

Antecedentes

En la antigüedad los chinos elaboraban cerveza, llamada "Kiu", utilizando cebada, trigo, espelta, mijo y arroz. De igual manera, en la antigua Britania se elaboraba cerveza a base de trigo malteado mucho antes de que los romanos introdujeran la cebada.

Los egipcios elaboraban cerveza a partir de panes de cebada poco cocidos que dejaban fermentar en agua. La llamaban "zythum" que significaba vino de cebada.

Durante la Edad Media fue en Bélgica donde los monjes refinaron el proceso hasta logra prácticamente la perfección e institucionalización del uso de lúpulo, planta cannabácea que confiere a la cerveza su sabor amargo característico favoreciendo su conservación.

En los países nórdicos con climas muy fríos como Alemania e Inglaterra, la cebada se cultivaba mejor que la uva, por lo que la producción de cerveza era mejor que la del vino, convirtiéndose estas regiones en grandes productoras de cervezas. (Fascetto, 2012)

La primera fábrica que se estableció en América fue el 6 de junio de 1542. Cuando el emperador Carlos V fundó lo que hoy es la ciudad de México. En 1778 se establece el libre comercio en América, y desde ese año la cerveza tiene más presencia en el Alto Perú.

De 1825 a 1880, se registra la presencia de cerveza. Durante los primeros años de la República, existían fábricas artesanales. En Bolivia, las primeras fábricas surgen en La Paz hacia 1870, aunque se sabe que antes se consumía cerveza importada en cantidades pequeñas.

En 1877 se funda la fábrica Wolf y Cía., con el tiempo se convierte en americana, luego en Cervecería Nacional.

Un 20 de octubre de 1886 se fusionaron Cervecería Nacional con Cervecería Americana formando lo que hoy es Cervecería Boliviana Nacional S.A. CBN se constituye como Sociedad Anónima el año 1920 y se establece en La Paz. (Wolf, 2020)

La cerveza también ha tenido su espacio entre la población tarijeña con elaboración en el departamento. El desarrollo de la industria de la cervecera tiene lugar a comienzos del siglo XX coincidiendo con el inicio de la industrialización dentro de una economía basada fundamentalmente en la producción agrícola y ganadera.

La primera cerveza tarijeña salió a la venta en 1903 bajo el nombre de ‘Germania’, producida por la empresa de la misma denominación creada por los hermanos de origen alemán Guillermo y Carlos Schnorr con el apoyo del técnico Juan Klein, según refleja el historiador Eduardo Trigo O’Connor d’Arlach en su libro Crónicas de Tarija. (Martínez, 2018)

Un año antes, en 1902 se hace el intento de instalar una fábrica en la localidad de Iscayachi, en el municipio de El Puente, a cargo de una sociedad entre Roberto.J. Roberts, inversionista inglés, y los ciudadanos J. Rodolfo Ávila, Justo Ávila y Simón Martínez.

La noticia fue acogida con entusiasmo por la sociedad tarijeña de la época y los diarios locales que habían calificado como el inicio de la industrialización en Tarija, según relata Trigo, ya que únicamente el consumo de cerveza en Tarija era de importación. No obstante, ese intento quedó frustrado y fue la cerveza Germania la primera en salir al mercado tarijeño.

Una década después se instaló, ahora sí, una fábrica de cerveza en Iscayachi que producía la cerveza ‘Águila’ en 1916. El lugar elegido para su implantación tuvo que ver con las temperaturas favorables para la actividad industrial y con el terreno de la zona, apto para el cultivo de la cebada.

La cerveza Águila elaborada en Iscayachi era transportada en aquel entonces a Tarija en recuas de acémilas, cita Trigo.

Más de treinta años después de la creación de la cervecería Germania, los propietarios la vendieron al austriaco Rodolfo Meyer, quien cambió su nombre por Baviera e introdujo la producción de cerveza tipo Pilsen.

“Han sido destronadas las cervezas importadas a Tarija con el producto nuevo de esta cervecería”, rezaba la publicidad. La planta de esta fábrica de cerveza, que estaba ubicada en la calle Bolívar de la ciudad de Tarija, fue cerrada unos años después a la muerte de su propietario.

A partir de entonces, Tarija estuvo unos largos años sin contar con un centro de producción de cerveza, hasta que, en la década de 1970, la Corporación Regional de Desarrollo de Tarija (CODETAR) junto a un grupo de inversionistas alemanes creó la sociedad Cervecería Bavaria Unión Tarija. Su producto salió al mercado en agosto de 1975 con el nombre de cerveza ‘Astra’.

La empresa cambio de manos y fue adquirida por el alemán Fritz Lochmann quien posteriormente en el año 2001 vendió el complejo a la Cervecería Boliviana Nacional de La Paz que mantuvo la denominación del producto Astra. (Guzmán, 2018).

Posteriormente Cervecería boliviana Nacional Planta Tarija incluye en su portafolio las marcas de Imperial y Paceña.

Los mercados generan una mayor exigencia en cuanto a calidad y precio del producto, los consumidores desean productos de la más alta calidad a un precio accesible, lo que obliga a la empresa a buscar los mejores métodos para la reducción de costos para mantenerse competitivos y lograr que el negocio continúe rentable en el tiempo, en la medida en que cambien las condiciones del mercado con buenas prácticas métodos y estándares la empresa se adaptará a las exigencias de la época.

En la actualidad la planta de Cervecería Tarija; ubicado avenida Héroes del Chaco gracias a las buenas prácticas de manufactura y calidad se ha posicionado como una de las empresas Tarijeñas más importante de la región, produciendo productos de consumo masivo como es la cerveza. La planta cuenta con una capacidad de producción

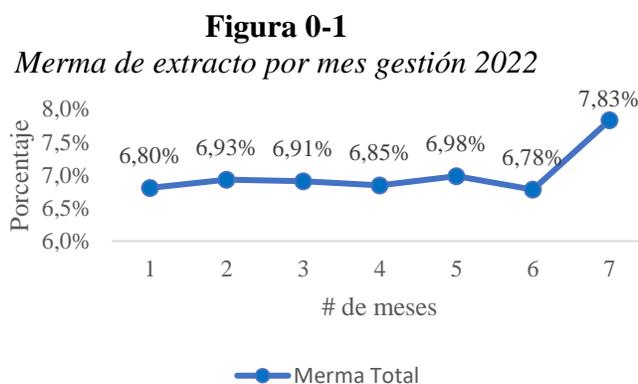
de 55 mil hectolitros al año, cubriendo todo el mercado Tarijeño parte de Potosí y Chuquisaca.

Una de las formas de lograr una mejor productividad y ser más competitivo se constituye la reducción de la merma o pérdida de extracto.

Cervecería Tarija requiere la identificación y del diseño de propuestas para la reducción de pérdida de extracto en la elaboración de cerveza, y de esta forma aumentar productividad. Esto se traduce en reducciones de costos de producción que brindan a la empresa la oportunidad de situarse en mejores posiciones competitivas.

A pesar de que la empresa cuenta con indicadores para la gestión de los procesos y merma, y que además se tiene la conciencia del impacto que tiene en los costos, todavía se genera gran volumen de pérdida de extracto considerablemente altos que infringen grandes pérdidas de dinero y producto dentro del proceso.

Tal es el caso de Cervecería Tarija, en la que se han venido incrementando la pérdida de extracto a lo largo del proceso de elaboración de cerveza. Durante el proceso de elaboración se presenta pérdida de extracto que resulta inherente al mismo, como puede ser el proceso de cosecha de levadura del tanque fermentador. Este es un proceso en cual se puede recuperar extracto de aquellas levaduras que no se utilizaran de nuevo para un siguiente proceso fermentativo. Por tal razón, surge la necesidad de analizar, establecer mejoras y soluciones correctivas que logren disminuir las pérdidas (merma de extracto) a niveles que resulten aceptables.



Fuente: Elaboración Propia

Objetivos

Objetivo General

Reducir la merma total en la producción de cerveza mediante la recuperación del extracto de levadura descartada en Cervecería Boliviana Nacional Planta Tarija.

Objetivo Específicos

Se contemplan los siguientes:

- Determinar la cantidad de extracto de levadura que se pierde en el proceso de producción actual de la Cervecería Boliviana Nacional Planta Tarija.
- Diseñar un sistema de recuperación de extracto de levadura por decantación, especificando las etapas, equipos, y parámetros de operación.
- Evaluar la eficiencia del sistema de recuperación de extracto, determinando el porcentaje de extracto recuperado.
- Realizar un análisis de la viabilidad económica de la implementación del sistema de recuperación de extracto, considerando los costos de inversión, operación y los beneficios económicos esperados.

Justificación e Importancia del Tema Propuesto

La industria cervecera enfrenta el desafío constante de optimizar sus procesos productivos para minimizar pérdidas y maximizar la eficiencia. En este contexto, la recuperación de extracto de levadura a descarte se presenta como una estrategia clave con un impacto significativo en la rentabilidad y la sostenibilidad de la Cervecería Boliviana Nacional Planta Tarija.

Justificación:

La etapa de fermentación genera la mayor pérdida de extracto en la producción de cerveza. La recuperación del extracto retenido en la levadura descartada permite disminuir considerablemente estas pérdidas, que actualmente representan un alto costo para la empresa.

Implementar un sistema de recuperación de extracto de levadura optimiza el aprovechamiento de los recursos, contribuyendo una producción más eficiente y rentable.

La recuperación del extracto se traduce en un ahorro económico significativo al disminuir la cantidad de materia prima requerida y reducir los costos asociados al tratamiento de residuos.

Al reutilizar el extracto de levadura, se disminuye la cantidad de residuos generados, lo que se alinea con las prácticas de producción más limpias y responsables con el medio ambiente, que esta alineado con los compromisos medioambientales de CBN.

Importancia:

Este proyecto introduce una práctica innovadora en Planta Tarija, con potencial para ser replicada en otras cervecerías del país, particularmente en cervecerías de la compañía.

La optimización de los procesos productivos y la reducción de costos permiten a la cervecería ser más competitiva en el mercado.

La recuperación de extracto de levadura demuestra el compromiso de la empresa con la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en el uso de los recursos.

CAPÍTULO I
DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

1.1 Descripción De La Planta

1.1.1 Materias Primas

En la elaboración de la cerveza se utilizan las siguientes materias primas: agua, malta de cebada, adjuntos (dependiendo del tipo de cerveza), lúpulo y levadura.

