5%
Aceite de lúpulo	0,5%-3%
Taninos	3,5%
Proteínas	20,0%
Sustancias minerales	8,0%

*Fuente:* (Hieronymus)

Dentro de la amplia gama de lúpulos, los utilizados en fábrica son de origen americano y argentino (Patagonia), dentro las variedades de lúpulos más utilizados: cascade, Summit, Chinook, fuggle, centennial, citra, mosaic, mandarina Bavaria, magnum, etc. Mismos que, dependiendo de la cerveza, permiten obtener sabores y aromas cítricos, flores y tropicales.

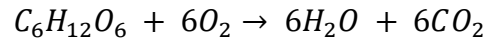
**1.2.4 Levadura.**

Las levaduras son hongos unicelulares que se reproducen por gemación. Es capaz de cubrir su demanda de energía en presencia de oxígeno (aerobio) por respiración y en ausencia de oxígeno (anaerobio) por fermentación. En la fabricación de cerveza, el azúcar del mosto es fermentado por la levadura a alcohol y CO<sub>2</sub>. Se utilizan cepas de levadura del tipo *saccharomyces cerevisiae* para tal fin. La levadura, debido a su metabolismo, tiene una gran influencia sobre el sabor y el carácter de la cerveza.

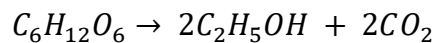
**Metabolismo de la levadura**

La levadura necesita energía y nutrientes para la realización de sus procesos metabólicos vitales y la formación de nuevas sustancias celulares. La energía para la

realización de estos procesos es obtenida por la levadura preferentemente por respiración. La obtención de energía es muy grande con la respiración, dado que la glucosa es descompuesta a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, sin que queden residuos, de la siguiente manera:



Ante la ausencia de aire, la levadura pasa a la fermentación alcohólica, como único ser vivo capaz de ello. Se forma aquí alcohol (etanol) y CO<sub>2</sub>, a partir de la glucosa:



El alcohol que se forma aquí contiene aún mucha energía, por lo que se obtiene mucha más energía por respiración que por fermentación. La degradación (catabolismo) de la glucosa hasta alcohol, o en caso de la respiración, hasta CO<sub>2</sub> y agua tiene lugar en numerosas etapas de reacción. Cada reacción es catalizada por una enzima especial. Estas enzimas están unidas en la célula de levadura a determinadas estructuras celulares. Así, las enzimas para la glucólisis y la fermentación alcohólica se encuentran en el citoplasma, mientras que la respiración tiene lugar por medio de enzimas en las mitocondrias. Las sustancias orgánicas necesarias para la respiración o fermentación son absorbidas por las proteínas integradas de la membrana y transportadas a través de la membrana. La levadura tiene metabolismos de:

- Hidratos de carbono
- Sustancias albuminoides
- Materia grasa
- Sustancias minerales

### **Caracterización de las levaduras para cerveza**

Dentro del tipo de levadura utilizada predominantemente como levadura de cultivo en la fábrica de cerveza, se diferencian numerosas cepas que se dividen en dos grandes grupos:

- **Levaduras de fermentación alta (*Saccharomyces cerevisiae*).**-

Las levaduras de fermentación alta suben a la superficie en el transcurso de la fermentación, desarrollándose a una temperatura entre 14 y 25°C. En este tipo de levaduras, las células madre e hija permanecen unidas, por lo general, durante un tiempo, formándose cadenas celulares ramificadas. Se caracterizan por desarrollar un metabolismo más marcado de respiración que de fermentación. Generalmente, las cepas de este tipo de levaduras son menos floculantes que las levaduras de fondo o de fermentación baja.

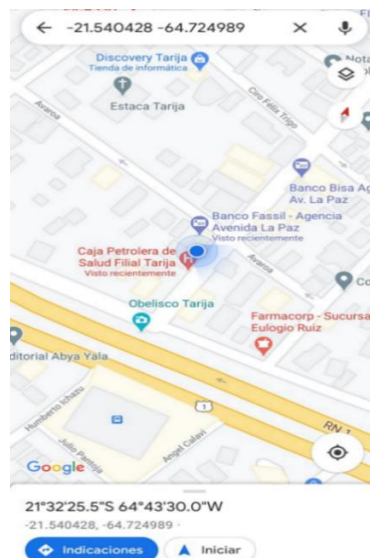
- **Levaduras de fermentación baja (*Saccharomyces carlsbergensis*).**-

Las levaduras de fermentación baja desarrollan la fermentación desde el fondo del depósito fermentador y trabajan a una temperatura entre 4 y 12°C. En estas levaduras, las células madre e hija se separan entre sí, después de que se finalice la propagación. Se caracterizan porque prevalece un metabolismo de fermentación, por encima de la respiración. El poder de floculación de las cepas levaduras de fermentación baja es elevado, obteniéndose una cerveza muy clarificada.

### 1.3 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.

#### Figura I-4

*Ubicación google maps.*



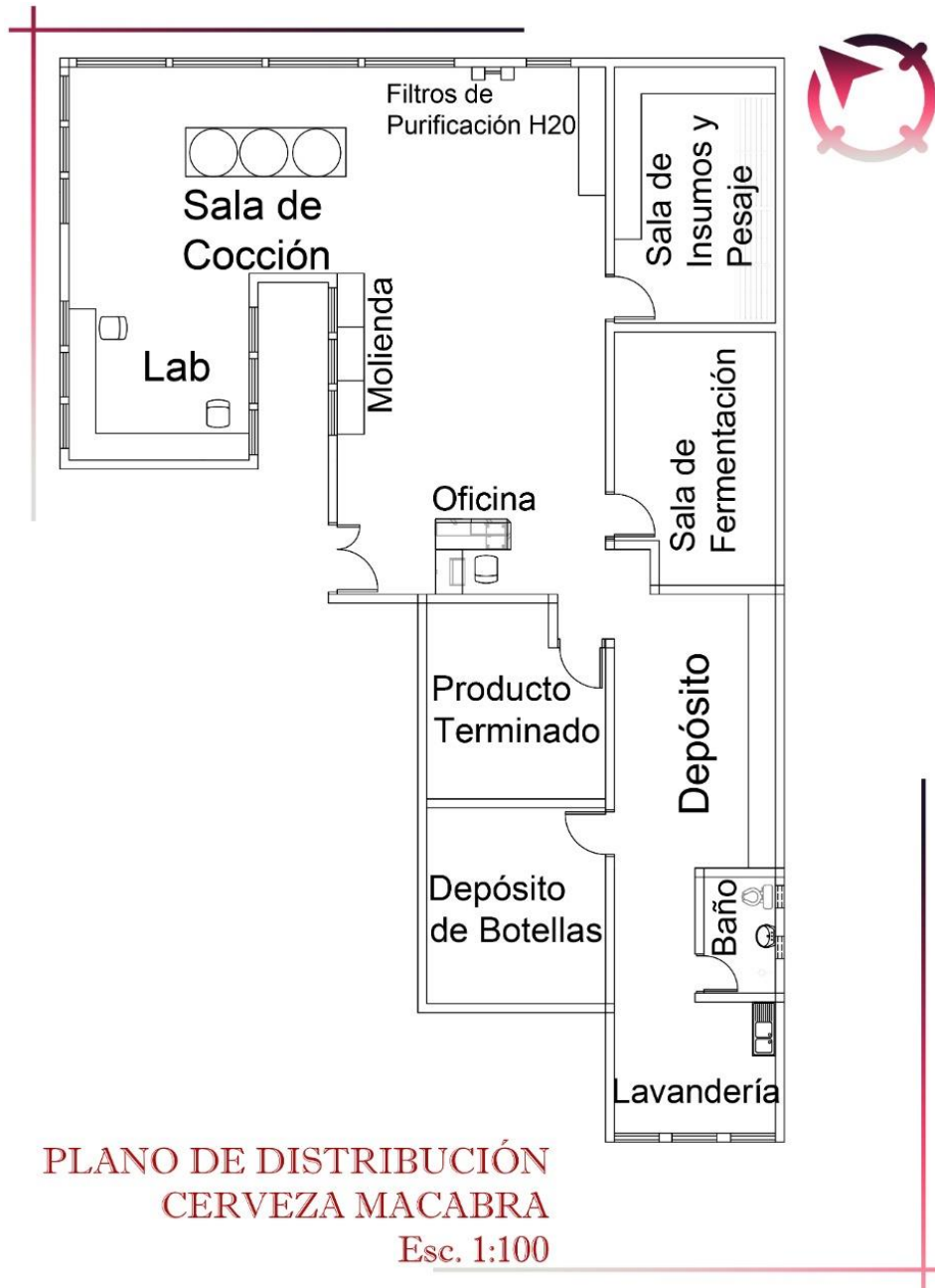
*Fuente: (Google.maps)*



## 1.4 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.

*Figura I-5*

*Plano de distribución de la planta de cerveza “Macabra”.*



*Fuente:* Archivos cerveza “Macabra”.

## 1.5 SERVICIOS AUXILIARES.

### 1.5.1 Energía Eléctrica.

Al igual que toda industria, es de suma importancia el suministro de energía eléctrica estable para los diferentes procesos que se requieren como: bombas, luminosidad, equipos de frío, Balanzas eléctricas, etc.

En la ciudad de Tarija, la empresa que se encarga del suministro de energía eléctrica es SETAR.

#### Tabla I-4

*Tipo de voltaje y energía utilizada en la empresa.*

TIPO DE VOLTAJE	220V
Energía Consumida mensualmente	166kw

*Fuente:* Elaboración Propia.

### 1.5.2 Agua Potable.

La cerveza es una mezcla compleja de azúcares, proteínas, alcoholes y gran variedad de otros compuestos orgánicos. Pero el componente principal y fundamental de la cerveza es el agua que constituye el 90% de su composición, por lo tanto, en primer lugar, tiene que ser bacteriológicamente limpia.

El sabor, el color, la calidad de su espuma y la transparencia de la cerveza, dependen en parte del agua utilizada en su elaboración, por lo que es muy importante conocer determinados parámetros físico-químicos del agua con la que va a elaborarse. Los minerales presentes en el agua afectan principalmente en el proceso de maceración del grano; cosa que no sucede cuando se trabaja con extracto de malta, el efecto de la química del agua en el sabor es mucho menor.

La empresa encargada del suministro de agua potable a la empresa es COSSALT.

### ***1.5.3 Gas***

El gas utilizado para los quemadores en la producción de cervezas es a través de garrafas contienen gas butano que tiene un poder calorífico de 12.300 kcal/kg y gasifica con temperaturas mayores a 0°C.

Debido al poder calorífico que se requiere en la fabricación de cerveza es que se utilizan garrafas tomando en cuenta todas las normativas de seguridad. La empresa encarga del suministro es YPFB. El consumo promedio es de 10 garrafas al mes equivalente a 100Kg/mes.

### ***1.5.4 Internet***

La capacidad de conectividad e internet de las diferentes máquinas tiene una gran importancia debido a que proporciona una mejor visibilidad y conocimiento de las operaciones y los activos de una empresa, por medio de la integración de sensores de máquina, programas de software, sistemas de computación y almacenamiento en la nube.

Por lo que la empresa de internet Entel es quien nos brinda este servicio tan importante en la actualidad.

### ***1.5.5 Manejo contable.***

La empresa utiliza el servicio de un estudio contable, que es quien se encarga de la parte de manejo de impuestos, facturaciones de la cerveza “Macabra” S.R.L.

Este servicio brinda una mayor seguridad al cumplimiento de tiempos y normativas que se deben cumplir para el funcionamiento legal de la empresa.

### ***1.5.6 Recojo de residuos sólidos.***

Los Residuos Sólidos, constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que, por lo general, por sí solos carecen de valor económico. Se componen principalmente de desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo.

La empresa que brinda el servicio es EMAT, de acuerdo a la ruta establecida recoge los residuos para luego llevarlos al botadero municipal de Pampa Galana.

## 1.6 OPERACIÓN Y CONTROL.

### PROCESO DE ELABORACIÓN.

#### 1.6.2 Molienda.

La importancia de la molienda, además de ser uno de los primeros pasos de elaboración, radica en que de ella depende la eficiencia en la extracción de los azúcares atrapados en el grano, tarea que realizan las enzimas durante la maceración. Influye también en el filtrado del mosto durante el recirculado y lavado del grano.

El proceso en sí consiste en reducir el interior del grano en partículas más pequeñas, tratando de mantener la cáscara intacta.

Mientras más pequeño se parta el grano, más superficie del mismo se expone a la acción de las enzimas encargadas de transformar el almidón y más eficiente será la extracción de los azúcares, pero realizar una molienda muy fina también es desfavorable, ya que dicha harina junto con el agua se convertirá en una masa compacta que hará imposible la filtración, el recirculado y la recolección del mosto. Por otro lado, si molemus muy grueso la extracción de azúcares será escasa y el rendimiento del grano muy pobre.

### Figura I-6

#### *Molino de malta y especificaciones técnicas.*



*Fuente:* Archivos cerveza Macabra.

### ***1.6.3 Maceración.***

Durante el proceso de maceración se obtiene lo que llamamos “mosto”, una solución dulce, formada, entre otras cosas, por azúcares fermentables, dextrinas, proteínas, aminoácidos y otros elementos, disueltos en agua.

La maceración consiste básicamente en someter una mezcla de agua y granos a una serie de descansos a diferentes temperaturas, que deberán ser sostenidos durante un tiempo específico. Estas tres variables (relación agua/grano, tiempo y temperatura) se determinan al momento de planear una receta y varían dependiendo de los ingredientes usados, de los métodos de elaboración y del perfil que el maestro cervecero quiera darle a su cerveza.