1.1.1.1 Agua

El agua es uno de los ingredientes fundamentales ya que constituye la mayor porción de materia prima utilizada en la elaboración de cerveza, debido a que supone aproximadamente el 90 % de su peso y su calidad marcará la calidad del producto final (Kunze, 2009)

La obtención y tratamiento del agua es de particular importancia para la industria cervecera. El agua utilizada para la elaboración tiene que ser pura, potable, libre de sabores y olores, sin exceso de sales y exenta de materia orgánica. (Bermeo Garay, 2014, pág. 4)

Las sales es el componente que más influye en el sabor de la cerveza. Pero, además, estas también influyen indirectamente sobre las reacciones enzimáticas y coloidales que se producen durante el proceso de elaboración. Es un ejemplo el calcio, el cual precipita los fosfatos del mosto, reduce su pH e incrementa el nitrógeno asimilable por la levadura (Kunze, 2009)

Actualmente, cada fábrica puede disponer de agua de la calidad que exigen sus cervezas recurriendo a su desmineralización total o parcial, osmosis inversa, electrodiálisis, etc. seguida de ozonización, filtración o carbón activo, métodos que garanticen que se elimina todo olor y sabor indeseable. Todo esto se puede realizar teniendo en cuenta que se tiene una planta de tratamiento de aguas en la industria, cuyas industrias grandes nunca les falta. (Sitjas, 1997)

1.1.1.2 Cebada

Es la materia principal para la elaboración de la cerveza, esto se debe a que el grano de la cebada es el más rico en almidón y posee las proteínas suficientes para posibilitar que las levaduras crezcan y se desarrollen (Bermeo Garay, 2014, pág. 9)

En cuanto a las variedades de cebada, no todas son óptimas para la elaboración de cerveza. Las más adecuadas a los procesos de malteado y fabricación de la cerveza son las cebadas de primavera (sembradas de marzo a abril) de dos carreras, dado que hace más de 100 años se ha trabajado sobre éstas con la finalidad de mejorar su calidad. (Kunze, 2009). A este tipo de cebada se la llama de dos carreras porque de las tres espiguillas (flores) insertadas en la espiga (inflorescencia) solamente es fértil la espiguilla central y las laterales son estériles. La fértil dará lugar a una espiga de dos hileras de granos de cebada (Hornsey, 2002). Entre las características tan buenas de la cebada de primavera de dos carreras se encuentran características físicas: grano de cebado grueso, uniforme, con forma redondeada, color amarillo claro y cascarilla fina. Y en cuanto a las características bioquímicas es importante que el grano absorba bien el agua y que germine rápida y uniformemente produciendo la mayor cantidad de malta de cebada durante su malteado. (Hornsey I. , 2002, pág. 229)

En el proceso de malteado se estimula que el grano de cebada se someta a germinación controlada (Briggs, 1987). Esto se inicia humedeciendo los granos, conocido como remojo. En la siguiente fase de germinación, los sistemas enzimáticos se activan como el grano de cebada comienza a movilizar reservas de almidón para proporcionar carbono y energía para el desarrollo del embrión. En un momento apropiado se inicia el proceso de germinación el mismo es detenido por aplicación de calor, denominado horneado. Esto estabiliza el grano de tal manera que en la malta las enzimas relevantes y los materiales de reserva están disponibles para su posterior extracción y degradación adicional para liberar azúcares fermentables durante la producción de mosto. (Quain & Boulton, 2013)

1.1.1.3 Adjuntos

Los adjuntos son todo aquel cereal añadido a la cerveza que no es cebada y cuya función principal es abaratar el coste de elaboración de la cerveza sustituyéndose del 15- 20% de la malta que es mucho más cara. En otros casos su función también es tecnológica buscándose con este la obtención de cervezas con unas características organolépticas determinadas. (Kunze, 2009)

Entre los cereales más habituales en cervecería encontramos el trigo, el arroz, la avena el centeno, el sorgo y el maíz.

1.1.1.4 Lúpulo

Confiere el sabor típico a la cerveza debido a su contenido en aceites esenciales y resinas amargas. Además, contiene taninos y compuestos fenólicos los cuales ayudan en el proceso de clarificación de la cerveza (Rodríguez, 2003, pág. 66). Las flores de la planta del lúpulo contienen en su interior unas glándulas de color amarillo. Estas glándulas están llenas de una resina llamada lupulina, que es el principio activo que los cerveceros buscan en el lúpulo (Guzmán-Ortiz, 2019). La forma más habitual y extendida de presentación del lúpulo una vez ya está seco y tratado, es decir preparado para utilizar por el cervecero son los pellets comprimidos de lúpulo que son gránulos comprimidos originados a partir de polvos provenientes de la molienda de lúpulo seco y puro. (Hornsey I. , 2002).

1.1.1.5 Levadura

La levadura es un componente muy importante en el proceso cervecero porque es la responsable de convertir los azúcares en alcohol y además también influye en el perfil sensorial de la cerveza y la estabilidad de esta. (Solorzano & Suarez, 2014).

Las levaduras más utilizadas en la industria cervecera pertenecen al género *Saccharomyces*, del que se conocen más de 30 especies como por ejemplo la *S.carlbergensis* y *S.cerevisiae*. Sus necesidades para el correcto desarrollo es una fuente carbonada de energía (azúcares fermentables), una fuente de nitrógeno asimilable,

factores de crecimiento (vitaminas), iones inorgánicos, oxígeno y agua. (Hornsey I. , 2002, pág. 229)

La forma típica de reproducción de las levaduras es la gemación. En este tipo de reproducción la célula madre forma una protuberancia con citoplasma y un núcleo. Esta dará lugar a la célula hija completa. Cuando las levaduras se transfieren a una solución nutritiva como es el mosto de cerveza, estas comienzan a crecer y a multiplicarse diferenciándose seis fases (fase de latencia, de aceleración, exponencial, de deceleración, estacionaria y declinante) (Solorzano & Suarez, 2014, pág. 27).

1.1.2 Localización de la Planta

La Cervecería Boliviana Nacional S.A. Planta Tarija está ubicada en el sur del departamento de Tarija, en la zona Industrial sobre la Avenida Héroes del Chaco Nro. 2775. Telf.: (591-4) 6643203. 6

Figura I-2

Ubicación CBN S.A. Planta Tarija



Fuente: Google Maps, 2024

1.1.3 Distribución de la planta

La CBN S.A. Planta Tarija está formada por 14 áreas, la cuales son descritas a continuación:

Figura I-3

Distribución de la planta



Fuente: Elaboración Propia

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Silos | 9. Calidad |
| 2. Cocimiento | 10. Almacén de Insumos |
| 3. Fermentación | 11. Playa de vacíos |
| 4. Filtración | 12. Planta de Tratamiento de Efluentes |
| 5. Envasado | 13. Administración |
| 6. Almacén de producto terminado | 14. Comedor |
| 7. Servicios | |
| 8. Ingeniería y mantenimiento | |

1.1.3.1 Silos:

El área de Silos cumple una función esencial en el almacenamiento y manejo eficiente de materias primas, especialmente en el manejo de malta crucial para la elaboración de cerveza. Estas estructuras especializadas se encargan de almacenar grandes cantidades de insumos de manera segura, facilitando la gestión logística y optimizando los procesos de producción.

1.1.3.2 Cocimiento:

El área de cocimiento representa el núcleo donde los ingredientes cuidadosamente seleccionados se transforman en el mosto, iniciando la magia de la elaboración de la cerveza. Este espacio es crucial para definir el perfil de sabor, aroma y color.

1.1.3.2.1 Principales Objetivos del Área de Cocimiento:

Extracción de Azúcares y Compuestos Aromáticos: Durante el cocimiento, el objetivo principal es extraer los azúcares fermentables de los granos malteados. Además, buscamos resaltar y preservar los compuestos aromáticos que contribuirán la complejidad sensorial de la cerveza final.

Inactivación de Enzimas: El proceso de cocimiento implica la inactivación de enzimas presentes en los granos malteados, deteniendo la conversión de almidones en azúcares y asegurar un control preciso del contenido de azúcar en el mosto.

Isomerización de Lúpulos: Busca optimizar la isomerización de los ácidos alfa de los lúpulos, garantizando la liberación de compuestos amargos y aromáticos que contribuirán al equilibrio y carácter de la cerveza.

Ebullición Controlada: La ebullición cuidadosamente controlada es esencial para eliminar compuestos indeseados, como DMS (dimetilsulfuro), y lograr una sanitización efectiva del mosto.

Ajuste del Perfil de Color: A través del control del tiempo y la intensidad de la ebullición, buscamos ajustar el perfil de color de la cerveza, desde tonos dorados hasta oscuros, según el estilo deseado.

Clarificación del Mosto: Durante la ebullición, se facilita la coagulación de proteínas indeseadas, contribuyendo a la clarificación del mosto y mejorando la estabilidad de la cerveza.

Mejora de Características Sensoriales: El cocimiento también desempeña un papel clave en el desarrollo de las características sensoriales, aportando complejidad y profundidad a los perfiles de sabor y aroma.

1.1.3.3 Fermentación:

Después de la cocción, la clarificación y la refrigeración del mosto, este está listo para el proceso más importante de la elaboración de la cerveza: la fermentación

La fermentación emerge como un proceso fundamental en el cual las levaduras desempeñan un papel esencial. Durante este proceso, las levaduras transforman los azúcares presentes en el mosto de malta en alcohol y dióxido de carbono. Este paso crítico no solo contribuye al contenido alcohólico de la cerveza, sino que también influye significativamente en sus características organolépticas, incluyendo sabor y aroma.

1.1.3.3.1 Objetivo de la Fermentación:

El propósito fundamental de la fermentación es lograr una conversión eficaz de los azúcares en alcohol, asegurando al mismo tiempo la consistencia y calidad del producto final. Este proceso permite a los cerveceros influir en la formación de perfiles sensoriales distintivos, ajustando las características de sabor y aroma según las preferencias deseadas.

La fermentación tiene varias fases que se describen como:

Fermentación Principal: La fermentación primaria es la etapa inicial y más activa, en la que las levaduras consumen rápidamente los azúcares fermentables,

produciendo alcohol, dióxido de carbono y compuestos secundarios que afectan el sabor. Esta fase se lleva a cabo generalmente a temperaturas controladas, dependiendo del tipo de cerveza. Para cervezas tipo lager, se fermenta a temperaturas más bajas (8-12 °C), mientras que, para las ales, se realiza a temperaturas más altas (15-24 °C). Durante esta fase, la cerveza adquiere la mayor parte de su perfil alcohólico y sus compuestos de sabor.