Se encuentran tres tipos de maceración: por infusión simple, por decocción, escalonada.

- **Maceración por infusión simple (utilizado actualmente en la empresa).**

Es una de las más utilizadas por los cerveceros. En la infusión simple, se utiliza una sola temperatura fija durante un período de tiempo donde las enzimas alfa y beta amilasa actúan para convertir los almidones de las maltas en azúcares fermentables. En este único escalón de temperatura, se controla durante cuánto tiempo la enzima beta amilasa estará activa y por lo tanto, la cantidad de azúcares fermentables serán producidos. Cuanta más alta es la temperatura de maceración, más bajo será el límite de atenuación del mosto resultante.

Las temperaturas de maceración se encuentran frecuentemente entre 65° C y 69° C. Dado que estas temperaturas aportan un buen balance de cuerpo y fermentabilidad que funciona muy bien para cervezas tipo Ale inglesas y americanas.

**Tabla I-5***Tabla enzimas en la maceración.*

Enzima	Rango Óptimo de Temperatura	Rango Óptimo de PH	Función
Fitasas	30 – 52°C	4.4 – 5.5	Baja el PH del Mosto. Actualmente no es utilizado.
Beta Glucanasa	36 – 45°C	4.5 – 5.0	Reduce la viscosidad del mosto, y mejora la clarificación.
Peptidasa	46 – 57°C	4.6 – 5.2	Produce Amino Nitrógeno Libre (FAN), que es esencial para la levadura y la fermentación.
Proteasa	46 – 57°C	4.6 – 5.2	Rompe proteínas grandes y reduce la turbiedad.
Beta Amilasa	54 – 65°C	5.0 – 5.6	Produce azúcares cortas, altamente fermentables.
Alpha Amilasa	68 – 75°C	5.3 – 5.8	Produce azúcares de larga cadena, poco fermentables, que agregan cuerpo a la cerveza.

*Fuente:* (Ornelas, 2013)**1.6.4 Ebullición Del Mosto.**

Lo que se busca, por lo general, en esta etapa es la remoción de compuestos volátiles indeseados, la desnaturalización y floculación de proteínas, la esterilización, la inactivación enzimática, la concentración del mosto, y además es aquí donde se definen el color y algunos sabores y aromas específicos. El proceso consiste en llevar a

ebullición constante y se mantiene de esta manera entre 60 y 90 minutos dependiendo de la receta a producir.

En esta etapa realizamos la adición del lúpulo que es muy importante para la cerveza. Contribuye significativamente en el sabor y el aroma de muchos de los estilos de cerveza. Sus aceites aportan el amargor imprescindible para balancear el dulzor de la malta. Además, contribuyen a la preservación de la cerveza.

Con la cocción buscamos tres objetivos básicos; la aportación de amargor al mosto, la formación de “floculos” de turbios separables del mosto y la eliminación de compuestos volátiles indeseables, especialmente el DMS (sulfuro de dimetilo), que pudieran aportar a la cerveza olores desagradables.

#### ***1.6.5 Enfriamiento:***

En esta etapa crucial, se debe bajar la temperatura del mosto de 93.7 °C aproximadamente a una temperatura de 20 a 24°C que es la necesaria para el agregado del inóculo de levadura.

Es en este proceso interviene un sistema de enfriamiento, en este caso un Intercambiador de Calor es necesario, ya que se requiere bajar la temperatura del líquido en forma rápida y que esté listo para la fermentación, última e importante fase.

El Intercambiador de Calor de Placas es una pieza tecnológica que permite el intercambio térmico entre 2 fluidos que pasan por un conjunto de placas metálicas alineadas y sin mezclarse, realizan la transferencia de calor gracias a su contacto con la superficie de cada placa.





sin embargo, estas cantidades pueden resultar alrededor de un 5 % menor debido a la ineficiencia del proceso.

La fermentación requiere aproximadamente entre 7 y 10 días y debe ser realizada a una relativa baja temperatura que ronda los 20 °C a 24°C. Por supuesto, este rango de temperaturas varía claramente en función de la levadura empleada, del estilo y del tipo de cerveza que se desea elaborar.

Cuando ya no hay un evidente desprendimiento de gas puede considerarse que ha culminado el proceso. No obstante, para mayor seguridad, es debe medir la gravedad específica con un hidrómetro. Si la lectura ha descendido a un valor cercano a 1,015, indicará que la fermentación probablemente ha terminado.

Cuando la fermentación comienza a reducir su actividad es cuando la levadura y los restos de lúpulo comienzan a depositarse en el fondo del tanque. Transcurridos 7 a 8 días se realiza mediciones diarias de densidad de la cerveza hasta que se estabiliza. Con la fermentación, muchos de los azúcares se transformarán en algo mucho más liviano, alcohol etílico y gas, por lo tanto, la densidad de nuestra cerveza es ahora mucho menor.

**Figura I-9***Fermentador*

*Fuente:* Propia

## **1.7 MANEJO DE MATERIALES.**

### **1.7.1 Almacenes**

- **Almacén de materia prima**

**Malta.** - La malta tiene que ser guardada en un lugar fresco, seco y lejos de la luz solar, por lo que el almacén es un espacio estructurado para el depósito de sacos de malta con características especiales para evitar la humedad y la proliferación de insectos se encuentra con cierta elevación del suelo con pallets para una mayor ventilación, tapados con una carpa térmica que no permite humedad, además el lugar se encuentra aislados de luz solar.

**Lúpulo.** - El lúpulo es sensible a la humedad, la luz, el oxígeno y la degradación por calor. Tanto los ácidos alfa, que proporcionan el amargor, como los aceites, que

proporcionan el aroma, se degradan con el tiempo, por lo que son conservados en bolsa ziplock y en el congelador.

**Levaduras.** - Los paquetes de levadura seca son almacenados en el refrigerador para mayor conservación. Sin embargo, un paquete almacenado puede durar más de un año ya que sólo pierden aproximadamente el 1-2% de sus células de levadura viables por mes.

- **Productos intermedios.**

**Desechos sólidos.** – Dentro del proceso de producción el bagazo de malta es el desecho principal el cual se deposita en tachos especiales para ser llevados a las granjas de animales.

**Botellas.** – Espacio destinado para almacenar las botellas nuevas que se requieren para el embotellado y traslado al almacén de producto terminado.

- **Producto terminado.**

Culminado el proceso productivo, las botellas se almacenan por lote y variedad en cajas de 24 botellas en 300ml y 15 botellas en 500ml, la capacidad máxima de apilamiento es de 4 cajas, en un ambiente aislado de fresco, seco y aislado de luz solar para su mejor conservación.

### ***1.7.2 Logística***

La distribución por áreas de la empresa permite tener una mejor organización logística:

**Gerencia.** – El gerente se encarga de organizar los recursos y definir a donde se va a dirigir la empresa en un corto, medio y largo plazo. Fijación de una serie de objetivos que marcan el rumbo y el trabajo de la organización.

**Área Administrativa.** - En esta parte, el encargado administrativo es quien maneja los ingresos y egresos de la empresa en coordinación el área de ventas.

**Área producción.** - En esta etapa, el encargado es quien se responsabiliza del diseño de la receta para la elaboración de cerveza, luego se analiza características acordes a la variedad y se procede a la producción.

**Área Marketing y ventas.** - La parte donde se desenvuelven el manejo de redes y el diseño de las campañas publicitarias para la comercialización del producto.

### ***1.7.3 Producción***

Al elaborar un nuevo estilo, se diseña la receta, luego analizamos cada insumo para ver el perfil que queremos darle al nuevo producto, se realizan las últimas modificaciones y se hace un pequeño lote para verificar que las características organolépticas y sensoriales del producto sean las correctas, para luego producir un batch y que posteriormente salga al mercado.

## **1.8 ELIMINACIÓN DE EFLUENTES.**

Los aportes de carga orgánica son muy diferentes entre las distintas fuentes donde se generan. Así, la limpieza de tanques involucrados en las primeras etapas del proceso productivo (elaboración del mosto, fermentación y maduración), representan el mayor aporte de carga orgánica, mientras que el lavado de botellas, máquinas y planta aporta el mayor volumen, con una carga orgánica menor.

Durante el proceso de producción de cerveza se generan diversos tipos de efluentes, que se pueden dividir en dos grandes grupos según su composición y el destino que reciben:

- Residuos líquidos.
- Residuos sólidos

(ScienceDirect, 2011)

### ***1.8.1 Residuos Líquidos.***

En la industria cervecera, además de los residuos y subproductos, la limpieza de tanques, botellas, máquinas y plantas produce grandes cantidades de aguas residuales. Para producir 1 L de cerveza, se generan de 3 a 10 L de aguas residuales, dependiendo del consumo específico en cada industria.

**Tabla I-6***Residuos líquidos efluentes.*

<b>Residuos</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Disposición final</b>
Borra de levaduras	Secado parcial	Alimento para animales
Aguas de lavado	Separación de sólidos	Alcantarilla municipal
Cerveza de descarte	Ninguno	Alcantarilla municipal

*Fuente:* Elaboración propia.**1.8.2 Residuos Sólidos.**

Los residuos comprenden todos los materiales domésticos generados en las distintas áreas de la industria. Entre ellos pueden citarse: vidrio, cartón, plástico, metales, aceites usados, tubos fluorescentes, solventes, residuos de envases peligrosos, etc.). Estos residuos se reciclan en mayor o menor medida dentro de la industria, o son eliminados a través de los canales locales para este fin.

**Tabla I-7***Residuos sólidos efluentes.*

<b>Residuos</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Disposición final</b>
Bagazo	Secado parcial	Alimento para animales(ganado)
Polvo de malta	Ninguno	Botadero municipal
Orgánicos, tubos fluorescentes, residuos peligrosos, papel etc.).	Clasificación	Botadero Municipal
Vidrio, cartón, plástico	Selección de los residuos diferenciados	Botadero municipal donde se clasifican estos residuos para ser reciclados por las empresas especializas.

*Fuente:* Elaboración propia.

## **CAPÍTULO II**

## CAPÍTULO II

### II. CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

#### 2.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE DESARROLLO.

Bajo rendimiento en la etapa de maceración en la producción de cerveza artesanal.

##### *2.1.1 Causas Directas.*

- a) Pérdida de calor del equipo de maceración.
- b) Molienda con granulometría inadecuada.
- c) Falta de agitador eléctrico para evitar a formación de grumos.
- d) Etapa de lavado del grano en exceso.

#### 2.2 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SOLUCIÓN.

##### *Planteamientos De Solución De La Pérdida De Calor Del Equipo De Maceración.*

##### **a) Aislamiento Térmico Equipo De Maceración.**

La maceración es considerada la etapa más impórtate del proceso de elaboración de cerveza, debido a que en esta etapa es donde se extraen los azúcares fermentables para que la levadura pueda metabolizar y traducirlos en alcohol. Por lo que la influencia de diferentes factores del equipo e insumos pueden provocar un bajo rendimiento de extracción.

Para evitar la pérdida de calor del equipo que genera que baje la temperatura del macerado provocando una baja extracción, se puede utilizar un aislante térmico que reduzca considerablemente la pérdida calorífica.

Con el objetivo de minimizar el gasto energético, se usará una capa de material aislante que recubra el tanque de maceración. El aislante empleado es una espuma elastomérica a base de caucho sintético, conocida industrialmente como ARMAFLEX, de 0,01 m de espesor, que minimice la pérdida de calor. Según especificaciones del fabricante, su conductividad térmica es de  $0,033 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

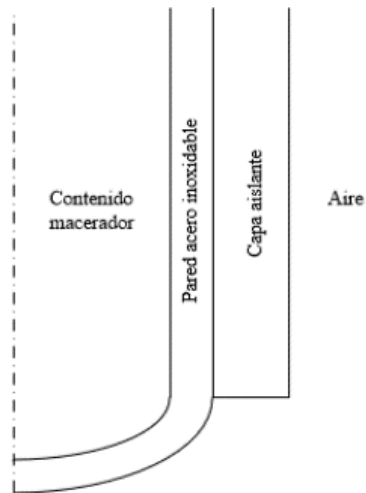


El calor intercambiado al medio, es por tanto debido al flujo de calor por convección en el interior del tanque, el flujo por conducción a través de la pared de acero inoxidable del tanque, el flujo por conducción a través del aislante, y el flujo por convección del aire que envuelve el tanque.

En los cálculos siguientes, se trabaja siempre teniendo en cuenta que la temperatura de la superficie externa de la capa aislante es como máximo de 25 °C para asegurar las condiciones trabajo con el equipo.

### Figura II-1

*Representación macerador.*



*Fuente:* (Universidad de Almeria, 2019)

$$q = \sum q_{convección} + \sum q_{conducción}$$

$$q_{convección} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$q_{conducción} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{e}$$

Combinando las expresiones anteriores, se obtiene la siguiente ecuación general para el caso del tanque de maceración:

$$q = \frac{t_{int} - t_{ext}}{\frac{1}{h_{agua} * A_{int}} + \frac{e_{pared}}{k_{acero\ inox} * A_{pared}} + \frac{e_{aislante}}{k_{aislante} * A_{aislante}} + \frac{1}{h_{aire} * A_{aislante}}}$$

Donde “q” es el calor total intercambiado por el sistema, q<sub>convección</sub> y q<sub>conducción</sub> son el calor transmitido por convección y conducción respectivamente, expresados en watts

T<sub>int</sub> y T<sub>ext</sub>: Son las temperaturas en el interior del tanque y del medio que lo envuelve respectivamente y medidas en Kelvin.

h: Es el coeficiente individual de transmisión de calor medido en W·m<sup>-2</sup> ·K<sup>-1</sup> .