Guarda Caliente: Tras la fermentación principal, la cerveza se somete a una fase de guarda caliente o maduración en caliente. En esta etapa, la temperatura se eleva ligeramente para permitir que las levaduras eliminen subproductos indeseados, como el diacetilo, que puede aportar sabores no deseados a la cerveza. Este proceso mejora la calidad organoléptica, dando lugar a una cerveza más limpia y refinada. La guarda caliente se suele realizar entre 15-18 °C, y su duración depende del tipo de cerveza, pero puede durar de varios días a una semana.

Guarda Fría: La guarda fría, también conocida como "lagering", es una fase crítica para las cervezas lager, en la que la cerveza se enfría a temperaturas cercanas al punto de congelación (0-4 °C) durante varias semanas o meses. En esta etapa, la cerveza se clarifica de forma natural y se redondean los sabores. La baja temperatura permite que las partículas en suspensión se asienten y que la levadura residual se retire del líquido, produciendo una cerveza más clara y estable. Además, los sabores se suavizan, y la cerveza adquiere un carácter más limpio y equilibrado.

Estas tres fases fermentación principal, guarda caliente y guarda fría es esencial para producir una cerveza de alta calidad, con un perfil sensorial equilibrado y una apariencia limpia. Cada una de ellas cumple un rol específico en la transformación y maduración de la cerveza, contribuyendo al resultado final deseado.

1.1.3.4 Filtración

El área de filtración desempeña un papel crucial, centrándose en la eliminación de partículas indeseadas y la clarificación del líquido. Este proceso, que ocurre después

de la fermentación y antes del embotellado, tiene como objetivo asegurar que la cerveza alcance estándares de calidad y apariencia óptimos.

Durante la filtración, se utiliza filtro de tierras diatomáceas o tecnologías de filtración tangencial, para separar sedimentos, levaduras residuales y otras impurezas, resultando en una cerveza más clara y estable.

1.1.3.4.1 *Objetivos del Área de Filtración:*

Clarificación del Producto: El objetivo principal es garantizar que la cerveza alcance un nivel óptimo de claridad, eliminando partículas suspendidas que podrían afectar la apariencia y calidad final.

Estabilización: La filtración contribuye a la estabilización de la cerveza, evitando la formación de sedimentos no deseados durante el almacenamiento y transporte, mejorando así la vida útil del producto.

Consistencia en el Sabor y Aroma: Al eliminar impurezas, la filtración ayuda a mantener la consistencia en el sabor y aroma de la cerveza, asegurando que cada lote cumpla con los estándares de la marca.

Eficiencia del Proceso: Busca optimizar la eficiencia del proceso de filtración, minimizando pérdidas de producto y maximizando la productividad del equipo utilizado.

1.1.3.5 Envasado:

El área de envasado desempeña un papel esencial, coordinando una serie de procesos para preparar y distribuir eficientemente el producto final. Desde la selección y preparación de envases hasta el etiquetado y empaquetado, esta sección se enfoca en asegurar que la cerveza llegue al consumidor en óptimas condiciones.

Durante esta fase, se lleva a cabo el llenado preciso de botellas, garantizando condiciones de pureza y evitando la exposición al oxígeno para preservar la frescura y calidad del producto. Rigurosos controles se implementan para prevenir la contaminación y asegurar la integridad de cada unidad envasada.

1.1.3.5.1 *Objetivos del Área de Envasado:*

Preservación de la Calidad: Garantizar que la cerveza conserve sus características organolépticas durante el envasado, minimizando la exposición al oxígeno y evitando cualquier forma de contaminación.

Eficiencia Operativa: Optimizar los procesos de envasado para lograr una producción eficiente, reduciendo tiempos de inactividad y pérdidas de producto, contribuyendo así a la rentabilidad y competitividad de la empresa.

Cumplimiento Normativo: Asegurar que el envasado cumpla con las normativas y regulaciones pertinentes en términos de seguridad alimentaria, etiquetado y empaquetado, cumpliendo con estándares legales y proporcionando información precisa al consumidor.

1.1.3.6 Almacén de Producto Terminado:

Espacio de almacenamiento para los productos finales listos para ser enviados al mercado.

1.1.3.7 Servicios:

El área de servicios se enfoca en gestionar eficientemente la provisión de servicios esenciales como aire comprimido, CO_2 , vapor, energía eléctrica y otros elementos cruciales para el funcionamiento de la planta. Este sector juega un papel fundamental en garantizar que los recursos necesarios estén disponibles en cantidad y calidad adecuadas para mantener los procesos productivos.

Desde la generación y distribución de energía hasta la gestión de sistemas de aire y vapor, este equipo se encarga de optimizar la eficiencia y confiabilidad de la infraestructura para respaldar las operaciones de la industria cervecera.

1.1.3.7.1 *Objetivos del Área de Servicios:*

Suministro Continuo: Se asegura de mantener la disponibilidad continua de servicios esenciales como aire comprimido, vapor, CO_2 y energía eléctrica, minimizando interrupciones en la producción.

Eficiencia Energética: Implementa medidas para optimizar el consumo de energía, reduciendo costos y mejorando la sostenibilidad ambiental de la planta cervecera.

Mantenimiento Preventivo: Realiza mantenimiento preventivo en sistemas de generación y distribución, minimizando posibles fallas y prolongando la vida útil de equipos clave.

Gestión de Riesgos: Evalúa y mitiga riesgos asociados con la infraestructura industrial, asegurando la seguridad de los trabajadores y la integridad de los procesos.

Innovación Tecnológica: Explora y adopta nuevas tecnologías y prácticas que mejoren la eficiencia y confiabilidad de los servicios industriales, manteniendo la industria cervecera a la vanguardia en su infraestructura.

1.1.3.8 Ingeniería y Mantenimiento:

El área de Mantenimiento e Ingeniería en la industria cervecera desempeña un papel esencial en la gestión integral de los equipos y sistemas. Este departamento, encargado de la planificación y ejecución de actividades de mantenimiento, así como de implementar mejoras tecnológicas e ingenieriles, contribuye al desarrollo continuo de la infraestructura de la planta cervecera.

Desde la gestión de activos hasta la resolución de problemas técnicos, el equipo de Mantenimiento e Ingeniería trabaja para optimizar la productividad, calidad y seguridad en la producción cervecera.

1.1.3.8.1 Objetivos del Área de Mantenimiento e Ingeniería:

Mantenimiento Preventivo: Implementa programas de mantenimiento preventivo para garantizar la confiabilidad y durabilidad de los equipos, reduciendo tiempos de inactividad no planificados.

Eficiencia Operativa: Optimiza los procesos de producción a través de mejoras y ajustes ingenieriles que aumenten la eficiencia, reduzcan costos y mejoren la competitividad de la planta cervecera.

Gestión de Activos: Supervisa y gestiona el ciclo de vida de los activos industriales, asegurando su rendimiento óptimo y evaluando oportunidades para actualizaciones o reemplazos.

Resolución de Problemas Técnicos: Aborda y resuelve eficientemente problemas técnicos en los equipos, colaborando estrechamente con otros departamentos para mantener la continuidad operativa.

Implementación de Tecnologías: Evalúa e implementa nuevas tecnologías que mejoren la eficiencia y sostenibilidad, manteniendo a la industria cervecera alineada con las tendencias y avances en el ámbito industrial.

1.1.3.9 Calidad:

El área de Calidad garantiza que cada lote de cerveza cumpla con estándares excepcionales en términos de sabor, aroma, apariencia y seguridad alimentaria. Este departamento se dedica a establecer y mantener controles de calidad rigurosos en todas las fases del proceso de producción, desde la elección de ingredientes hasta el envasado final.

Los profesionales del área de Calidad trabajan de manera colaborativa con otros departamentos para asegurar la uniformidad y conformidad con las normativas internas y externas, asegurando la entrega constante de productos cerveceros de alta calidad al mercado.

1.1.3.9.1 Objetivos del Área de Calidad:

Control de Procesos: Implementar y mantener controles detallados en cada etapa del proceso cervecero para asegurar la coherencia y uniformidad en la calidad del producto.

Análisis Sensorial: Realizar evaluaciones sensoriales para garantizar que la cerveza cumpla con los perfiles de sabor, aroma y apariencia deseados, ajustando procesos según los resultados obtenidos.

Cumplimiento Normativo: Garantizar que la producción cumpla con los estándares de calidad establecidos por regulaciones locales e internacionales, asegurando la seguridad del producto y la satisfacción del cliente.

Gestión de Laboratorio: Operar y mantener laboratorios de calidad equipados con tecnología avanzada para realizar análisis químicos, físicos y microbiológicos que respalden la calidad y seguridad de la cerveza.

Capacitación del Personal: Proporcionar formación continua al personal de producción en prácticas y estándares de calidad, fomentando la conciencia y responsabilidad en la entrega de productos de alta calidad.

Investigación y Desarrollo: Colaborar en proyectos de investigación y desarrollo para identificar oportunidades de mejora en procesos y fórmulas, buscando constantemente elevar la calidad de los productos cerveceros.

Gestión de Incidentes de calidad: Implementar protocolos de respuesta rápida ante cualquier desviación en la calidad, investigando y corrigiendo problemas para prevenir recurrencias y mantener la integridad de la marca cervecera.

1.1.3.10 Almacén de Insumos:

El área de Almacén de Insumos es el encargado de recibir, almacenar y distribuir los insumos, se asegura de mantener un suministro oportuno y adecuado para los diversos procesos de fabricación.

El equipo de almacén trabaja en estrecha colaboración con los departamentos de producción y compras para gestionar los niveles de inventario, garantizando la disponibilidad constante de los insumos necesarios para la elaboración de la cerveza.

1.1.3.10.1 Objetivos del Área de Almacén de Insumos:

Gestión de Inventarios: Mantiene un control preciso de los niveles de inventario para asegurar la disponibilidad adecuada de insumos y evitar interrupciones en la producción.

Recepción y Almacenamiento: Realiza recepciones eficientes y organiza el almacenamiento de insumos de manera que se minimice el riesgo de deterioro y se facilite la identificación y acceso rápido.

Optimización de Espacio: Utiliza el espacio de almacenamiento de manera eficiente, implementando sistemas de organización que maximizan la capacidad y mejoran la accesibilidad a los insumos.