A: Es el área de intercambio de calor medida en m<sup>2</sup> .

e: Es el espesor de la capa medido en m

k: Es la conductividad térmica del material medida en W·m<sup>-1</sup> ·K<sup>-1</sup>

### Tabla II-1

*Datos tanque acero inoxidable.*

DATOS TANQUE ACERO INOXIDABLE				
	Cantidad	Unidad	Cantd.conver	Unidad
<b>Capacidad</b>	269	litros	269	litros
<b>L (altura )</b>	70	cm	0,7	m
<b>D1 (int)</b>	70	cm	0,7	m
<b>D2(ext)</b>	72,5	cm	0,725	m
<b>e1 (pared)</b>	4	mm	0,004	m
<b>r1</b>	35	cm	0,35	m

<b>r2</b>	36,25	cm	0,3625	m
<b>K inox</b>	16,3	W/m*K	16,3	W/m*K
<b>t int</b>	67	°C	340	K
<b>t ext</b>	25	°C	298	K

*Fuente:* Elaboración propia

### **Tabla II-2**

*Datos del aislante térmico*

<b>DATOS DEL AISLANTE TÉRMICO</b>		
	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
L (altura )	0,7	M
e2 (aislante)	0,1	M
k(aislante)	0,033	W/m*K
D3 (AISLATE)	0,00264	M
$r3 = \frac{k_{ais}}{h_{aire}}$	0,00132	M

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla II-3***Datos agua- aire*

DATOS AGUA-AIRE		
	Cantidad	unid
haire	25	w/m <sup>2</sup> °k
hagua	1000	w/m <sup>2</sup> °k

*Fuente:* Elaboración Propia**Tabla II-4***Cálculo de áreas*

CÁLCULO DE ÁREAS		
FÓRMULA	$A = 2\pi rL$	
$\pi$	3,14	
ÁREAS	Cantidad	Unidad
A1(int)	1,54	m <sup>2</sup>
A2(pared)	1,59	m <sup>2</sup>
A2(aislante)	0,01	m <sup>2</sup>

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla II-5

Cálculo con aislante

Cálculos con aislamiento		
FÓRMULA	Cantidad	unidad
$\frac{1}{h_{agua} * A_{int}}$	0,0015386	K/W
$\frac{e_{pared}}{k_{acero\ inox} * A_{pared}}$	0,0003911	K/W
$\frac{e_{aislante}}{k_{aislante} * A_{aislante}}$	0,017584	K/W
$\frac{1}{h_{aire} * A_{aislante}}$	0,0002321	K/W
Sumando	0,0197458	K/W
$t_{int} - t_{ext}$	42	K
<b>Q(calor intercambiado)</b>	<b>2127</b>	<b>Watts</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla II-6.***Cálculo sin aislante*

<b>Cálculos sin aislamiento</b>		
<b>FORMULA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>unidad</b>
$1$	0,0015386	K/W
$h_{agua} * A_{int}$		
$\frac{e_{pared}}{k_{acero\ inox} * A_{pared}}$	0,00039106	K/W
<b>SUMANDO</b>	0,00192966	K/W
$t_{int} - t_{ext}$	42	K
<b>Q(calor intercambiado)</b>	<b>21766</b>	<b>Watts</b>

*Fuente:* Elaboración propia**Tabla II-7.***Cálculo porcentual*

<b>%Pérdida de calor</b>	9,772502159
<b>% reduccion perdiad de calor</b>	90,22749784

*Fuente:* Elaboración propia.

Con el aislante empleado se produce una pérdida de calor de 2127W, mientras que sin él, la pérdida asciende a 21766 W, lo que significa que se ha reducido la pérdida de calor en un 90% en el tanque de maceración.

**a.2) Nuevo equipo de cocción.**

La empresa se encuentra en un proceso de ampliación por lo que la alternativa de un nuevo equipo con el diseño y especificaciones técnicas correctas de fábrica, solucionaría varios aspectos de eficiencia del proceso de maceración.

## MACERADOR DEL EQUIPO PARA CERVEZA

- Construido en acero inoxidable calidad AISI 304 con aislación de 50mm de alta densidad.
- Falso fondo filtro con corte especial laser o tipo JHONSON.
- Fondo inclinado para salida.
- Lavado CIP.
- Motorreductor de agitación con pala regulable de altura.
- Electrobomba de 1hp para recirculación y traspaso.
- Visor de vidrio para ver coloración de mosto.
- Boca paso de hombre para limpieza.
- Doble tapa superior rebatible para carga y limpieza.
- Capacidades 650 – 1000 – 1300 Litros.

### b) Molienda Con Granulometría Inadecuada.

El objetivo de la molienda del grano de malta es extraer la máxima cantidad posible de azúcares y sustancias solubles.

Para la fabricación de cerveza artesanal, no se recomienda moler muy fino, si no al contrario, hacerlo de tipo grueso. Es decir, se debe evitar que se convierta en una especie de harina, debido a que al mezclar con agua caliente para la maceración crearía una pasta complicada de manejar, a la vez afectaría en la extracción de azúcares y otra complicación es que ocasionaría una especie de tapón en el macerador que impediría el recirculado y extracción del mosto para pasar al proceso de cocción.

### Figura II-2

*Molienda de malta.*



*Fuente:* (3Btours, s.f.)

Se deben observar trocitos de tamaños muy dispares. Algunos granos con el núcleo roto, otros intactos, algunos en forma de harina, y siempre se debe tratar de no romper la cáscara, ya que durante la infusión impide la formación de pelotas de harina y actuará como medio filtrante natural.

### **El propósito de la Molienda:**

El propósito de moler las maltas es abrir la cáscara del grano (de preferencia de manera longitudinal) y separarlo de su endospermo. Al mismo tiempo que separamos el endospermo, también lo desintegramos para que este pueda estar expuesto para el proceso enzimático al que se expondrá durante el macerado (intercambio de temperaturas y reacciones enzimáticas).

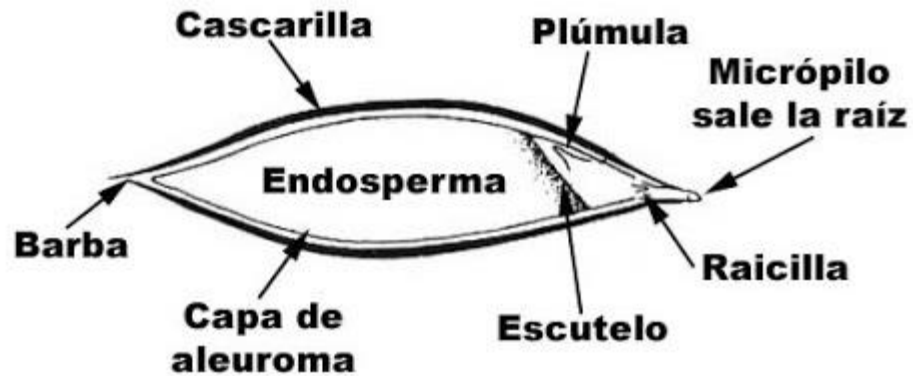
Una buena molienda debería dar como resultado aproximadamente los siguientes porcentajes:

30% .....Cáscara  
10-20% ...Grano grueso  
20-30% ...Grano fino  
20-30% ...Harina.

### **Perfil de la cáscara:**

- La cáscara debe de permanecer lo más intacta posible.
- La cáscara es elástica y difícil de moler, pero también difícil de pulverizar.
- Aporta un filtro natural para el lavado del grano.
- La cáscara puede afectar el color y dar un sabor negativo, contiene poli-fenoles, silicatos, proteínas, y sustancias que pueden impartir amargor.



**Figura II-3***Partes Grano de malta.**Fuente: cervezadeargentina.***Perfil del endospermo:**

- La primera fuente de almidones, carbohidratos y proteínas que necesitamos.
- Si esta se encuentra bien modificada, es fácilmente solubilizada por enzimas.
- Si esta se encuentra mal modificada, puede bajar la eficiencia y requiere de un macerado más completo.
- Debe molerse por completo.

**La molienda es un proceso mecánico y provee los cimientos para:**

- Conversiones químicas/ biológicas, las cuales ocurren en la maceración.
- La composición cualitativa del mosto.
- La eficiencia de extracción.
- Es importante mencionar que, si la calidad de la malta es mala, el proceso de molienda tiene que ser más estricto y crítico.

*(LAVABEER, s.f.)***Existen dos tipos de molienda:**

**Cuadro II-1***Comparación molienda fina y gruesa*

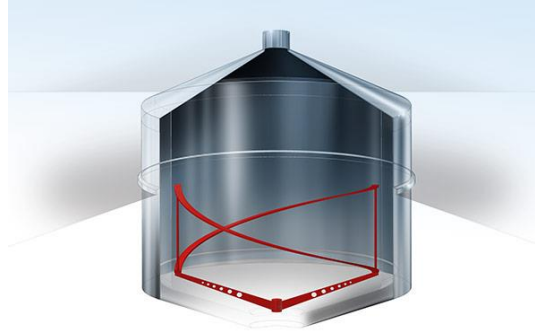
<b>Fino (Mayor eficiencia)</b>	<b>Grueso (ahorra tiempo en el proceso)</b>
Más azúcares fermentables.	Mejor lavado de grano.
Mayor atenuación en la fermentación.	Un poco menos de eficiencia/extracción de azúcar.
Mayor producción de alcohol.	No produce taponamiento en el macerado.

*Fuente:* Elaboración propia.

Se utilizará el molino de rodillos actual de la planta especificado en el capítulo I (1.6.2molienda). Se debe regular el molino de rodillos, para que este pueda realizar un molido intermedio donde se trate de obtener la mayor parte de la cascarilla intacta y el endospermo lo más molido posible, de manera que esta etapa simple pero importante, pueda aportar las características que se requiere para una buena eficiencia en el proceso.

**c) Agitador Eléctrico Para Evitar A Formación De Grumos.**

El diseño del agitador de mosto juega un papel decisivo en todo el proceso de maceración. Este debe permitir una transferencia de calor eficiente y evitar que el mosto se «queme» en las zonas de calentamiento. En segundo lugar, el agitador de mosto tiene que asegurar la distribución homogénea de la temperatura y concentración. Además, el agitador debe trabajar sin grandes fuerzas de corte, porque dichas fuerzas pueden tener un efecto negativo para la filtración del mosto y de la cerveza. Todos estos criterios deben cumplirse con una amplia gama de concentraciones y viscosidades.

**Figura II-4***Agitador eléctrico*

*Fuente: (ZIEMANN, s.f.)*

**Figura II-5***Agitador Colibrí*

*Fuente: (ZIEMANN, s.f.)*

El agitador de mosto COLIBRÍ es una combinación de placas perforadas y varios tipos de agitadores: palas de ancla y espiral. La placa perforada encima de las zonas de calentamiento asegura el flujo y mezclado necesario. En el extremo de la placa perforada, dos soportes sólidos rodean la zona de calentamiento de la carcasa como un agitador de ancla. Estos soportes cuentan con una espiral que pasa por el mosto con sus perfiles en forma de ala. El efecto homogeneizador del COLIBRÍ se

intensifica aún más por medio de un brazo transversal inclinado. En general, el COLIBRÍ, garantiza las turbulencias necesarias en las capas limítrofes de todas las zonas de calentamiento, así como la homogenización horizontal y vertical de la temperatura y suspensión. El agitador de mosto trabaja a bajas revoluciones y como consecuencia las fuerzas de corte sobre el mosto son mínimas. (ZIEMANN, s.f.)

Ventajas:

- Máximas tasas de conversión enzimática.
- Uso más eficiente de las materias primas.
- Tiempos de maceración más cortos.
- Una perfecta transferencia de calor.
- Efecto autolimpiador a lo largo de las zonas de calentamiento.

#### **d) Etapa De Lavado Del Grano.**

El lavado del grano (conocido en inglés como sparging), es el proceso que los cerveceros emplean como método para lavar la cama de granos con el fin de extraer sus azúcares lo más posible, pero sin sacar de más los taninos que pueden producir sabores no deseados.

Usualmente, 1.5 veces más agua es necesaria para el lavado del grano. Esta no debe tener una temperatura mayor a 76.6 °C, pues los taninos de las cáscaras se hacen más solubles, dependiendo del pH del mosto. Esto podría causar astringencia en la cerveza.

A continuación, los distintos métodos de lavado del grano para elaborar cerveza:

- **Lavado continuo (*fly sparging*)**

En este método, después de la recirculación, comienza el escurrimiento del mosto y el agua se agrega al macerador al mismo tiempo. Es importante recoger el mosto lentamente para extraer al máximo la cantidad de azúcar. Este proceso debe durar más o menos entre 60 y 90 minutos dependiendo del tamaño del lote. Idealmente, el nivel del agua debe permanecer arriba del grano. El sistema de *lautering* no debe

permitir que el líquido impacte de golpe en un solo lugar la cama de granos, pues otras partes de esta no quedarían lavadas.

### **Cuadro II-2**

*Ventajas y desventajas lavado continuo.*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Ideal para hacer lotes grandes.	La extensión del proceso puede incrementar el pH del mosto a tal grado que los taninos terminarán por ser extraídos.
Una forma de adentrarse en los procesos que utilizan las cervecerías industriales.	Posibilidad de que la cama de granos no sea lavada uniformemente.
	Necesidad de un mashout efectivo, pues, debido a que el lavado continuo puede tardar más de una hora, la desnaturalización de las enzimas resultará necesaria.

*Fuente:* (Maltosa, 2020)

- **Lavado por etapas (*batch sparging*)**

Con el lavado por etapas, los escurrimientos (usualmente los primeros dos) se combinan en un solo lote. Después de la conversión, el mosto dulce es recirculado normalmente, y el macerador se drena por completo lo más rápido posible. Esto suele tardar unos tres a cinco minutos. Posteriormente, se añade más agua para el lavado. Esta se revuelve con el macerado, se le deja en reposo por unos cuantos minutos y luego se revuelve una y otra vez, después de la recirculación, hasta que

el macerador se vacíe nuevamente tan rápido como el sistema lo permita. El segundo lote generalmente tarda tres a cinco minutos en recolectarse.

La idea es obtener mostos más diluidos con menor cantidad de azúcar en el grano. Se recomienda repetir el proceso hasta tres veces, controlando en todo momento el pH y la densidad de cada mosto.

### **Cuadro II-3**

*Ventajas y desventajas lavado por etapas*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Puede hacerse más rápido y resulta más estable que el lavado continuo.	El grano debe asentarse después de cada adición de agua para el lavado.
El control de temperatura no tiene que ser tan estricto debido a que cada infusión de agua es muy grande.	El macerador tendría que ser más grande para que el agua y grano quepan durante la mezcla y reposo entre lavados.
No hay necesidad de monitorear la velocidad del escurrimiento.	La eficiencia puede verse afectada, pero varias técnicas permiten a un cervecero alcanzar hasta el 80 %.

*Fuente:* (Maltosa, 2020)

- **Solo Escurrimiento.**

Aquí, todo el volumen de agua para el lavado se agrega junto al que se usará para la maceración. Después del reposo y la formación de la capa filtrante, se lleva a cabo el recirculado y se drena el mosto una sola vez. Debido a que el agua adicional se agrega en esta etapa, podemos pensar más bien en algo así como una infusión

del mosto en lugar de un lavado. Por supuesto, el macerador debe ser de gran tamaño. La recolección del mosto consiste en drenar el macerador durante unos diez minutos.

#### **Cuadro II-4**

##### *Ventajas y desventajas Escurrimiento*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Más rápido que los otros métodos de lavado del grano.	El macerador debe tener una capacidad considerable.
No hay necesidad de monitorear el escurrimiento.	Baja eficiencia debido a la falta de un lavado efectivo en la cama de granos.
Mosto de calidad debido a que no hay ahorro, lo que resulta en un pH bajo y de alto contenido de azúcar.	Imposibilidad de estimar la gravedad original de la cerveza.

*Fuente:* (Maltosa, 2020)

- **Lavado continuo por etapas.**

Se trata de una fusión del continuo con el de por etapas. Su principal objetivo es acelerar el lavado, ya que con los otros dos suele ser lento.

El líquido se drena rápidamente del macerador, pero solo hasta unos centímetros por arriba de la cama de granos. Luego, se rocía rápidamente y de nueva cuenta para no romper la cama, y se vuelve a vaciar el líquido como la primera vez, aunque ahora lentamente. El proceso se puede repetir tantas veces como se desee.

**Cuadro II-5**

*Ventajas y desventajas lavado continuo por etapas.*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Es el más eficiente de todos porque el agua de lavado está más tiempo en contacto en el grano.	Ausencia de calidad en el mosto.

*Fuente:* (Maltosa, 2020)

**Tabla II-8**

Tabla de eficiencia de los métodos de lavado.

<b>TABLA DE EFICIENCIA DE LOS MÉTODOS DE LAVADO</b>			
<b>Lavado continuo</b>	<b>Lavado por etapas</b>	<b>Solo Escurrimiento</b>	<b>Lavado continuo por etapas</b>
73%	66%	50%	75%
<b>70 a 80 % – Eficiencia ideal</b>			

*Fuente:* (Maltosa, 2020)

**2.3 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.****2.3.1 Alternativa a1): Aislamiento Térmico Al Equipo De Maceración. –**

Actualmente el equipo tiene una pérdida calorífica de 21766 W, si se implementa el aislante térmico la pérdida de calor será de 2127 W. Lo que significa que se reduciría la pérdida de calor en un 90%.



Por lo que con esta alternativa se mejoraría la pérdida de calor que se tiene en equipo actual, haciendo que la concentración del calor durante la maceración sea efectiva y se mantenga correctamente.

### ***2.3.2 Alternativa a2) Nuevo Equipo De Cocción. –***

La empresa se encuentra en un proceso de expansión, por lo que la implementación de un equipo de mayor capacidad es un hecho. El nuevo equipo especificado anteriormente, contaría con todas las características y especificaciones técnicas necesarias para optimizar el proceso de maceración obteniendo mayor aprovechamiento de la materia prima y mejorando el rendimiento del proceso productivo. Al implementar un nuevo equipo se solucionarían las alternativas a1, a2, c y d, debido a que se tendría:

- Un aislamiento del equipo de maceración diseñado técnicamente para lo que la pérdida calorífica sea la mínima.
- Agitador Colibrí: Garantizando la homogeneidad en la maceración y máximas tasas de conversión enzimática.
- Proceso de lavado del grano más efectivo con los equipos de dispersión requeridos para no romper la cama de grano y extraer la mayor cantidad de azúcares.

### ***2.3.3 Alternativa b) Influencia De La Granulometría En La Molienda. –***

La etapa de molienda tiene influencia en la eficiencia del proceso, al tener un molino de rodillos con las características y especificaciones técnicas requeridas para obtener un molido de malta intermedio entre grueso y fino, obtenemos un aporte efectivo de esta etapa dentro del proceso, realizando un control en cada producción verificando que el regulador del molino se encuentre correctamente.

### ***2.3.4 Alternativa c) Agitador Eléctrico Para Evitar La Formación De Grumos. -***

El agitador eléctrico juega un papel muy importante en el proceso de maceración, actualmente se realiza este proceso con una paleta de manera manual, con la aplicación de la alternativa a2) se incluiría directamente el agitador de “Colibrí”, el cual garantiza

la homogeneidad correcta de la mezcla y genera una transferencia de calor más eficiente.

#### ***2.3.5 Alternativa d) Etapa De Lavado Del Grano. -***

De los cuatro métodos de lavado, el que se utiliza actualmente en la empresa, es el lavado continuo por etapas, por la eficiencia de este método y la protección ante la oxidación del grano que puede causar sabores no deseados. Es importante tomar en cuenta los parámetros correctos para la realización de este método y pueda tener la eficiencia respectiva del 76%.

### **2.4. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.**

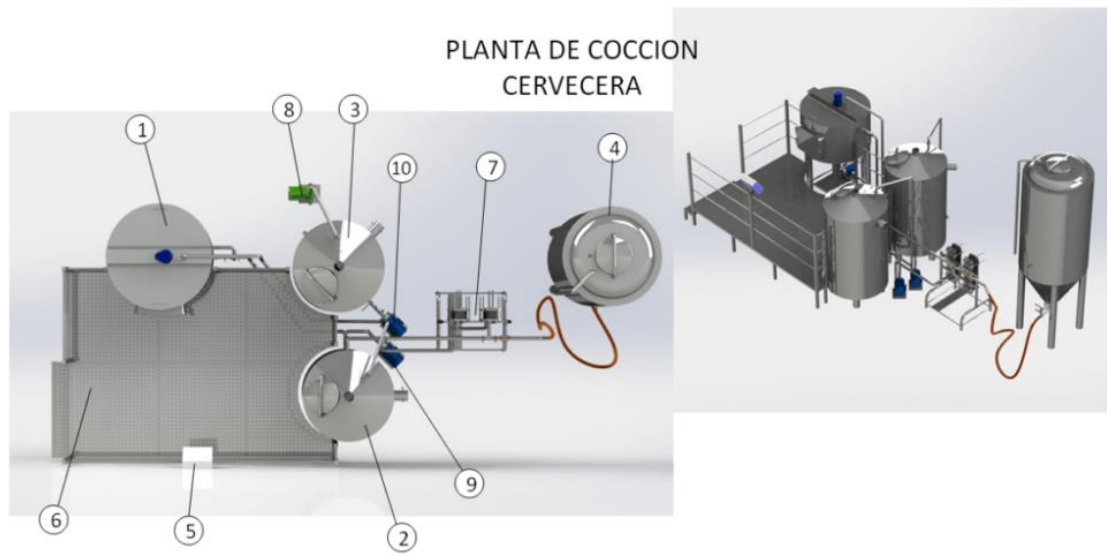
Analizando las alternativas de solución planteadas, las cuatro son de importancia para aumentar la eficiencia en la maceración. Al aplicar la alternativa a2, indirectamente aplicamos las alternativas a1, c y d como describimos en el punto 2.3.2. Por lo tanto, consideramos el más conveniente en ser aplicado a la empresa para optimizar el proceso de maceración y tener la eficiencia requerida.

La alternativa a1, puede también tener viabilidad ya que las diferencias económicas con simple análisis nos dicen que sería una alternativa mucho más económica y podría ser aplicada a corto plazo mientras se implemente la alternativa deseada a2.

### **2.5 SELECCIÓN DEL O LOS EQUIPOS NECESARIOS.**

A continuación, todas las características y especificaciones técnicas de la alternativa seleccionada (alternativa a2).

Diseño y especificaciones técnicas del bloque de 500 litros full.



### **MACERADOR DEL EQUIPO PARA CERVEZA**

- Construido en acero inoxidable calidad AISI 304 con aislación de 50mm de alta densidad.
- Falso fondo filtro con corte especial laser o tipo JHONSON.
- Fondo inclinado para salida.
- Lavado CIP.
- Motorreductor de agitación con pala regulable de altura.
- Electrobomba de 1hp para recirculación y traspaso.
- Visor de vidrio para ver coloración de mosto.
- Boca paso de hombre para limpieza.
- doble tapa superior rebatible para carga y limpieza.
- Capacidades 650 – 1000 – 1300 Litros.

### **OLLA DE HERVOR DEL EQUIPO PARA CERVEZA**

- Construido en acero inoxidable calidad AISI 304.m
- Camisa para recirculación de calor con regulación de salida de gases.
- Aislación de 50mm de alta densidad.
- Fondo inclinado con entrada de mosto y trub caliente para que queden impurezas.

- Salida lateral con entrada para Whirlpool jet.
- Lavado CIP.
- Electrobomba de 1hp para recirculación y traspaso.
- Boca paso de hombre para limpieza.
- Techo cónico con salida para gases de hervor.
- Capacidades 850 – 1300 – 1700 Litros.
- Quemador desde 37000 a 90000 kcal dependiendo de la capacidad de la planta.

### **DEPÓSITO DE AGUA CALIENTE DEL EQUIPO PARA CERVEZA**

- Construido en acero inoxidable calidad AISI 304.
- Camisa para recirculación de calor con regulación de salida de gases.
- Aislación de 50mm de alta densidad.
- Fondo inclinado con carga superior por flotante.
- Electrobomba de 1hp para traspaso y lavado de equipos.
- Boca paso de hombre para limpieza.
- Techo cónico con salida para gases.
- Capacidades 850 – 1300 – 1700 Litros.
- Quemador desde 37000 a 90000 kcal dependiendo de la capacidad de la planta.

### **FERMENTADOR /MADURADOR DEL EQUIPO PARA CERVEZA**

Construido en su totalidad en acero inoxidable calidad AISI 304.

Cuerpo de 2 mm de espesor, camisa para agua de refrigeración en cono y cilindro de tipo Dimple Jacket Techo toriférico y aislación térmica de 50mm. Dependiendo del tamaño del equipo la boca paso de hombre se sitúa en techo o cuerpo, de tipo auto clave. Salidas en techo para Blow Off y lavado CIP.

Toma muestra situada en el cuerpo.

Entrada inferior, salida en cono con pescante busca claro.

Recipiente trampa de agua, conexiones tipo CLAMP Cuenta con válvula de seguridad de presión.

4 Patas reforzadas con regulación de nivel.

### **TABLERO DE CONTROL GENERAL DEL EQUIPO PARA CERVEZA**

Tablero general centralizado con control de temperaturas de trabajo de los diferentes equipos.

Con control de RPM de agitación y tiempos de intervalos del mismo.

Alarmas de seguridad por fallas en temperaturas altas o mínimas.

Totalmente construido con las normas de seguridad eléctricas.

Anclado a la estructura de la plataforma de trabajo con regulación de altura para mayor comodidad.

### **PLATAFORMA DE TRABAJO DEL EQUIPO PARA CERVEZA**

Construida totalmente en acero inoxidable calidad AISI 304 con Superficie antideslizante para seguridad operativa, los escalones varían en cantidad dependiendo del modelo de la planta, barandas construidas en caño redondo, soporte de tablero.

Regulación de nivelación en las patas por medio de roscas.

### **PLACA DE REFRESCADO 2 ESTAPAS DEL EQUIPO PARA CERVEZA**

2 placas montadas sobre una base de acero inoxidable.

Cabezales de aluminio o acero inoxidable, diferentes capacidades dependiendo de las necesidades de la planta. Alto rendimiento debido a sus chapas de 0,6mm de espesor.

La base dispone de un soporte para filtro pre-placa.

Equipo construido totalmente en AISI 304.

- Cañerías construidas en acero inoxidable calidad AISI 304 de diámetro 38mm.
- Llaves de paso de primera calidad.
- Uniones y acópleles tipo CLAMP.
- Salida post placa para manguera de carga de fermentadores.