Coordinación con Compras: Colabora estrechamente con el departamento de compras para anticipar necesidades y garantizar que las adquisiciones se alineen con los requerimientos de producción.

Control de Calidad: Se implementan controles de calidad en la recepción de insumos para asegurar que estos cumplan con los estándares establecidos antes de ser incorporados al inventario. Esto incluye inspecciones, pruebas y análisis para verificar que los materiales se encuentren dentro de los parámetros requeridos, evitando así el ingreso de insumos defectuosos que puedan afectar el proceso productivo y la calidad final del producto.

Eficiencia Operativa: Optimiza los procesos internos, desde la recepción hasta la distribución interna, para reducir tiempos y costos asociados con la gestión de insumos.

Seguridad y Cumplimiento Normativo: Garantiza que los procedimientos y prácticas de almacenamiento cumplan con normativas de seguridad y regulaciones establecidas para la manipulación de insumos.

1.1.3.11 Playa de Vacíos:

Área donde encargada de la recepción envases y cajas antes de ingresar a envasado.

El área de Playa de Vacío está enfocada en la manipulación y acondicionamiento de los envases antes de su llenado con cerveza. Esta sección específica engloba el transporte, alineación y preparación meticulosa de los envases antes de pasar al área de envasado bajo condiciones de vacío.

1.1.3.12 Planta de Tratamiento de Efluentes:

El área de Tratamiento de Efluentes es la responsable de los residuos líquidos generados durante el proceso de producción. Este departamento se encarga de aplicar tecnologías y procesos especializados para tratar y depurar los efluentes, asegurando que el agua liberada cumpla con los estándares ambientales y contribuya la sostenibilidad ambiental de la empresa.

El equipo de tratamiento de efluentes colabora estrechamente con otras áreas para implementar prácticas que minimicen el impacto ambiental y cumpla con las regulaciones locales e internacionales.

1.1.3.12.1 Objetivos del Área de Tratamiento:

Cumplimiento Ambiental: Se asegura de que los efluentes cumplan con los estándares ambientales establecidos por regulaciones locales e internacionales, minimizando el impacto en cuerpos de agua y ecosistemas circundantes.

Eficiencia en el Tratamiento: Aplica tecnologías avanzadas para lograr un tratamiento eficiente de los efluentes, reduciendo la carga contaminante y asegurando la calidad del agua antes de su descarga.

Reciclaje y Reutilización: Explora oportunidades para reciclar y reutilizar el agua tratada en procesos internos, contribuyendo a la conservación de recursos hídricos y reduciendo la demanda de agua fresca.

Reducción de Residuos: Implementa estrategias para minimizar la generación de residuos líquidos, promoviendo prácticas de producción más limpias y sostenibles en toda la cadena de producción cervecera.

Monitorización y Control: Establece sistemas de monitoreo continuo para evaluar la calidad de los efluentes, permitiendo ajustes inmediatos en los procesos de tratamiento según sea necesario para mantener estándares de calidad.

Colaboración Interdepartamental: Trabaja en estrecha colaboración con otros departamentos, especialmente producción y mantenimiento, para identificar áreas de

mejora e implementar prácticas que reduzcan la generación de efluentes y optimicen el tratamiento.

1.1.3.13 Administración:

El área de Administración es el eje de coordinación y supervisión de las operaciones empresariales. Este departamento abarca funciones clave, desde la gestión financiera y recursos humanos hasta la planificación estratégica y la conformidad con regulaciones, proporcionando el marco organizativo esencial para la eficiencia y el crecimiento sostenible de la empresa cervecera.

El equipo de administración opera como un elemento conectivo entre diversas áreas, asegurando una operación fluida y alineada con los objetivos empresariales y de calidad.

1.1.3.13.1 Objetivos del Área de Administración:

Gestión Financiera: Mantiene una salud financiera sólida, garantizando la asignación eficiente de recursos para respaldar operaciones y proyectos estratégicos.

Recursos Humanos: Administra eficazmente el talento humano, desde la contratación hasta el desarrollo profesional, cultivando un ambiente laboral productivo y motivador.

Planificación Estratégica: Desarrolla y ejecuta planes estratégicos que impulsen el crecimiento sostenible de la empresa, respondiendo a las dinámicas del mercado cervecero.

Conformidad y Regulaciones: Asegura que todas las operaciones se ajusten a las normativas legales y regulatorias pertinentes, manteniendo la integridad y reputación de la empresa.

Gestión de Procesos: Optimiza procesos administrativos para mejorar la eficiencia operativa y garantizar la coordinación efectiva entre distintas áreas de la empresa cervecera.

Gestión de Tecnología: Integra y mantiene sistemas tecnológicos que mejoran la eficiencia y transparencia en la gestión administrativa, incluyendo sistemas de información y herramientas de análisis.

Comunicación Organizacional: Facilita la comunicación efectiva entre departamentos y niveles jerárquicos, fomentando la colaboración y la alineación con la visión y valores de la empresa.

Desarrollo Sostenible: Implementa prácticas que promueven la sostenibilidad en las operaciones y que reflejan el compromiso de la empresa con la responsabilidad social y ambiental.

El área de Administración, al consolidar estas metas, contribuye al éxito integral de la industria, asegurando una gestión eficaz y una posición competitiva en el mercado.

1.1.3.14 Comedor:

Área para que el personal pueda descansar y tomar sus comidas, promoviendo un ambiente saludable.

1.1.4 Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares con los que cuenta la planta son: agua, vapor, frío, energía eléctrica, aire comprimido y dióxido de carbono. Con excepción de la recuperación de CO₂ y el tratamiento del agua, los servicios representan una fuente de energía que se suministra según se requiere dentro del proceso de fabricación de cerveza y las operaciones de empaque.

1.1.4.1 Agua

Este tipo de industrias consumen grandes volúmenes de agua, fundamentalmente en las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones y las operaciones de envasado. También es importante el agua que se incorpora al producto.

La fuente de agua de la planta es de pozo subterráneo. Y se paga el consumo a la empresa tarijeña COSAALT.

El agua de servicio se usa principalmente para enfriar el mosto, el amoníaco, las camisas de compresores, el pasteurizador, para soluciones de limpieza como soda cáustica diluido en lavadoras y cisternas, además de realizar limpiezas en un lugar (CIP), limpieza general y lavado; y en líneas de agua para protección contra incendios.

1.1.4.2 Vapor

La caldera es el corazón de la planta generadora de vapor. En la planta es generado por dos calderos humo tubulares. El vapor se genera entre 3.8 a 4 bar y 140°C. El gas natural es el combustible que se suministra a los calderos para la producción de vapor. El gas es proporcionado por EMTAGAS.

Los procesos que requieren vapor son: cocimiento, pasteurización, lavado de cajas, para calentar la solución de hidróxido de sodio en el lavado de botellas y así mismo en lugares donde se necesita realizar un CIP caliente. Las aguas provenientes del condensado de cada una de estas operaciones son recuperadas hacia el tanque de alimentación del caldero.

1.1.4.3 Frío

En la cervecería se usa refrigeración para enfriar la cerveza, agua refrigerada para enfriar el mosto, propilen glicol para atemperación, para licuefacción de dióxido de carbono y para mantenimiento de bajas temperaturas en las bodegas y salas de almacenamiento de lúpulo.

La refrigeración es un proceso que extrae el calor de un espacio o sustancia para introducir una reducción en temperatura, mediante la transferencia de aquel calor a otra sustancia.

El refrigerante utilizado es el amoníaco, el ciclo de refrigeración del amoníaco es similar en algunos casos al ciclo del vapor, ya que implica un cambio de estado, de líquido a vapor e inversa. El ciclo de refrigeración comprende temperaturas más bajas y consumo de energía mecánica en vez de energía térmica obtenida de la quema de combustibles, como en la generación de vapor.

Se usa el amoníaco para refrigerar el agua fría que se necesita para el enfriamiento del mosto en el intercambiador de calor que se encuentra antes de enviar a los TCC's y el propileno glicol para los tanques de fermentación.

1.1.4.4 Energía eléctrica

La energía eléctrica es proporcionada por SETAR, la cual es una energía trifásica de 380V, que pasa por un transformador para su respectivo uso.

Los consumos de energéticos relacionados con el proceso de elaboración de la cerveza, se producen en forma de calor, vapor, agua caliente y electricidad.

1.1.4.5 Aire comprimido

La planta cuenta con compresores de aire exento de aceite, a partir del cual se distribuye aire comprimido a la planta.

1.1.4.6 Recuperación de CO₂

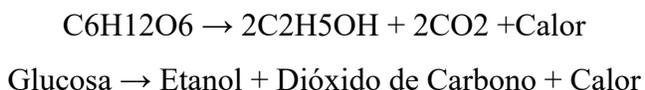
La CBN S.A. genera y recupera CO₂, a la planta se le proporciona 15000kg al año. En caso de no hacer una buena gestión de este recurso se debe comprar.

La recuperación de dióxido de carbono de la fermentación, purificación, compresión y licuefacción para su reutilización en la cervecería y dentro de envasado, es un servicio tan esencial como el vapor el agua o la refrigeración.

El CO₂ que se requiere para gasificación bajo la contrapresión en la llenadora, contrapresión para tanques de almacenamiento de cerveza, embotellamiento y neutralización de residuos cáusticos se obtiene de la fermentación.

El dióxido de carbono es un producto de la fermentación alcohólica. Dos moléculas, tanto de alcohol etílico como de dióxido de carbono, se producen por cada molécula de glucosa fermentada. La reacción química es exotérmica, siendo liberado el calor.

La ecuación simplificada del cambio que se produce durante la fermentación con la levadura es:



1.1.5 Manejo de materiales

Las materias primas, materiales auxiliares e insumos de packaging provienen de proveedores aprobados por la compañía, excepto para los granos de cebada y maíz que son analizados en cada entrega por el Establecimiento de Agroindustrias.

Se verifica que los transportes estén libres de condiciones que puedan contaminar el producto, como pájaros, roedores, insectos, derrames de combustibles, y suciedad en general.

Los materiales se encuentran almacenados en condiciones que evitan su deterioro, se encuentran protegidos contra la contaminación y contra los daños. Los envoltorios o cajas de los materiales e insumos se mantienen cerrados cuando no se estén utilizando para evitar su contaminación con otros materiales, y se segregan como insumo retenido (IR) aquellos materiales cuyos envoltorios se encuentren dañados hasta definición de disposición final.