(RODEG, s.f.).

## **CAPÍTULO III**

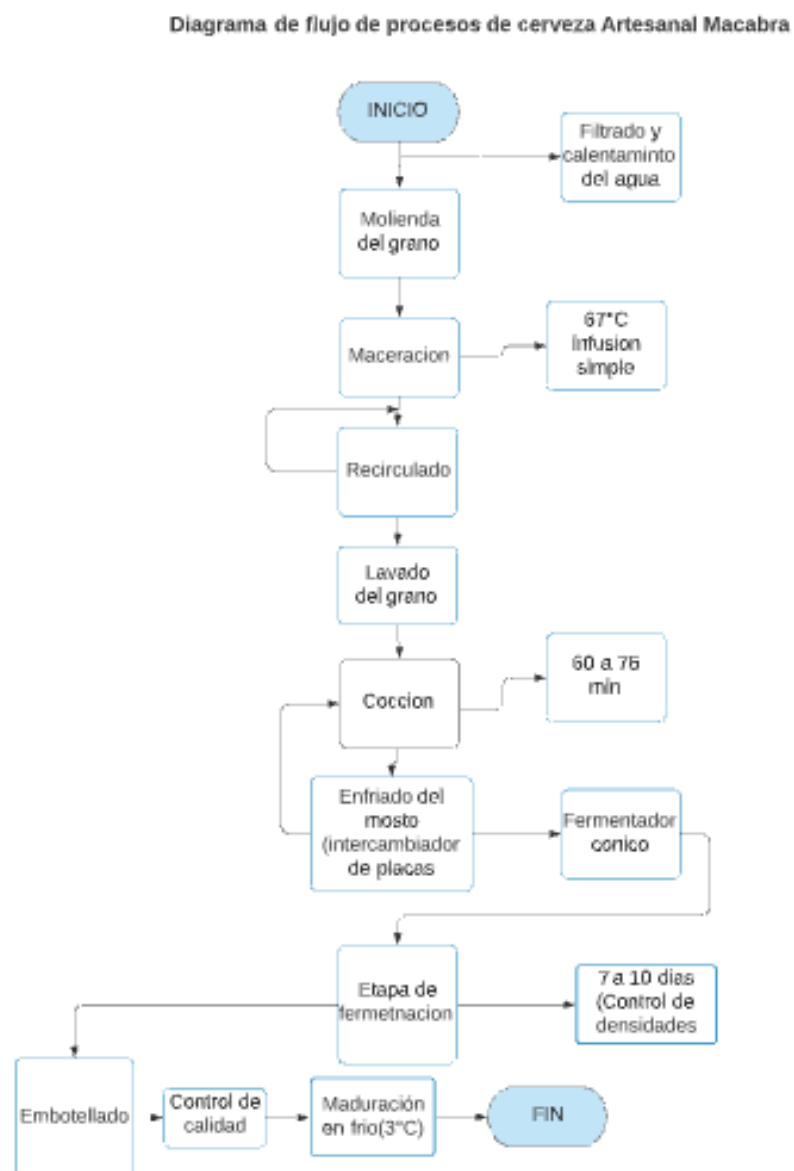
## CAPÍTULO III

### III. ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO DEL EQUIPO.

#### 3.1 DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESOS

**Figura III-1**

*Diagrama de flujo de procesos.*

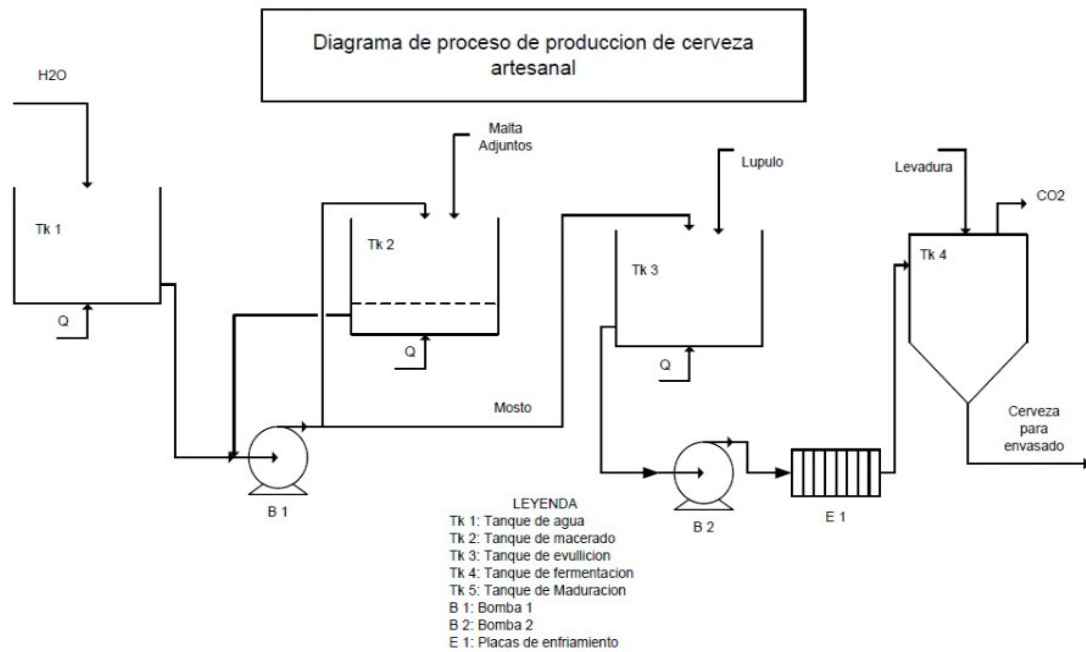


*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.2 DIAGRAMA DE PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL.

**Figura III-2**

*Diagrama de procesos.*

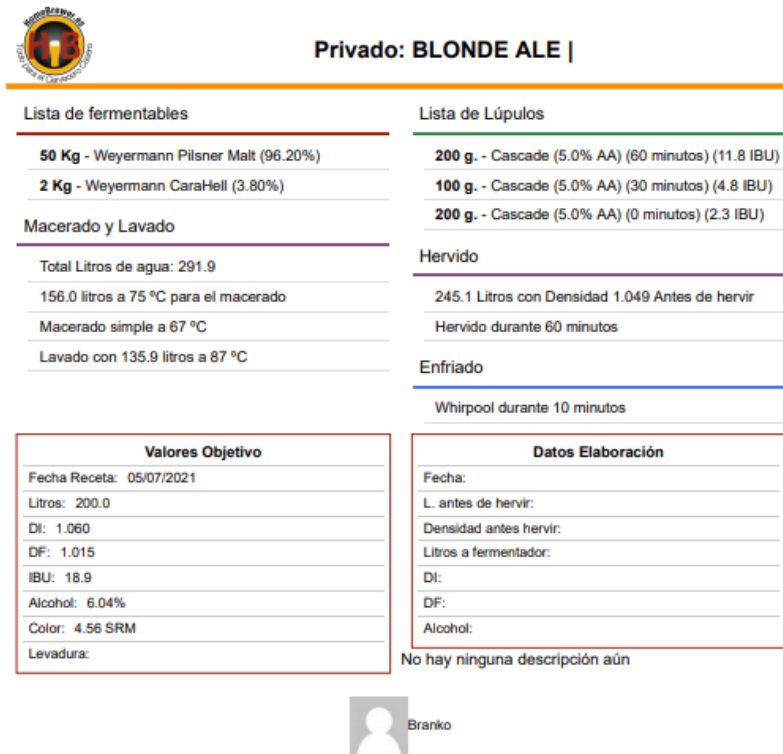


*Fuente:* Archivos cerveza “Macabra”.



### 3.3 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA DEL PROCESO ELABORACIÓN DE CERVEZA.

#### 3.3.1 Balance De Materia En Un Ejemplo De Proceso Cervecerero (Blonde Ale Anexo).



**Privado: BLONDE ALE |**

Lista de fermentables	Lista de Lúpulos
50 Kg - Weyermann Pilsner Malt (96.20%)	200 g. - Cascade (5.0% AA) (60 minutos) (11.8 IBU)
2 Kg - Weyermann CaraHell (3.80%)	100 g. - Cascade (5.0% AA) (30 minutos) (4.8 IBU)
	200 g. - Cascade (5.0% AA) (0 minutos) (2.3 IBU)

Macerado y Lavado	Hervido
Total Litros de agua: 291.9	245.1 Litros con Densidad 1.049 Antes de hervir
156.0 litros a 75 °C para el macerado	Hervido durante 60 minutos
Macerado simple a 67 °C	
Lavado con 135.9 litros a 87 °C	

Enfriado
Whirlpool durante 10 minutos

Valores Objetivo	Datos Elaboración
Fecha Receta: 05/07/2021	Fecha:
Litros: 200.0	L. antes de hervir:
DI: 1.060	Densidad antes hervir:
DF: 1.015	Litros a fermentador:
IBU: 18.9	DI:
Alcohol: 6.04%	DF:
Color: 4.56 SRM	Alcohol:
Levadura:	

No hay ninguna descripción aún

Branko

Con un ejemplo de receta base para los cálculos de balance de materia y energía, mediante una plataforma Homebrew.es.

#### 3.3.2 Balance De Materia

##### 3.3.2.1 Molienda.



### 3.3.2.2 Maceración.



#### Cálculo de los grados plato (°P).

$$\text{°P} = \frac{(\text{Densidad del mosto antes de hervir} - 1) * 1000}{4}$$

$$\text{°P} = \frac{\left(1,049 \frac{\text{g}}{\text{ml}} - 1\right) * 1000}{4} = 12,25 \text{ °P}$$

#### Cálculo del extracto (ex)

$$\text{ex} = \text{Densidad del mostos antes de hervir} * (\text{°P}) * 10$$

$$\text{ex} = 1,049 \frac{\text{g}}{\text{ml}} * 12,25 * 10 = 128,50 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

#### Cálculo del extracto total (Ext).

$$\text{Ext} = \frac{\text{ex} * \text{litros de mosto antes de hervor}}{1000}$$

$$\text{Ext} = \frac{128,50 \frac{\text{g}}{\text{lt}} * 245,1 \text{ lt}}{1000} = 31,50 \text{ kg extracto total}$$

#### Cálculo de la cantidad de bagazo seco y mosto obtenido.

$$52 \text{ kg maltas} - 31,50 \text{ kg extracto total} = 20,95 \text{ kg bagazo seco}$$

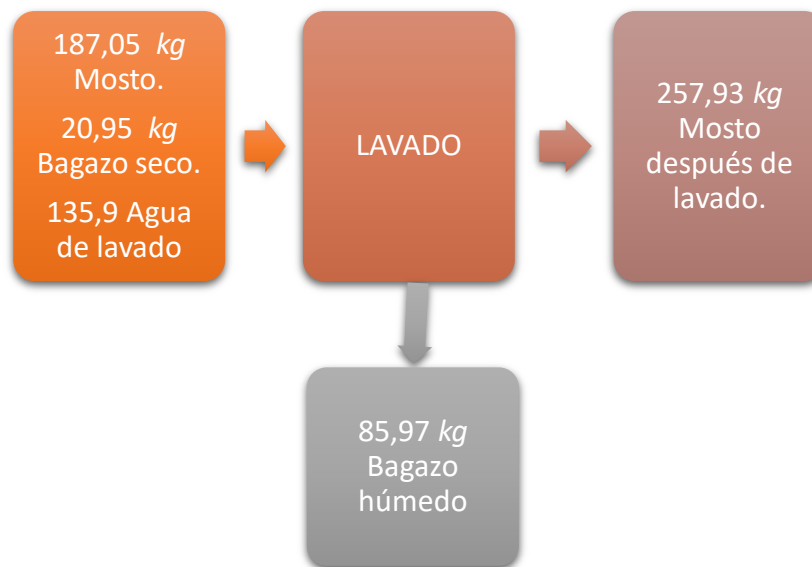
$$\text{Mosto} = \text{Malta mezcla} + \text{agua agregada} - \text{bagazo seco}$$

$$\text{Mosto} = 52 \text{ kg} + 156 \text{ kg} - 20,95 \text{ kg} = 187,05 \text{ kg}$$

### 3.3.2.3 RECIRCULADO Y FILTRADO.



### 3.3.2.4 LAVADO.

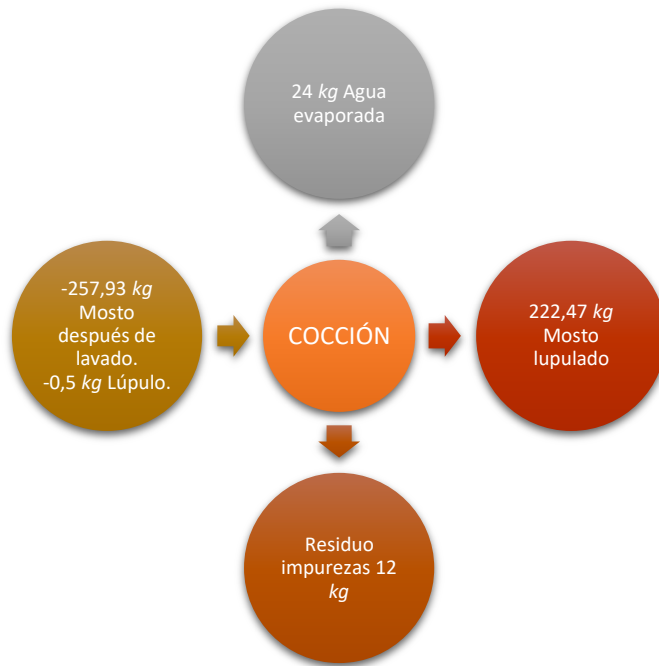


#### Cálculo bagazo húmedo

Tomando en cuenta que el bagazo húmedo según bibliografía tiene un porcentaje de **humedad de 75%**.

- **kg bagazo húmedo= 85,97**
- **kg de mosto después del lavado= kg mosto + kg bagazo seco + agua de lavado - kg bagazo húmedo**
- **kg de mosto después del lavado= 187,05 kg + 20,95 kg + 135,9 - 85,97**
- **kg de mosto después del lavado= 257,93 kg**

### 3.3.2.5 COCCIÓN.

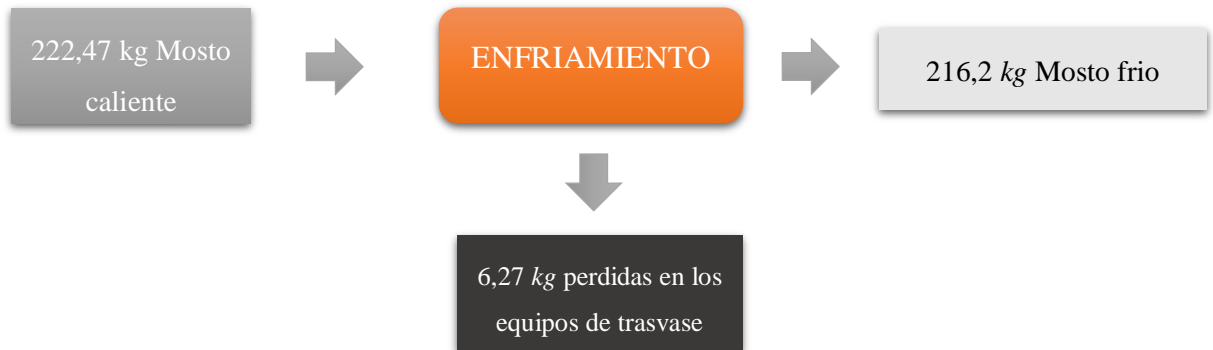


#### Cálculo agua evaporada.

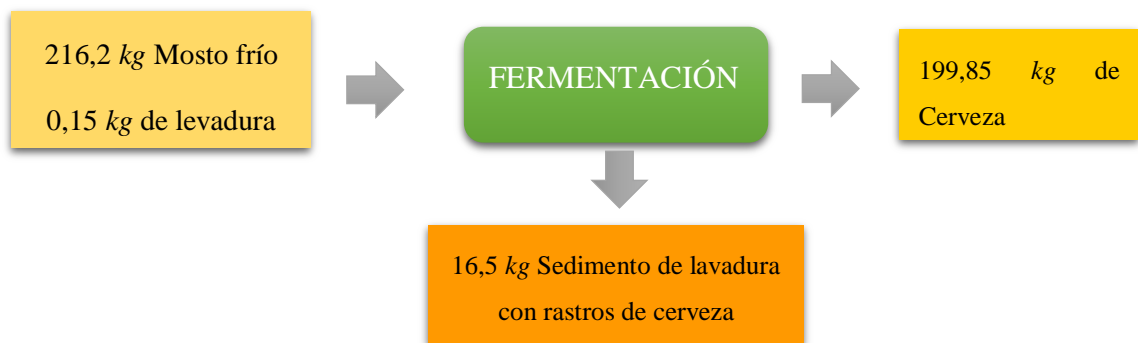
- Calor latente del agua  $\lambda = 590 \text{ kcal/kg}$
- Evaporación promedio de un equipo de cocción= 10 a 15 % (Tomaremos un 12%).
- Equipo actual de 200 *litros*
- Litros evaporados en la cocción=  $\frac{200 \text{ litros}}{12\%} = 24 \text{ litros} = m = 24 \text{ kg de agua avaporada}$
- $Q = m * \lambda = 24 \text{ kg} * 590 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} = 14160 \text{ kcal}.$
- Los quemadores tienen pérdida por dispersión del 60%, por lo que solo el 40% es aprovechado.
- Por tanto  $\frac{14160 \text{ Kcal}}{0.40} = 354000 \text{ kcal}$  (Que se requiere para el equipo de 200 *litros*).

- Residuos e impurezas después de la cocción promedio 12 *litros* por bach.

### 3.3.2.6 ENFRIAMIENTO.



### 3.2.2.8 FERMENTACIÓN.



- Fermentis recomienda entre 0,5 y 0,8 gramos de levadura por litro de mosto. (cervezomicon, 2020).

### 3.3.2.8 EMBOTELLADO Y CARBONATACIÓN.



- Para tener un nivel de carbonatación acorde al estilo producido se necesitan 2,4-2,8 Vol de CO<sub>2</sub>.

- **Cálculo cantidad de azúcar carbonatación natural.**

Tomando como objetivo 2,6 volúmenes de CO<sub>2</sub> y conociendo que a 27°C que es la temperatura más alta alcanzada en la fermentación se tienen 0,73 volúmenes de CO<sub>2</sub> disueltos.

$$\text{➤ Volumen Disuelto} = 1,7 - 0,059 \times \text{Temperatura Fermentación} + (0,00086 \times \text{Temperatura Fermentación} \times \text{Temperatura Fermentación})$$

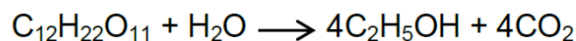
$$\text{➤ Volumen Disuelto} = 1,7 - 0,059 \times 27 + (0,00086 \times 20 \times 27) = 0,76$$

$$\text{➤ Volúmenes de CO}_2 \text{ a agregar} = 2,6 - 0,76 = 1,84 \text{ volúmenes.}$$

Conociendo que 1 volumen de CO<sub>2</sub> equivale a 1 lt de CO<sub>2</sub> disuelto en 1 lt de cerveza y que la densidad del CO<sub>2</sub> en condiciones normales de presión y temperatura es de 1,96 g/lt tenemos:

$$\frac{1,84 \text{ lt de co}_2}{\text{lt cerveza}} * \frac{1,96 \text{ gr de CO}_2}{1 \text{ lt de CO}_2} = \frac{3,606 \text{ gr de CO}_2}{\text{lt cerveza}}$$

Para la carbonatación se utiliza azúcar de caña, por lo tanto:



Sacarosa	Agua	Etanol	Dióxido de carbono
342 g/mol	18g/mol	46g/mol	44g/mol

$$1 \text{ gr de CO}_2 * \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g}} * \frac{1 \text{ mol C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{4 \text{ mol CO}_2} * \frac{342 \text{ g C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{1 \text{ mol}}$$

$$= 1,943 \text{ g C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$$

$$\frac{3,606 \text{ gr de CO}_2}{\text{lt cerveza}} * \frac{1,943 \text{ g C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{1 \text{ gr de CO}_2} = \frac{7,006 \text{ gr de azúcar}}{\text{lt de cerveza}}$$

$$\frac{7,006 \text{ gr de azúcar}}{\text{lt de cerveza}} * 199,85 = 1400,15 \text{ gr de azúcar}$$

### 3.3.3 Balance De Energía Proceso Productivo De La Cerveza.

La importancia del balance de energía radica en su utilidad para observar el flujo energético en el sistema y también su rendimiento. A continuación, realizaremos el balance de energía del proceso anteriormente mostrado, el cual no posee característica de flujos continuos, expresado esto, veremos el comportamiento del calor en cada uno de sus procesos.

#### 3.3.3.1 Balance De Energía En Maceración.

$$\Delta Q = Q \text{ Entrante} - Q \text{ Saliente} = Q$$

$$Q_f = Q_3 - (Q_1 + Q_2)$$

$$Q = m * C_p * \Delta T$$

$$m_3 = m_1 + m_2$$

#### Donde:

- m= Masa en kilogramos.
- Q= Cantidad de calor tomada o cedida.
- Cp= Calor específico de la sustancia.
- ΔT= Diferencia de temperatura.

#### Datos:

- Masa de la Malta ( $m_1$ ) = 52 kg.
- Masa del Agua ( $m_2$ ) = 156 kg.
- Masa del Mosto ( $m_3$ ) = 204,25 kg.
- Cp de la Malta ( $C_{p1}$ ) = 1,674 kJ/kg\*K.
- Cp del Agua ( $C_{p2}$ ) = 4,193 kJ/kg\*K.
- Cp del Mosto ( $C_{p3}$ ) = 0,017 kJ/kg\*K.

- Temperatura de la Malta ( $T_1$ ) = 298 K. (25 °C)
- Temperatura del Agua ( $T_2$ ) = 348 K. (75 °C)
- Temperatura del Mosto ( $T_3$ ) = 328 K. (55 °C)

#### **Cálculos matemáticos:**

- $Q_1 = 52 \text{ kg} * 1,674 \text{ kJ/kg} * K * (328-298) K = 2611,44 \text{ kJ}$
- $Q_2 = 156 \text{ kg} * 4,193 \text{ kJ/kg} * K * (348-298) K = 32705,4 \text{ kJ}$
- $Q_3 = 204,25 \text{ kg} * 0,017 \text{ kJ/kg} * K * (348-298) K = 173 \text{ kJ}$
- $Q_f = 173 \text{ kJ} - (26611,44 + 32705,4) \text{ kJ}$
- $Q_f = -59143,84 \text{ kJ}$
- El calor perdido es de **-59143,84 kJ**

#### **3.3.3.2 Balance de energía en cocción.**

##### **Datos:**

- Masa de mosto+clarificante 1 ( $m_1$ ) = 257,97 kg
- Masa de Lúpulo ( $m_2$ ) = 0,5 kg.
- Masa del Mosto Lupulado ( $m_3$ ) = 222,47 kg.
- Cp del mosto 1 ( $C_{p1}$ ) = 0,017 kJ/kg\*K.
- Cp del Agua ( $C_{p2}$ ) = 2,1 kJ/kg\*K.
- Cp del Mosto Lupulado ( $C_{p3}$ ) = 0,017 kJ/kg\*K.
- Temperatura del Mosto 1 ( $T_1$ ) = 348 K. (75°C)
- Temperatura de Lúpulo ( $T_2$ ) = 298 K. (25°C)
- Temperatura del Mosto Lupulado ( $T_3$ ) = 365 K. (92°C)



**Cálculos matemáticos:**

- $Q_1 = 257,97 \text{ kg} * 0,017 \text{ kJ/kgK} * (348-298) \text{ K} = 219,27 \text{ kJ}$
- $Q_2 = 0,5 \text{ kg} * 2,1 \text{ kJ/kg} * K * (298-298) \text{ K} = 0$
- $Q_3 = 222,47 \text{ kg} * 0,017 \text{ kJ/kg} * K * (365-298) \text{ K} = 253,39 \text{ kJ}$
- $Q_f = 253,39 \text{ kJ} - (219,27 + 0) \text{ kJ}$
- **$Q_f = 34,12 \text{ kJ}$**

El calor ganado sería de **34,12 kJ**.

**3.3.3.3 Balance de energía en el intercambiador.****Datos:**

En este proceso se hace pasar por agua como líquido para enfriar en el intercambiador de placas.

- Masa del Mosto Lupulado ( $m_1$ ) = 222,47 kg.
- Masa del Mosto frío ( $m_2$ ) = 216,2 kg
- Cp del Mosto Lupulado ( $C_{p1}$ ) = 0,017 kJ/kg\*K.
- Cp del Mosto Frío ( $C_{p2}$ ) = 0,017 kJ/kg\*K.
- Temperatura del Mosto Lupulado ( $T_1$ ) = 365 K. (92°C)
- Temperatura del Mosto Frío ( $T_2$ ) = 293 K. (20°C) (Temperatura a la que hierve el agua en Tarija)
- $Q_1 = 222,47 \text{ kg} * 0,017 \text{ kJ/kgK} * (365-293) \text{ K} = 272,3 \text{ kJ}$
- $Q_2 = 216,2 \text{ kg} * 0,017 \text{ kJ/kg} * K * (293-293) \text{ K} = 0 \text{ kJ}$
- $Q_f = 0 \text{ kJ} - 272,3 \text{ kJ}$
- $Q_f = - 272,3 \text{ kJ}$

El calor perdido es de 272,3 kJ

Datos:

$$Q = m * Cp * \Delta T$$

- H<sub>2</sub>O = Agua líquida.
- T<sub>f</sub> = 341 K (68°C)
- T<sub>i</sub> = 289 K (16°C)
- C<sub>p</sub> del Agua (C<sub>p</sub>) = 2,1 kJ/kg\*K.

$$272,3 \text{ kJ} = m * 2,1 \text{ kJ/kg} * K * (341-289) \text{ K}$$

$$m = \frac{272,3 \text{ kJ}}{109,2 \text{ kJ/kg}} = 2,49 \text{ kg}$$

**La masa de agua a utilizar es de 2,49 kg.**

### **3.4 DISEÑO DEL EQUIPO.**

#### ***3.4.1 Dimensionamiento tanque de maceración.***

El tanque de maceración es un recipiente en el que se pondrán en contacto la cebada malteada con el agua caliente durante el tiempo necesario para reducir el contenido en almidón y aumentar la concentración de azúcares fermentables presentes en el mosto.

En la alternativa elegida (a2) se plantea la elaboración de lotes de 500 L de cerveza. De igual forma se realizará el dimensionado del equipo para un proceso de maceración simple en el que el mosto se encontrará a una temperatura comprendida entre 65 y 70°C.