- Cereales

Malta y adjuntos cumplen con los requerimientos definidos en las respectivas especificaciones y son inspeccionados visualmente antes de la descarga. La zona de descarga está cubierta, limpia, en buenas condiciones y libre de plagas. El tiempo promedio de residencia en el silo debe ser menor a 7 días.

- Lúpulo

Se almacena en lugar seco y refrigerado, sobre paletas, y sin tocar las paredes. La zona de almacenamiento de estos materiales está limpia, seca y en buenas condiciones, y se utilizan materiales de limpieza adecuados. En estos lugares se almacena sólo lúpulo.

- **Agentes Químicos**

Los agentes químicos se almacenan en lugares lejanos a la zona productiva. Aquellos agentes de limpieza incompatibles (ej.: ácidos y álcalis) se almacenan en áreas separadas.

Cualquier agente que sea almacenado en áreas de producción se coloca en recipientes que contengan el líquido en caso de derrame.

- **Empleo del agua**

En el Establecimiento se usa sólo agua potable durante la fabricación, envasado y la limpieza, enjuague y desinfección de los materiales, utensilios y envases en contacto con el alimento.

La única agua que es recirculada en el proceso es el utilizado en los equipos de enfriamiento y calentamiento, incluyendo el condensado de vapor. El vapor y fluido refrigerante usados no entran en contacto directo con el producto ni las personas.

Las aguas utilizadas durante el proceso productivo son degustadas e inspeccionadas visualmente en diferentes etapas del proceso. Los pozos utilizados como fuente de agua disponen de un plan de mantenimiento para asegurar su condición. Estos pozos deben contar con un perímetro de protección para prevenir posible contaminación de fuentes externas, tales como almacenamiento inadecuado y/o derrames de químicos y productos para el control de plagas.

- **Eliminación de efluentes**

Los efluentes líquidos generados en el proceso de elaboración de bebidas, elaboración de malta y envasado de bebidas (efluentes industriales) son tratados completamente a través de una Planta de Tratamiento de Efluentes (PTE).

Los efluentes líquidos resultantes de los servicios sanitarios (vestuarios y baños) y servicios complementarios (comedor) son canalizados a través de una red cloacal que termina en la red cloacal del Municipio.

Toda el agua de limpieza, desagüe de equipamientos y efluentes cloacales se canalizan a través de conductos de evacuación, construidos para soportar las cargas máximas que puedan generarse. En todos los casos se garantiza que los efluentes líquidos no contaminan la fuente de agua potable ni los productos elaborados.

En caso de derrames que puedan afectar el funcionamiento de la PTE se establecen las prácticas adecuadas en el documento “Incidente en Efluentes Crudo Industrial Líquidos” y en el “Manual de Manejo de Crisis.”

1.1.6 Operación y control

Para garantizar la calidad y consistencia del producto final se realiza controles exhaustivos. Desde la recepción de materias primas hasta el envasado y distribución, cada fase del proceso se ejecuta con precisión y se somete a rigurosos controles para mantener los más altos estándares.

1.1.6.1 Recepción de Materias Primas

Muestreo y Análisis: Se realizan muestreos representativos de cada lote de malta, lúpulo y levadura, seguidos de análisis sensoriales y fisicoquímicos para verificar la calidad y pureza. Así mismo se verifica que las condiciones de transporte, se realiza la comparativa del protocolo de calidad de cada uno de los insumos los mismos tienen que cumplir con los estándares de calidad establecidos por CBN.

1.1.6.2 Molienda y Maceración

Control de Granulometría: Los equipos de molienda se ajustan para mantener una granulometría específica, crucial para la extracción óptima de azúcares durante la maceración esto también para no tener una pérdida de extracto y para obtener un buen lecho filtrante.

1.1.6.3 Cocción y Adición de Lúpulo

Registro Detallado: Cada etapa de la cocción se registra minuciosamente, especificando tiempo, temperatura y adiciones de lúpulo, asegurando la reproducibilidad de perfiles de sabor.

1.1.6.4 Fermentación:

Monitoreo Continuo: Cada 12 horas se realiza un monitoreo del extracto, la temperatura y el pH durante la fermentación. Solo la temperatura es controlada automáticamente en tiempo real, ajustándose para optimizar las condiciones de la levadura. Este seguimiento asegura que el proceso de fermentación se mantenga dentro de los parámetros establecidos, contribuyendo a la calidad y consistencia del producto final.

1.1.6.5 Maduración y Filtración

Maduración: Durante el proceso de maduración, se realizan controles periódicos de temperatura, presión y pH para asegurar que el producto se desarrolle en condiciones óptimas. Estos controles permiten garantizar la estabilidad y calidad del producto antes de su filtración final.

Filtración por Tamaño: Se emplea un proceso de filtración específica diseñado para retener partículas no deseadas, y se mantiene un monitoreo constante para asegurar la eficiencia del proceso. Esta filtración garantiza que solo las partículas de tamaño adecuado atraviesen el filtro, contribuyendo a la consistencia y pureza del producto final.

1.1.6.6 Carbonatación y Envasado:

Control Preciso de CO₂: Equipos automáticos ajustan la carbonatación según especificaciones, con mediciones regulares para garantizar la consistencia.

Inspección Visual y Técnica: Se llevan a cabo inspecciones visuales manuales y mediante sistemas automatizados para detectar defectos en envases, asegurando la calidad del producto final.

1.1.6.7 Control de Calidad:

Paneles Sensoriales: Paneles de catadores entrenados realizan evaluaciones sensoriales sistemáticas, registrando cualquier variación en sabor, aroma y apariencia.

Laboratorio Analítico: Pruebas de laboratorio rutinarias miden parámetros clave como alcohol, extractos, pH, IBU (Unidades Internacionales de Amargor) y densidad final.

1.1.6.8 Gestión de Inventarios:

Sistemas Integrados: Se utiliza software de gestión de inventarios que se integra con procesos de producción y logística, proporcionando una visión en tiempo real de las existencias y necesidades.

1.1.6.9 Cumplimiento Normativo

Auditorías Regulatorias: Se lleva a cabo un programa regular de auditorías internas y externas para verificar el cumplimiento con normativas de seguridad alimentaria, etiquetado y producción.

1.1.6.10 Sostenibilidad:

Gestión de Residuos: Se implementan programas de reciclaje y gestión de residuos para reducir el impacto ambiental y cumplir con estándares de sostenibilidad.

Estas operaciones y controles detallados en la industria cervecera no solo garantizan la calidad y consistencia del producto, sino que también permiten la adaptabilidad a estándares cambiantes y la continua mejora de procesos.

1.1.7 Eliminación de efluentes

Los efluentes líquidos generados en el proceso de elaboración de bebidas, elaboración de malta y envasado de bebidas (efluentes industriales) son tratados completamente a través de una Planta de Tratamiento de Efluentes (PTE).

Los efluentes líquidos resultantes de los servicios sanitarios (vestuarios y baños) y servicios complementarios (comedor) son canalizados a través de una red cloacal que termina en la red cloacal del Municipio. Toda el agua de limpieza, desagüe de equipamientos y efluentes cloacales se canalizan a través de conductos de evacuación, contruidos para soportar las cargas máximas que puedan generarse. En

todos los casos se garantiza que los efluentes líquidos no contaminan la fuente de agua potable ni los productos elaborados.

En caso de derrames que puedan afectar el funcionamiento de la PTE se establecen las prácticas adecuadas en el documento “Incidente en Efluentes Crudo Industrial Líquidos” y en el “Manual de Manejo de Crisis.”

CAPÍTULO II
CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL
PROBLEMA

2.1 Concepto de merma

La merma es referida a la pérdida de características físicas o químicas de los productos o de los factores utilizados en su fabricación, manifestada como una disminución en el extracto o volumen durante todo el proceso de producción. Esta pérdida puede ser el resultado de diversos factores, como evaporación, descomposición o descarte de materiales no utilizables. Es fundamental gestionar de manera efectiva la merma para garantizar la eficiencia y rentabilidad de la producción.

Figura II-4

Balance de Materia



Fuente: Elaboración Propia

2.2 Merma de extracto

En la industria cervecera, la merma se refiere a la pérdida o reducción de mercancías o actualización de stock, lo que genera una diferencia entre el inventario registrado y la cantidad real de productos en nuestra fábrica. Esta diferencia resulta en una pérdida monetaria que buscamos minimizar y controlar en la medida de lo posible.

El extracto, que comprende los componentes de los cereales que se disuelven mediante enzimas, es un factor crítico de calidad en cada etapa de nuestro proceso cervecero. La merma de extracto ocurre durante la elaboración y envasado de la cerveza, lo que impacta en la cantidad de sustancias solubles de los cereales presentes en el producto final que ofrecemos a nuestros clientes.

Durante nuestro proceso cervecero, utilizamos adjuntos cerveceros como la sémola de maíz como alternativas a la malta. La merma de extracto se define como la diferencia entre el extracto que agregamos durante la producción y el extracto que

realmente se encuentra en el producto final. En otras palabras, el extracto que incorporamos durante la elaboración se convierte en el extracto de la cerveza, y cualquier discrepancia entre estas cantidades representa nuestra merma de extracto, un aspecto que estamos constantemente vigilando y tratando de minimizar para garantizar la calidad y eficiencia de nuestro proceso de producción

La merma puede estar expresada como kg de extracto o como porcentaje (% extracto)

Se calcula de la siguiente forma:

Figura II-5

Cálculo de Merma

$$Merma = \frac{\overset{\textcircled{1}}{Stock\ Inicial} + \overset{\textcircled{2}}{Ingreso} - \overset{\textcircled{1}}{Stock\ Final} - \overset{\textcircled{3}}{Salida} - \overset{\textcircled{4}}{Salida\ Otros}}{Stock\ Inicial + Ingreso - Stock\ Final - Salida\ Otros}$$

1 Stock Inicial + Final

- Silos (Cantidad * Rend)
- TCC's + TPs (Vol * Extracto)

2 Ingreso

- Materia Prima (Cantidad * Rend)
- Cerveza en Cisternas (Vol x Extracto)

3 Salida

4 Salida a Otros

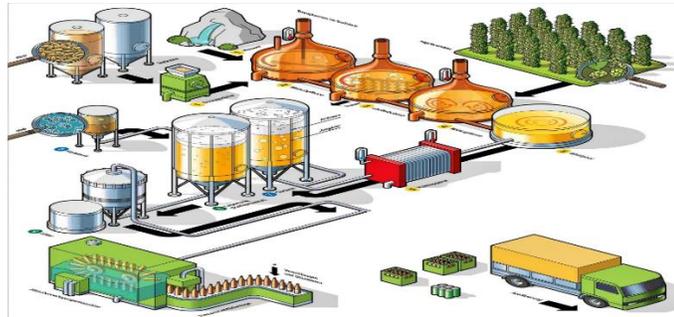
- Materia Prima Enviada a otras Plantas
- Material Prima usada en "Pruebas"
- Polvo Vendido Kg

Fuente: CBN S.A. Planta Tarija

2.3 Identificación del problema

Para encontrar los lugares específicos donde se generan las pérdidas de extracto, es necesario tener conocimiento de todas las operaciones que se realizan en la elaboración de la cerveza. La figura II-6 describe dicho proceso desde la recepción de materia prima hasta el envasado del producto.

Figura II-6
Diagrama de elaboración del sistema de elaboración de Cerveza

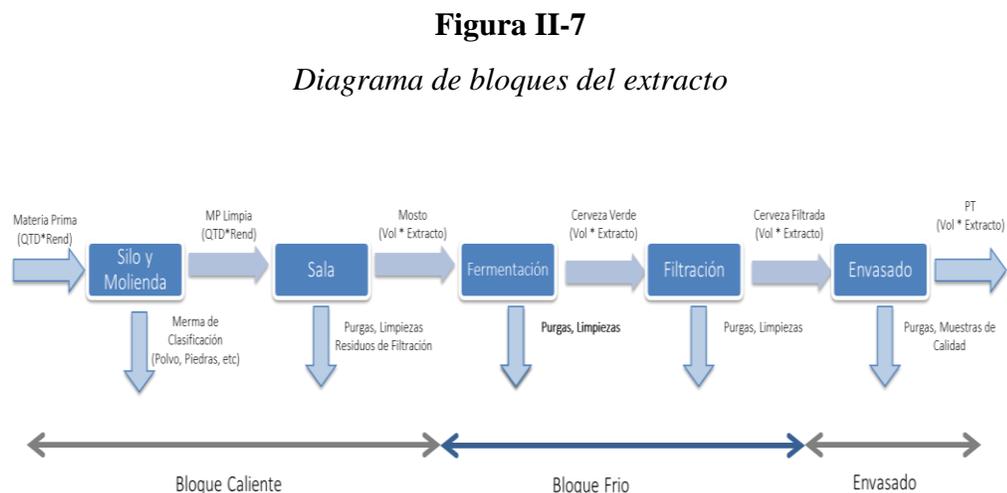


Fuente: *Technology Brewing and Malting.*

Para el proceso cervecero están predefinidos los siguientes sectores de medición:

- Bloque Caliente
- Bloque Frío
- Packaging

Para mejor comprensión con ayuda de la figura II-7 se describe el diagrama de bloques del extracto en todo el proceso. En éste se describe los diferentes bloques y los procesos respectivos que corresponden a cada sector.



Fuente: *CBN S.A. Planta Tarija*

El KPI de extracto se mide sólo en el proceso de elaboración de cerveza, que consiste, desde el bloque caliente hasta el packaging.

Más adelante se describe detalladamente los puntos donde se producen las pérdidas de extracto. Para una mejor identificación de cada punto de merma se realizó lo siguiente:

- Se elaboró los diagramas de flujo de cada sector. Ver Anexo A

2.3.1 Bloque caliente

La merma de Bloque caliente abarca desde la recepción de la materia prima hasta el envío del mosto a fermentación y se refiere los kg de extracto que ingresaron en la materia prima (rendimiento de malta y sémola) y que no se encuentran en el mosto frío.

2.3.1.1 Silos

Existe merma en la descarga de la materia prima (malta) y adjunto las mismas pueden ser por:

- Diferencia entre el peso declarado de envío contra el recibido la misma no puede ser mayor a 0.5%.
- Control de silos, los mismos no deben recargarse. Se pierde control del stock (Control de Quiebres)
- Condiciones de la materia prima. Insectos, humedad, alta proporción de polvo (todo esto contribuye a la merma)
- Falta de mantenimiento de transportes.
- Control en los rechazos de limpiadora y de despedradora
- Control en la calibración de balanzas
- Chequeo de diferencia de presión de los filtros de mangas.
- Molino de Rodillos: correcta apertura y alineación de rodillos.
Mantenimiento anual
- Polvo en el ambiente (canales de aspiración)

2.3.1.2 Sala de cocimiento

En la sala de cocimiento existen varios puntos donde existe merma la misma puede ser por:

- Formación de grumos
- Mala Relación agua/Materia prima
- Subidas de Rampas de calentamiento 1 °C/min
- Mala sacarificación. Cualitativo y cuantitativo
- Incorrecta dosificación de aditivos (control de pH y temperatura)
- Baja extracción de Primer Mosto: verificar contra cálculo de cocimiento
- Extracto alto de Últimas águas.
- Mala separación y recuperación de trub

2.3.2 Bloque frío

En el bloque frío se realiza un balance de masas, en función del % extracto contenido en los hectolitros de mosto frío o cerveza según sea el caso. Comprende los procesos de fermentación, maduración y filtración.

2.3.2.1 Fermentación

En el proceso de fermentación existen varios puntos donde de merma la misma puede ser por:

- Mal control de volúmenes de los tanques cilindros cónicos
- Exceso de reproducción celular
- Espumado de tanques
- Inexistencia de un control diaria de pérdidas
- Mala floculación de levadura antes de la cosecha de esta
- Mal procedimiento de purgas de turbios (retirar la menor cantidad posible de cerveza junto con las purgas).

- Residuos de cerveza por la falta de verificación al momento de vaciar tanques
- Mala Interfaces agua producto al momento de hacer los cortes de línea.

2.3.2.2 Filtración

En el proceso de filtración existen varios puntos de merma la misma puede ser por:

- Mal procedimiento de purgas de turbios, al momento de arrancar la filtración la cerveza siempre contiene exceso de levadura
- Mal Interfaces agua producto al momento de hacer los cortes de línea
- Ciclos cortos, más merma (pérdidas fijas)
- Arranques y paradas de filtros más pérdida
- Exceso de oxígeno en medidoras ya que para bajar el oxígeno se burbujea la medidora lo que ocasiona que esta espumee ocasionando pérdidas de cerveza
- Correcto ajuste de la concentración final (Extracto)
- Inexistencia de un control diaria de pérdidas
- Mal control de volúmenes de medidoras

2.3.3 Envasado

En envasado se toma en cuenta las mermas que existen desde la llenadora hasta el encajonado, de ahí el producto es paletizado y pertenece a logística, lo cual no interviene en el proceso. Los principales puntos de pérdida en envasado son:

- En llenadora por espumeo de la cerveza (presión del Hidrojet)
- En llenadora por temperatura inadecuada de la cerveza
- En llenadora por sobrellenado de cerveza
- En Heuft por exceso de rechazo botella mal tapada, fuga o nivel bajo.
- Pasteurizadora por exceso de rotura temperaturas inadecuadas en baños de pasteurización.
- Cuantificación de las mermas de extracto

Como base de cálculo se toma los kilogramos de extracto que ingresa en la elaboración de cerveza.

Para el balance de masa de las pérdidas de extracto se utiliza la siguiente fórmula:

Figura II-8

Fórmula de la Merma mensual

$$\text{Merma} = \frac{\overset{1}{\text{Stock Inicial}} + \overset{2}{\text{Ingreso}} - \overset{1}{\text{Stock Final}} - \overset{3}{\text{Salida}} - \overset{4}{\text{Salida Otros}}}{\text{Stock Inicial} + \text{Ingreso} - \text{Stock Final} - \text{Salida Otros}}$$

1 Stock Inicial + Final

- Silos (Cantidad * Rend)
- TCC's + TPs (Vol * Extracto)

2 Ingreso

- Materia Prima (Cantidad * Rend)
- Cerveza en Cisternas (Volx Extracto)

3 Salida

4 Salida a Otros

- Materia Prima Enviada a otras Plantas
- Material Prima usada en "Pruebas"
- Polvo Vendido Kg

Tabla II-1

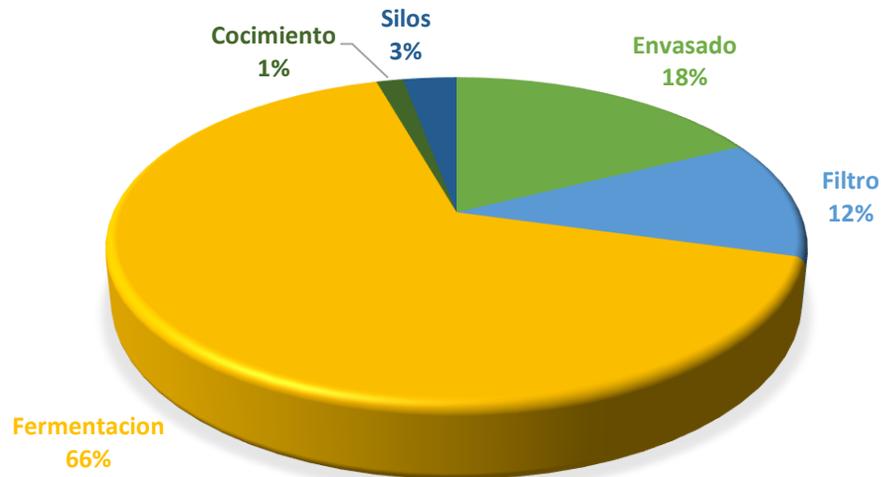
Cálculo de merma Mensual gestión 2022

	Descripcion	Mes						
		1	2	3	4	5	6	7
Bloque Caliente	kg. de extracto inicial silos	48.930,00	57.692,50	26.804,50	27.747,90	43.545,92	28.839,56	48.132,12
	kg. de extracto final silos	57.692,50	26.804,50	27.747,90	43.545,92	28.839,56	48.132,12	34.957,82
	kg. de extracto recibidos silos	59.182,75	15.000,00	52.640,00	74.302,12	35.948,88	55.231,23	36.134,00
	kg. de extracto venta de polvo							568,42
	kg. de extracto Venta Gritz							
Bloque Frio	kg. extracto Procesado COC	50.333,73	45.888,35	54.249,85	55.990,86	50.720,52	36.383,92	48.192,07
	kg. extracto enviado a Ferm	49.729,93	-	53.644,95	57.500,95	51.922,54	-	47.814,84
	kg. de extracto inicio Ferm	25.289,39	27.592,49	25.308,33	20.987,98	27.217,77	27.969,35	18.160,61
	kg. de extracto final Ferm	27.592,49	25.308,33	20.987,98	27.217,77	27.969,35	18.160,61	29.871,87
	kg. de extracto Procesado ferm	45.890,91	48.067,65	55.915,17	47.440,81	47.598,15	45.752,27	34.571,27
Envasado	kg. de extracto inicio Fil				1.653,37			
	kg. de extracto final Fil			1.653,37				
	kg. de extracto Procesado Fil	45.386,87	45.385,38	51.228,72	50.855,42	46.994,59	43.162,63	34.604,90
Calculos	kg. de extracto Procesado Env	44.843,26	44.833,58	50.606,10	50.235,52	46.418,63	42.647,34	34.128,71
	Merma Silos	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,21%	0,20%	0,23%
	Merma de cocimiento	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,12%
	Merma de Fermentacion	4,51%	4,59%	4,58%	4,53%	4,63%	4,49%	5,29%
	Merma Filtro	0,80%	0,81%	0,81%	0,80%	0,82%	0,80%	0,92%
	Merma Envasado	1,20%	1,22%	1,22%	1,22%	1,23%	1,19%	1,38%
	MERMA Total	6,80%	6,93%	6,91%	6,85%	6,98%	6,78%	7,83%