Para la elaboración de distintos tipos de cerveza la cantidad promedio de malta necesaria para elaborar 500 L de cerveza es de 130 kg, valor calculado mediante el balance de materia.

$$V_{\text{macerador}} = R_{\text{empaste}} * \text{malta} * \eta \quad \text{Ec. 1}$$

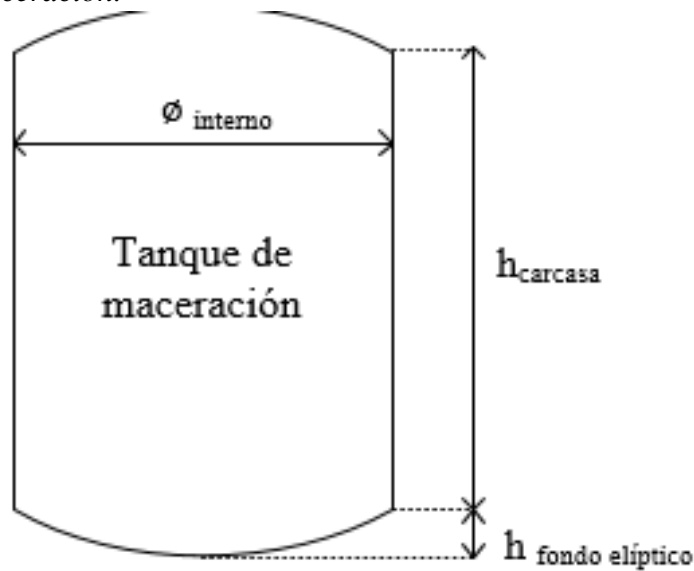
Siendo V<sub>macerador</sub> el volumen del tanque de maceración expresado en litros, R<sub>empaste</sub> el valor de la relación de empaste expresada como litros agua de maceración / kg de malta y η es un factor de sobredimensionado. Para elaborar los lotes de 500 L propuestos y un sobredimensionado en un 20% la capacidad del equipo para evitar problemas de rebalse.

$$V_{\text{macerador}} = 3 \cdot 130 \text{ (Kg)} \cdot 1,2 = 468 \text{ l}$$

El dispositivo se fabricará en acero inoxidable (AISI 304) con un fondo elíptico para facilitar la precipitación de restos de malta. La altura mínima del fondo elíptico es de 0,5 m.

**Figura III-3**

*Tanque de maceración.*



*Fuente:* (Universidad de Almeria, 2019)

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se dimensionará el tamaño del tanque haciendo uso de la Ec. 2 y Ec. 3.

$$V_{\text{fondo elíptico}} = \frac{\pi \cdot h_{\text{fondo elíptico}}}{6} \left( \frac{3}{4} \phi_{\text{interno}}^2 + h_{\text{fondo elíptico}}^2 \right) \quad \text{Ec. 2}$$

$$V_{\text{Carcasa}} = \frac{\pi \cdot \phi}{4} h_{\text{carcasa}} \quad \text{Ec. 3}$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{fondo elíptico}} + V_{\text{Carcasa}} \quad \text{Ec. 4}$$

Siendo  $V_{\text{fondo elíptico}}$  y  $h_{\text{fondo elíptico}}$  el volumen y la altura del fondo en m<sup>3</sup> y m respectivamente,  $\phi_{\text{interno}}$  el diámetro interno del depósito expresado en m y  $V_{\text{carcasa}}$  y  $h_{\text{carcasa}}$  el volumen y la altura de la parte cilíndrica en m<sup>3</sup> y m respectivamente. En

la siguiente tabla se muestra un resumen de los datos dimensionales del tanque de maceración:

**Tabla III-1**

*Dimensiones.*

<b>DIMENSIONES DEL TANQUE DE MACERACION</b>	
<b>Altura fondo elíptico (m)</b>	0,5
<b>Diámetro interno (m)</b>	3,77
<b>Altura cilindro (m)</b>	4
<b>Volumen fondo elíptico (m3)</b>	0,029
<b>Volumen carcasa cilíndrica (m3)</b>	0,447
<b>Volumen total tanque (m3)</b>	0,476
<b>Volumen total tanque (l)</b>	476

*Fuente: Elaboración Propia.*

El volumen total de tanque es superior al volumen mínimo calculado según la Ec. 1, por lo que se puede afirmar que las dimensiones propuestas para el tanque de maceración son correctas.

### **3.4.2 Espesor de las paredes.**

Cualquier tanque o depósito sometido a presión externa o interna debe poseer un espesor mínimo del material usado para la construcción para evitar deformaciones o roturas. Para el cálculo del espesor mínimo que han de tener las paredes del macerador se siguen las normas del código ASME Sección VIII Div. 1. 2004 [6], un código de construcción de recipientes a presión internacional que abarca el diseño, la fabricación y la inspección de recipientes a presión y las pruebas en el taller de fabricación. El código define la presión interna máxima permisible y por consiguiente el espesor mínimo necesario para soportar dicha presión en las diferentes partes del tanque.

Se calculará por separado el espesor mínimo del fondo elíptico y de la carcasa cilíndrica y se seleccionará como el espesor de construcción del depósito aquel que sea mayor.

El primer paso en el dimensionado de la carcasa es el cálculo de la presión de diseño. Se escogerá el mayor valor obtenido entre las presiones calculadas por medio de las ecuaciones 5,6 y 7.

$$P_{\text{máx.operación}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{columna líquido}} \quad \text{Ec. 5}$$

$$P \geq P_{\text{máx.operación}} + 1 \quad \text{Ec. 6}$$

$$P \geq 1,1 \cdot P_{\text{máx.operación}} \quad \text{Ec. 7}$$

Siendo  $P_{\text{máx.operación}}$  la presión máxima de operación,  $P_{\text{atm}}$  la presión atmosférica y  $P_{\text{columna líquido}}$  la presión que ejerce el líquido en el interior del tanque. Todas las presiones se expresan en kg·cm-2. Para calcular la presión de columna de líquido, es necesario calcular el área de la sección transversal del recipiente (Ec. 8) y la masa que puede contener (Ec. 9).

$$A = \frac{\pi \cdot \phi_{\text{interno}}^2}{4} = 111627,856 \text{ cm}^2 \quad \text{Ec.8}$$

$$m = m_{\text{malta}} + m_{\text{agua}} = 130 \text{ kg} + (130 * 3) = 520 \text{ kg} \quad \text{Ec. 9}$$

$$P_{\text{Columna de líquido}} = \frac{m}{A} = \frac{520}{111627,856} = 0,0046583 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}.$$

Donde  $A$  es el área de la sección transversal del tanque de maceración medida en cm<sup>2</sup>,  $m$  es la masa que puede contener el macerador (kg) calculada como la suma de la masa de malta y agua de maceración.

La presión de columna de líquido, siguiendo estos cálculos es de 0,0046583 kg·cm-2.

### Cuadro III-1

*Elección de la presión de diseño del macerador.*

$P_{\text{máx.operación}}$ (Kg/cm-2)	1,0046583
$P_{\text{máx.operación}}$ (Kg/cm-2)+1	2,0046583
$1,1 \cdot P_{\text{máx.operación}}$ (Kg/cm-2)	1.1051

*Fuente:* Elaboración Propia.

La presión de diseño tomada para la realización de los cálculos es 2,00466 kg·cm-2, la mayor de las presiones mostradas en la Tabla 4. En base a este dato se calcula el espesor

mínimo de las distintas partes del tanque, suponiendo que se trata de un recipiente de paredes delgadas, para lo cual se tiene que verificar que  $t/R < 0,07$ .

$$t_{carcasa\ longitudinal} = \frac{P * R_{interno}}{2 * S * E + 0,4 * P} + C$$

$$t_{carcasa\ tangencial} = \frac{P * R_{interno}}{S * E - 0,6 * P} + C$$

$$t_{carcasa\ eliptica} = \frac{P * D * K}{2 * S * E - 0,2 * P} + C$$

Donde  $t$  es el espesor de la envolvente,  $R$  y  $D$  son el radio y el diámetro interno respectivamente expresados pulgadas.  $P$  es la presión de diseño, expresada en psi. La tensión máxima admisible del material ( $S$ ) para el acero inoxidable es de 30.000 psi. En los cálculos se toma una eficiencia de soldadura ( $E$ ) de 0,55 y una concesión por corrosión ( $C$ ) de 0 pulgadas.  $K$  es un factor que depende de la proporción  $D/2h$ , cuyo valor se encuentra:

**Tabla III-2**

*Valores de la constante K.*

		VALUES OF FACTOR K (Use Nearest Value of $D/2h$ ; Interpolation Unnecessary)									
$D/2h$	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0
$K$	1.83	1.73	1.64	1.55	1.46	1.37	1.29	1.21	1.14	1.07	1.00
$D/2h$	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	...
$K$	0.93	0.87	0.81	0.76	0.71	0.66	0.61	0.57	0.53	0.50	...

*Fuente:* (Rodriguez)

Según las dimensiones especificadas en la Tabla III - 1, la relación  $D/2h$  es de 3,77, por lo que le corresponde un valor del factor  $K$  de 1,83, según la Tabla III - 2.

**Cuadro III-2**

*Datos del Cálculo de espesor.*

DATOS cálculo espesor	
P (psi)	28,5129
D(pulg)	148,425
Rinterno (pulg)	74,2125
S (psi)	30000
E	0,55
C (pulg)	0
K	1,83

*Fuente:* Elaboración propia.

En la Cuadro III - 2 se muestran los resultados de los cálculos realizados para el cálculo del espesor de diseño.

**Tabla III-3**

*Resultados de cálculos.*

	<b>t(int)</b>	<b>t/R</b>	<b>T calculado (mm)</b>	<b>T normalizado (mm)</b>
<b>Carcasa longitudinal</b>	0.0641	0.000864	1.628	2
<b>Carcasa tangencial</b>	0.1284	0.00173	3.261	2
<b>Selección elíptica</b>	0.2347	0.00316	5.962	6

*Fuente:* Elaboración Propia.

De acuerdo con este resultado, el espesor máximo escogido para sección elíptica es de 6mm, de las carcasas tangencial y longitudinal de 2mm respectivamente.

## **CAPÍTULO IV**



## CAPÍTULO IV

### IV. ANÁLISIS ECONÓMICO.

Se planteó el análisis económico, comparando las alternativas seleccionadas a1 y a2, razón por la cual, se podrán ambos datos para ver las diferencias económicas de las mismas y poder analizarlas.

#### 4.1 Valor Del Proyecto.

- Para la alternativa a1, instalando el aislante térmico al macerador al equipo actual de 200litros por Bach, en cálculos anteriores, se demuestra un 70% de pérdida de calor, el costo de esta alternativa se muestra en el siguiente:

**Tabla IV-1**

*Inversión Alternativa (a1)*

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Valor Total (Bs)
1	Aislante armafex 1mm rollo	1	3000	3000
			<b>TOTAL (Bs)</b>	<b>3000</b>

*Fuente:* Elaboración Propia 2021.

La aplicación de la alternativa (a1), al equipo actual de producción de la empresa, sería una solución económica y rápida, además el costo de la inversión lo podría cubrir la empresa en su totalidad.

- Alternativa a2 para esta alternativa se realizó un prorateo de los costos de todo el equipo producción requeridos para elaborar 500 litros por bach. En la siguiente tabla se muestra la inversión.

**Tabla IV-2***Inversión Alternativa (a2)*

Costos equipamiento alternativa (a2)					
Ítem	Descripción	Cantidad	Capacidad (litros)	Precio unitario (Bs)	Valor Total (Bs)
1	TANQUE DE MACERACION	1	520	24161	24161
2	TANQUE DE COCCION	1	550	26231	26231
3	TANQUE DE AGUA	1	550	26231	26231
4	FERMENTADORES	4	615	7000	28000
				<b>TOTAL (Bs)</b>	<b>104623</b>

*Fuente:* Elaboración propia 2021.

Para la alternativa (a2) la inversión requerida es mayor, debido que se trata de la ampliación de equipamiento al doble de la producción actual, es decir de 200 litros a 500 litros, si bien es una alternativa que optimizaría el proceso de maceración y otros, es una alternativa que requiere de financiamiento bancario por lo que a continuación, se realizará el análisis correspondiente para esta alternativa.

La cotización de los equipos de la tabla IV-2 se encuentra en el Anexo 3.

#### **4.2 Costo De Operación.**

Los costos operacionales corresponden a los costos en los que tiene que incurrir la planta para su correcta operación, es decir costos de materias primas, insumos, etc., todo lo que haga posible un buen funcionamiento, se tomó en consideración la receta ejemplo 3.2.1 del balance para evaluar los costos operacionales de la alternativa a2.

##### **4.2.1 Costos Directos.**

Los costos directos son los que tan asociados directamente con el ciclo productivo, estos se detallan en el siguiente:

**Tabla IV-3***Costos Directos Alternativa (a2) 500 litros finales*

COSTOS DIRECTOS Alternativa (a2) 500 litros finales						
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Bs)	Valor Total 1 bach (Bs)	Valor total 4 bach mensuales
1	Malta Weyerman pilsen	125	kg	12	1500	6000
2	Malta Weyermann Cara Hell	5	kg	16	80	320
3	Lupulo	1250	gr	0,25	312,5	1250
4	Levadura	325	gr	2,6	845	3380
5	Clarificante Irish mosh	0,1	kg	0,15	0,015	0,06
6	Tapas corona	1000	Tapas	0,1	100	400
7	Botellas 500cc	1000	Botellas	2,7	2700	10800
8	Etiquetas	1000	etiquetas	0,7	700	2800
<b>TOTAL (mensual)</b>					<b>Bs 5.537,52</b>	<b>Bs 24.950,06</b>
<b>Total (anual)</b>					<b>Bs 66.450,18</b>	<b>Bs 299.400,72</b>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se tomó en cuenta una producción mensual de cuatro Bach por mes para poder evaluar de mejor manera el flujo del proyecto. Los costos directos están prorrateados en función al anexo 1.

#### 4.2.2 Costos Indirectos.

Los costos indirectos son los que no están relacionados directamente con el proceso productivo, pero sin ellos no se lograría un buen funcionamiento. Estos son los siguientes:

**Tabla IV-4***Costos Indirectos Alternativa (a1) 200 litros finales.*

ítem	Descripción	Total mensual (Bs)
1	Agua potable	32.8
2	Electricidad	230
3	Gas	270
4	Internet	250
5	Manejo contable	250
<b>TOTAL (Bs)</b>		<b>1032.8</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla IV-5**

*Costos Indirectos Alternativa (a2).*

<b>COSTOS indirectos Alternativa (a2) 500 litros finales</b>			
<b>item</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Total mensual 1 bah (Bs)</b>	<b>Total mensual 4 bach</b>
1	Agua potable	82	328
2	Electricidad	575	2300
3	Gas	675	2700
4	Internet	625	2500
5	Manejo contable	625	2500
<b>TOTAL (mesual)</b>		<b>Bs 2.582,00</b>	<b>10328</b>
<b>Total (anual)</b>		<b>Bs 30.984,00</b>	<b>Bs 123.936,00</b>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

La tabla anterior muestra los gastos indirectos necesarios tomando en cuenta una producción de cuatro Bach mensuales.

#### **4.2.3 Gastos Por Mano De Obra**

**Tabla IV-6**

*Detalle de mano de obra directa e indirecta*

<b>Detalle de mano de obra directa e indirecta</b>					
<b>item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor mensual (Bs)</b>	<b>Valor Total anual(Bs)</b>
1	Persona Contratado (4 empleados)	mes	42	2164	90888
2	Supervisor	mes	14	3500	49000
3	Tecnico	mes	14	4500	63000
4	Personal de limpieza	mes	14	2164	30296
5	Portero (1 empleado)	mes	14	2164	30296
				<b>TOTAL (anual)</b>	<b>Bs263.480,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para llevar a cabo las labores de la aplicación del proyecto, es necesario contar con el personal adecuado, que permite realizar la producción planificada en el cronograma mensual de la empresa, para los cálculos anuales se tomó en cuenta 14 meses acorde a la normativa de la ley de trabajo.

### 4.3 Ingresos y egresos del proyecto.

- **Ingresos.** - Se tomó en cuenta el precio de distribución de 18Bs por botellas de 500ml para elaborar los cálculos mensuales y anuales.

**Tabla IV-7**

*Ingreso Ventas considerando 4 Bach por mes.*

Ingreso ventas Considerando 4 Bach por mes			
Descripcion	Por bach500litros	Mensual	Anual
Precio unitario distribucion	18	18	18
Botellas (500cc)	1000	4000	48000
<b>Total ingreso ventas</b>	<b>Bs 18.000,00</b>	<b>Bs 72.000,00</b>	<b>Bs 864.000,00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Egresos.** – Para la tabla de egresos se tomó los gastos necesarios de producción anual de 4 Bach de 500 litros por mes.

**Tabla IV-8**

*Egresos.*

Egresos	
Descripcion	Valor
Costos directos materia prima	299.400,72
Cotos indirectos	123.936,00
Mano de obra directa e indirecta	Bs263.480,00
<b>Total</b>	<b>Bs 686.816,72</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

### 4.4 Análisis de rentabilidad del proyecto.

#### 4.4.1 Plan de pagos del proyecto.

Para la realización del proyecto es necesario acudir a una entidad financiera la cual nos financie la inversión que requerimos para la ejecución del proyecto, la siguiente tabla nos muestra la inversión total:

- **Inversión requerida alternativa (a2)**

**Tabla IV-9**

*Inversión total requerida para la alternativa (a2).*

Descipcion	Valor Bs
Costos equipamiento	104.623,00
Costo de obras civiles	110.002,96
<b>Total</b>	<b>Bs 214.623,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para los costos por obras civiles se realizó una cotización real de construcción del tinglado industrial a la empresa “Construcciones Bacotich Oliva” anexo 2.

- **Plan de pagos por año.**

Para elaborar el plan de pagos se consideró los valores de la siguiente tabla de datos:

Se consideró una tasa de crecimiento anual del proyecto en un escenario conservador el 10%.

**Tabla IV-10**

*Datos.*

Datos	Valor
Inversion inicial (Bs)	214.623,00
Tasa de interes anual (Banco)11,5%	0,115
Tasa de crecimineto	10%

*Fuente:* Elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra el plan de pagos que se realizará a la entidad financiera durante 5 años, considerando el año 0 de gracia, tomando en cuenta que para un préstamo productivo la tasa de interés es del 11,5%.

**Tabla IV-11***Plan de pagos.*

<b>Año</b>	<b>Monto capital</b>	<b>Costo financiero</b>	<b>TOTAL Cuota anual</b>
0	0	24.681,65	24.681,65
1	53.655,75	26.995,55	80.651,30
2	53.655,75	16.197,33	69.853,08
3	53.655,75	10.026,92	63.682,67
4	53.655,75	3.856,51	57.512,26
<b>Total</b>	<b>214.623,00</b>	<b>81.757,95</b>	<b>296.380,95</b>

*Fuente:* Elaboración propia.**4.4.2 Flujo Proyectado.**

- **Depreciación.**

Para calcular la depreciación de los equipos y la construcción de la fábrica, se consideran los datos proporcionado por la página (SIN, s.f.) de Impuestos Bolivia:

- Se considera una vida útil de construcción de 20 años, es decir, una depreciación del 5% anual.
- Se considera una vida útil de 5 años de los equipos a adquirir, con una depreciación del 20% anual.

**Tabla IV-12***Depreciación.*

<b>Descripcion</b>	<b>Valor Total (Bs)</b>	<b>Tasa de Depreciacion anual %</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Fabrica Cerveceria (Obras Civiles)</b>	<b>110002,96</b>	<b>5%</b>	<b>104502,81</b>	<b>99002,664</b>	<b>93502,516</b>	<b>88002,368</b>	<b>82502,22</b>
<b>TANQUE DE MACERACION</b>	24161	20%	19328,8	14496,6	9664,4	4832,2	0
<b>TANQUE DE COCCION</b>	26231	20%	20984,8	15738,6	10492,4	5246,2	0
<b>TANQUE DE AGUA</b>	26231	20%	20984,8	15738,6	10492,4	5246,2	0
<b>FERMENTADORES</b>	28000	20%	22400	16800	11200	5600	0
<b>TOTALES</b>	<b>214625,96</b>		<b>188201,21</b>	<b>161776,46</b>	<b>135351,72</b>	<b>108926,97</b>	<b>82502,22</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

La siguiente tabla nos muestra flujo de fondos proyectado, del efectivo que entra(ingresos) y sale (egresos) del proyecto.

**Tabla IV-13**

*Flujo proyectado.*

<b>INGRESOS</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>
1) Saldo Inicial Caja y Bancos (gestión anterior)		0,00	-91.669,23	-89.655,57	7.059,18
2) Ingresos por venta de bienes y/o servicios		864.000,00	950.400,00	1.045.440,00	1.149.984,00
<b>OTROS INGRESOS</b>					
3) Cuentas por cobrar					
4) Prestamos Bancarios	214.623,00				
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>214.623,00</b>	<b>864.000,00</b>	<b>858.730,77</b>	<b>955.784,43</b>	<b>1.157.043,18</b>
<b>EGRESOS</b>					
1) Costo de ventas y/o del servicio prestado		299.400,72	329.340,79	362.274,87	398.502,36
2) Gastos Operativos		387.416,00	387.416,00	387.416,00	387.416,00
3) Pago de intereses	24.681,65	26.995,55	16.197,33	10.026,92	3.856,51
<b>OTROS EGRESOS</b>					
4) Pago Dividendos					
5) Pago Préstamos y/o cuentas por pagar		53.655,75	53.655,75	53.655,75	53.655,75
6) Depreciación		188.201,21	161.776,46	135.351,72	108.926,97
7) Inversión en equipamiento y obras civiles	214.623,00				
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>214.623,00</b>	<b>955.669,23</b>	<b>948.386,34</b>	<b>948.725,26</b>	<b>952.357,58</b>
<b>Saldo antes de impuestos</b>	0,00	-91.669,23	-89.655,57	7.059,18	204.685,59
<b>IUE (25%)</b>		-22.917,31	-22.413,89	1.764,79	51.171,40
<b>Utilidad Neta (Despues de Impuestos)</b>		-68.751,92	-67.241,68	5.294,38	153.514,20
<b>SALDO ACUMULADO</b>	0,00	-91.669,23	-181.324,80	-174.265,62	30.419,97
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO (+ Amortizacion, Depreciacion)</b>	-214.623,00	15.880,68	2.267,82	78.728,23	256.100,31

*Fuente:* Elaboración propia.

Para el cálculo de las ventas, el primer año se consideran la venta de 48000 botellas a un precio unitario de 18Bs. Para los siguientes años se proyecta un crecimiento de las ventas del 10%.

El flujo de efectivo neto es la utilidad antes de impuestos, sin considerar la depreciación ni la amortización a la deuda, por lo que solo para fines demostrativos se consideran la depreciación dentro del flujo, sin embargo, para el cálculo de la rentabilidad se considera el flujo de efectivo neto.

#### 4.4.3 Cálculo de la Van, Tir e índice de rentabilidad del proyecto.

Para los cálculos se utilizó las fórmulas del paquete Office Excel.



**Tabla IV-14***Cálculo de rentabilidad.*

<b>TASA DE INTRES</b>	11,5%
<b>Tasa de descuento</b>	10,31%
<b>VAN</b>	33.220,14
<b>TIR</b>	15%
<b>Indice de rentabilidad</b>	1,15

*Fuente:* Elaboración propia.

**VAN.** - Es un indicador financiero que mide los flujos de los ingresos y egresos futuros que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, queda una ganancia.

Como se observa en la tabla anterior, tenemos un VAN del 33.220,14 mucho mayor a cero, lo que nos permite considerar el proyecto viable.

**TIR.** - Está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) de una inversión sea igual a cero ( $VAN = 0$ ). Recordemos que el VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente (valor actual), aplicando una tasa de descuento.

Por tanto, al tener un TIR de 15% significa que la inversión inicial rendirá una tasa de interés del 15% durante la vida del proyecto.

## **CAPÍTULO V**

## CAPÍTULO V.

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se ha procedido al diagnóstico de la información de la planta Empresa “Macabra” S.R.L, misma que entraba en los archivos y registros de la empresa, de tal manera que, una vez ordenada y clasificada, ha servido para apoyar la realización del presente proyecto.
- Para la concepción y definición del problema, se realizó un diagnóstico del proceso actual, identificando el problema de desarrollo y las causas directas, para posteriormente dar las alternativas de solución planteadas en el punto 2.2 del Capítulo II.
- Teniendo las alternativas de solución planteadas, se procedió al análisis de cada alternativa para poder optar por la alternativa más viable para el proyecto, eligiendo así las alternativas a1 y a2.
- Se ha desarrollado y presentado el diagrama de flujo del proceso y diagrama de procesos de elaboración de cerveza artesanal “Macabra” Tarija.
- De acuerdo al diagrama de flujo del proceso, se realizó el balance de materia y energía, lo que permitió determinar las diferentes cantidades de energía y materia utilizada para el proceso elaboración.
- El proceso de maceración constituye una de las partes más importantes del proceso de producción de cerveza artesanal, por lo que, para llegar a un porcentaje óptimo de extracción de azúcares fermentables, es necesario tomar en cuenta las alternativas expuestas en el presente proyecto.
- En base a las dos alternativas que se cree más óptimas, se realizó el análisis económico del proyecto, lo que permite comparar las inversiones necesarias para la realización de ambas alternativas.
- El análisis nos muestra que la alternativa (a1) es viable a corto plazo por su alto porcentaje de reducción de pérdida de calor del 70% y su costo de inversión de solo 3000Bs.

- En la alternativa (a2), al analizar económicamente la inversión, costos directos e indirectos, costos operativos, financiamiento y calcular el valor actual neto (VAN) que nos muestra un valor mayor a cero, mostrando una viabilidad del proyecto, al igual que el valor de Tasa interna de retorno (TIR) que nos muestra un porcentaje del 15% de rentabilidad.
- Con el estudio realizado concluido, nos muestra dos alternativas viables para que la empresa pueda tomar en cuenta su aplicación, optimizando el proceso de maceración e indirectamente mejorando el proceso productivo y económico de la misma.

## **5.2 RECOMENDACIONES.**

- Al realizar el estudio del presente proyecto para optar por la alternativa (a2), es necesario realizar un proyecto de pre factibilidad para tener un análisis más a fondo de la ampliación total de la empresa, con el objetivo de que este se materialice de manera correcta.
- Se recomienda tomar en cuenta las alternativas (b, c y d), mientras está produciendo, para que de esta forma se logre un proceso óptimo en cada etapa.
- En forma periódica realizar los mantenimientos preventivos y predictivos a los equipos, para tener un mejor control sobre el proceso productivo.