Fuente. Elaboración propia

Con lo cual se puede identificar que el mayor punto de pérdida se encuentra en la etapa de fermentación:

Figura II-9
Pérdida por sector



Fuente: Elaboración Propia

2.4 Planteamiento del problema

En la Cervecería Boliviana Nacional Planta Tarija, se ha identificado que la principal pérdida de extracto ocurre en la etapa de fermentación. Esta fase es crucial para la transformación de los sustratos iniciales en productos finales deseados, pero conlleva una notable retención de extracto por parte de la levadura utilizada en el proceso.

La levadura, esencial para la fermentación, absorbe una cantidad significativa de extracto durante su actividad metabólica. Este fenómeno resulta en la retención de compuestos valiosos que podrían haber contribuido al rendimiento final del producto. Sin embargo, una vez que la levadura ha cumplido su función, una parte sustancial de este extracto queda en la levadura y no es recuperable para las etapas posteriores del proceso de producción.

Esta pérdida de extracto durante la fermentación no solo afecta la eficiencia del proceso, sino que también tiene implicaciones económicas y de rendimiento. La cantidad de extracto retenido por la levadura varía según diversos factores, como la cepa de levadura utilizada, las condiciones de fermentación y la composición inicial del sustrato.

Por lo tanto, es crucial considerar estrategias para minimizar esta pérdida de extracto durante la fermentación, el uso de técnicas de recuperación de extracto post-fermentación sin comprometer la calidad del producto final

2.5 Descripción de alternativas técnicas de solución

Existen diversas técnicas avanzadas que permiten recuperar y reutilizar la levadura de manera efectiva después de la fermentación. Estas técnicas no solo ayudan a maximizar la eficiencia operativa de la cervecería, sino que también aseguran la consistencia en la producción y promueven prácticas sostenibles.

Entre las técnicas más utilizadas se incluyen:

1.- Recuperación Convencional o Decantación

Consiste en diluir la levadura con agua en un depósito específico para que se pueda separar la levadura por decantación.

2.- Recuperación Barm Beer

Consiste en el sistema que permite dosificar levadura en una centrífuga de alto rendimiento para su separación mediante centrifugación. (GEA, 2024)

3.- Recuperación por Filtración Tangencial o Flujo Cruzado

Consta de un sistema de tanques y filtro tangencial, en el que se separa la levadura de la cerveza por acción de membranas en módulos. (Trombe, 2024)

4.- Recuperación en centrifugas de boquilla

Consiste en un sistema individualizado de centrifugación de la levadura, con el fin de concentrar la matriz de la levadura, recuperando la cerveza. (Silva, 2024)

2.5.1 *Recuperación Convencional o Decantación*

2.5.1.1 Descripción:

La decantación es un método basado en la sedimentación natural de la levadura por gravedad. Es el método más simple y uno de los más antiguos utilizados en la industria cervecera.

2.5.1.2 Proceso:

Dilución Inicial:

La levadura recolectada después de la fermentación se diluye con agua desaireada en un tanque o depósito específico. Esta dilución reduce la viscosidad de la mezcla, facilitando la sedimentación de las partículas de levadura.

Reposo y Sedimentación:

La mezcla diluida se deja reposar en el depósito durante un período de tiempo, que puede variar desde unas pocas horas hasta varios días, dependiendo del volumen y la concentración de levadura. Durante este tiempo, las células de levadura, que son más densas que el líquido circundante, se asientan en el fondo del depósito debido a la gravedad.

Separación del Sobrenadante:

Una vez que la levadura ha sedimentado en el fondo, el líquido claro (sobrenadante) en la parte superior del depósito se puede retirar cuidadosamente. Este proceso puede realizarse mediante sifonamiento o mediante el uso de válvulas que permiten drenar el líquido desde la parte superior del depósito.

Recolección de la Levadura:

La levadura sedimentada en el fondo del depósito se recolecta en tanques para su reutilización como alimento de animales.

2.5.1.3 Ventajas:

Simplicidad: No requiere equipos complejos ni técnicos altamente especializados.

Bajo Costo: Es una técnica económica debido a la falta de necesidad de equipos especializados y energía.

2.5.1.4 Desventajas:

Tiempo: Es un proceso lento que puede llevar varios días para una separación completa.

Eficiencia: La eficiencia de separación no es tan alta como en otros métodos modernos, lo que puede resultar en una mayor pérdida de levadura y cerveza.

2.5.2 Recuperación Barm Beer

2.5.2.1 Descripción:

La recuperación Barm Beer utiliza centrifugas de alto rendimiento para separar la levadura de la cerveza mediante la fuerza centrífuga. Es un método más moderno y eficiente en comparación con la decantación.

2.5.2.2 Proceso:

1. Dosificación de la Levadura:

- La mezcla de levadura y cerveza se introduce en la centrífuga.
- La dosificación se realiza de manera controlada para asegurar una alimentación constante y uniforme de la centrífuga.

Centrifugación:

- La centrífuga gira a altas velocidades, creando una fuerza centrífuga que separa las partículas más densas (levadura) del líquido (cerveza).
- Las partículas de levadura se desplazan hacia el exterior del rotor de la centrífuga debido a la fuerza centrífuga.

2. **Separación:**

- La cerveza, siendo menos densa, permanece en el centro del rotor y se puede retirar por separado.
- La levadura se recoge en el exterior del rotor y se puede retirar mediante boquillas o conductos diseñados para este propósito.

3. **Recolección de la Levadura:**

- La levadura separada se recolecta y puede ser reutilizada en futuros procesos de fermentación.
- La centrífuga puede ser ajustada para optimizar la concentración y pureza de la levadura recuperada.

2.5.2.3 Ventajas:

- **Rapidez:** El proceso es mucho más rápido que la decantación, permitiendo la recuperación de grandes volúmenes de levadura en poco tiempo.
- **Eficiencia:** La separación es más eficiente, resultando en una menor pérdida de levadura y cerveza.

2.5.2.4 Desventajas:

- **Costo:** Las centrífugas de alto rendimiento son costosas y requieren una inversión inicial significativa.
- **Mantenimiento:** Las centrífugas requieren mantenimiento regular y técnicos capacitados para operar y mantener el equipo.

2.5.3 *Recuperación por Filtración Tangencial o Flujo Cruzado*

2.5.3.1 Descripción:

La filtración tangencial, también conocida como flujo cruzado, utiliza membranas para separar la levadura de la cerveza. Es una técnica avanzada que ofrece una alta eficiencia de separación y mantiene una alta calidad del producto final.

2.5.3.2 Proceso:

1. Sistema de Tanques y Filtros:

- La mezcla de levadura y cerveza se bombea a través de un sistema que incluye tanques y módulos de membrana.
- El sistema está diseñado para manejar grandes volúmenes de mezcla y mantener una operación continua.

2. Filtración Tangencial:

- La cerveza fluye tangencialmente a lo largo de las membranas, lo que permite que el líquido pase mientras que las partículas de levadura quedan retenidas en la superficie de la membrana.
- El flujo tangencial ayuda a minimizar la acumulación de partículas en la membrana, manteniendo su eficiencia.

3. Retención y Lavado:

- Las partículas de levadura retenidas en las membranas pueden ser lavadas periódicamente para mantener la eficiencia del proceso y evitar bloqueos.
- El lavado puede realizarse mediante la aplicación de un flujo de líquido en sentido inverso o utilizando soluciones de limpieza especializadas.

4. Recolección:

- El líquido filtrado (cerveza) se recoge por un lado y la levadura concentrada se recolecta por otro.

- La levadura recuperada puede ser sometida a un proceso adicional de concentración y purificación si es necesario.

2.5.3.3 Ventajas:

- **Alta Calidad del Producto:** La filtración tangencial mantiene una alta calidad de la cerveza filtrada, eliminando eficazmente las partículas de levadura.
- **Eficiencia:** Es muy eficiente para separar partículas pequeñas y puede procesar grandes volúmenes de mezcla.

2.5.3.4 Desventajas:

- **Costo:** Los sistemas de filtración tangencial y las membranas son costosos y requieren una inversión inicial significativa.
- **Mantenimiento:** Las membranas requieren limpieza y mantenimiento regular para evitar bloqueos y asegurar su eficiencia a largo plazo. (Trombe, 2024)

2.5.4 *Recuperación en Centrífugas de Boquilla*

2.5.4.1 Descripción:

La recuperación en centrífugas de boquilla utiliza centrífugas especializadas que concentran la levadura y recuperan la cerveza de manera eficiente. Es similar al método de Barm Beer, pero con un diseño de boquilla específico para optimizar la separación y concentración.

2.5.4.2 Proceso:

1. Centrifugación Individualizada:

- La mezcla de levadura y cerveza se introduce en una centrífuga con boquillas diseñadas específicamente para este propósito.
- La centrífuga puede operar a altas velocidades para maximizar la fuerza centrífuga aplicada a la mezcla.
- **Concentración de la Levadura:**

La fuerza centrífuga separa las partículas de levadura más densas, que se concentran en una matriz densa en el exterior del rotor de la centrífuga.

- La concentración de levadura se optimiza mediante el diseño de las boquillas, que permiten una extracción continua de la levadura concentrada.

2. **Recuperación de la Cerveza:**

- La cerveza, siendo menos densa, se separa y se recolecta por separado de la levadura concentrada.
- La cerveza recuperada puede ser sometida a un proceso de filtración adicional para asegurar su claridad y calidad.

3. **Recolección de la Levadura:**

- La levadura concentrada se recolecta y puede ser reutilizada en futuros procesos de fermentación.
- La centrífuga puede ser ajustada para optimizar la concentración y pureza de la levadura recuperada.

2.5.4.3 Ventajas:

- **Eficiencia:** Permite una separación rápida y eficiente, ideal para operaciones a gran escala donde se necesita procesar grandes volúmenes de mezcla.
- **Alta Recuperación:** Minimiza la pérdida de cerveza y maximiza la recuperación de levadura, mejorando la eficiencia general del proceso.

2.5.4.4 Desventajas:

- **Costo:** La inversión inicial en centrífugas de boquilla puede ser alta, lo que puede ser una barrera para cervecerías más pequeñas.
- **Mantenimiento:** Requiere mantenimiento regular y personal capacitado para operar y mantener el equipo, lo que puede aumentar los costos operativos.

(Silva, 2024)

Tabla II-2

Resumen de métodos

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas	Método a utilizar
Decantación	Método basado en la sedimentación natural de la levadura por gravedad, un proceso simple y antiguo.	- Bajo costo: No requiere equipos complejos ni energía.	- Lento: Puede tomar varios días para completar el proceso.	OK
		- Simplicidad: Fácil de implementar.	- Baja eficiencia: Pérdida de levadura y cerveza debido a la separación incompleta.	
Barm Beer	Utiliza centrifugas para separar la levadura de la cerveza mediante la fuerza centrífuga.	- Rápido: Proceso eficiente para grandes volúmenes.	- Alto costo: Requiere una inversión significativa en centrifugas.	
		- Alta eficiencia: Menor pérdida de levadura y cerveza.	- Mantenimiento: Requiere personal especializado para operar y mantener las máquinas.	
Filtración Tangencial	Filtración con membranas que separan las partículas de levadura de la cerveza, manteniendo la calidad del producto.	- Alta calidad: La cerveza filtrada mantiene su pureza y sabor.	- Alto costo: La inversión en sistemas de filtración y membranas es considerable.	
		- Alta eficiencia: Procesa grandes volúmenes sin comprometer la calidad.	- Mantenimiento regular: Las membranas requieren limpieza frecuente para evitar bloqueos.	
Centrifugas de Boquilla	Centrifugación con boquillas especializadas para optimizar la separación de levadura y cerveza.	- Alta eficiencia: Separa rápidamente grandes volúmenes de mezcla.	- Alta inversión: El costo inicial de las centrifugas de boquilla es elevado.	
		- Alta recuperación: Maximiza la recuperación de levadura y minimiza la	- Requiere mantenimiento frecuente y personal capacitado para su operación y reparación.	

Fuente. *Elaboración propia*

2.6 Selección de la alternativa de solución más apropiada de acuerdo con criterios apropiados

La recuperación convencional y decantación es una técnica tradicional utilizada en la industria cervecera para separar la levadura de la cerveza. Esta técnica se basa en la sedimentación natural, donde las partículas de levadura se asientan en el fondo de un tanque debido a la gravedad. A continuación, se detallan los factores que justifican la elección de esta técnica en una cervecería, así como el proceso específico que se sigue.

2.6.1 Factores de Elección:

2.6.1.1 Tamaño y Escala de la Operación:

- **Adecuada para Pequeñas y Medianas Cervecerías:** La técnica de decantación es particularmente adecuada para cervecerías con volúmenes de producción más pequeños. En estas operaciones, el volumen de levadura a recuperar no es tan grande, lo que permite que el proceso de decantación sea manejable y eficiente.
- **Volúmenes Manejables:** En una cervecería de menor escala, los tiempos de proceso más largos asociados con la decantación son aceptables, ya que la producción no requiere la rapidez que se necesita en cervecerías industriales de gran escala.

2.6.1.2 Costos y Recursos Disponibles:

- **Bajo Costo Inicial:** La técnica de decantación no requiere una inversión inicial significativa en equipos costosos como centrífugas de alto rendimiento o sistemas de filtración tangencial. Esto la convierte en una opción atractiva para cervecerías con presupuestos limitados.
- **Mantenimiento Económico:** Los equipos necesarios para la decantación son simples y su mantenimiento es relativamente económico. No se necesita personal altamente especializado para operar y mantener estos equipos, lo que reduce aún más los costos operativos.

2.6.1.3 Calidad del Producto:

- **Impacto Mínimo en la Cerveza:** La decantación es un proceso suave que no somete la cerveza a fuerzas extremas. Esto ayuda a mantener las características organolépticas de la cerveza, como el sabor, el aroma y la textura.

2.6.1.4 Simplicidad y Operación:

- **Fácil de Implementar:** La técnica de decantación es simple de entender y fácil de implementar. No requiere una capacitación especializada intensiva, lo que permite que el personal de la cervecería aprenda y aplique el proceso rápidamente.

- **Operación Manual:** La decantación puede realizarse manualmente sin necesidad de sistemas automatizados, lo cual es una ventaja en entornos donde se prefiere la intervención manual o donde no se dispone de infraestructura automatizada.

2.6.1.5 Tiempo y Eficiencia:

- **Tiempos de Proceso Más Largos:** Aunque la decantación es un proceso más lento, puede ser adecuada en entornos donde el tiempo no es un factor crítico. El método permite que la gravedad haga el trabajo de separación, lo que puede ser beneficioso en términos de simplicidad operativa.
- **Eficiencia Aceptable:** La eficiencia de separación de la decantación es menor en comparación con métodos más modernos, pero puede ser suficiente para cervecerías que no requieren una recuperación extremadamente rápida o completa de la levadura.

2.6.1.6 Conclusión:

La técnica de recuperación convencional y decantación es una opción adecuada para cervecerías que buscan un método simple, económico y fácil de implementar para la recuperación de levadura. A pesar de ser menos eficiente y más lenta que otras técnicas modernas, su simplicidad y bajo costo la hacen atractiva para operaciones de menor escala o aquellas con recursos limitados. Al considerar factores como el tamaño de la operación, los costos, la calidad del producto, la simplicidad de la operación y el tiempo disponible, la decantación puede ser la técnica más apropiada para ciertas cervecerías.

2.7 Definición de Condiciones y Capacidad

2.7.1 Condiciones Operativas:

2.7.1.1 Temperatura:

Temperatura Óptima: La temperatura en el depósito de decantación debe mantenerse en un rango específico para maximizar la sedimentación de la levadura. Es ideal mantener la temperatura entre 0°C y 4°C. Este rango de temperatura reduce la actividad metabólica de la levadura, lo que facilita su sedimento en el fondo del depósito.

Control de Temperatura: Es esencial implementar un sistema de control de temperatura para asegurar que el depósito de decantación se mantenga constantemente en el rango óptimo. Esto puede lograrse mediante el uso de refrigeradores o sistemas de enfriamiento integrados en el depósito.

2.7.1.2 pH del Medio:

pH Óptimo: El pH del medio donde se lleva a cabo la decantación debe ser ligeramente ácido, con un rango ideal de 4.0 a 4.5. Este pH favorece la estabilidad de la levadura y evita el crecimiento de microorganismos no deseados.

Monitoreo de pH: Es crucial realizar mediciones regulares del pH durante el proceso de decantación para asegurarse de que se mantenga dentro del rango óptimo. Esto puede hacerse utilizando medidores de pH calibrados y ajustando el pH según sea necesario.

2.7.1.3 Dilución Inicial:

Relación de Dilución: La levadura recolectada después de la fermentación debe diluirse con agua desaireada en una proporción específica para reducir su viscosidad y facilitar la sedimentación. Una relación de dilución comúnmente utilizada es de 1:5 a 1:10, dependiendo de la densidad inicial de la levadura.

Calidad del Agua: El agua utilizada para la dilución debe ser de alta calidad, libre de contaminantes y microorganismos que puedan afectar la calidad de la levadura o la cerveza. El uso de agua filtrada y desaireada es altamente recomendado.

2.7.1.4 Tiempo de Sedimentación:

Duración del Proceso: El tiempo necesario para que la levadura se sedimente completamente en el fondo del depósito puede variar desde varias horas hasta unos pocos días. Este período depende de factores como la concentración inicial de levadura, la temperatura, y la eficiencia deseada.

Monitoreo Constante: Durante el proceso de sedimentación, es importante monitorear regularmente el estado del depósito. Esto incluye verificar la claridad del líquido sobrenadante y la cantidad de levadura que se ha asentado en el fondo.

2.7.2 Capacidad del Sistema:

2.7.2.1 Volumen del Depósito:

Capacidad Total del Depósito: El tamaño del depósito de decantación debe ser adecuado para manejar el volumen total de levadura y cerveza producida en cada lote. Para una cervecería pequeña o mediana, un depósito con una capacidad de entre 1000 y 5000 litros suele ser adecuado.

Flexibilidad del Sistema: Es importante tener la capacidad de ajustar el volumen del depósito o utilizar múltiples depósitos en paralelo para adaptarse a variaciones en la producción. Esto permite una mayor flexibilidad y eficiencia en el manejo de diferentes lotes de producción.

2.7.2.2 Tasa de Recuperación:

Eficiencia de Separación: La técnica de decantación puede recuperar entre el 60% y el 80% de la levadura presente en el fermentador. La eficiencia exacta depende de las condiciones operativas y del manejo adecuado del proceso de decantación.

Viabilidad de la Levadura Recuperada: La levadura recuperada debe ser viable y de buena calidad para ser reutilizada en futuros lotes de fermentación. Es

esencial realizar pruebas de viabilidad y pureza de la levadura recuperada antes de su reutilización.

2.7.2.3 Manejo del Sobrenadante:

Volumen de Líquido Clarificado: El volumen de cerveza clarificada recuperada del sobrenadante debe ser cuidadosamente gestionado. Este líquido puede ser reincorporado en el proceso de producción si cumple con los estándares de calidad.

Almacenamiento y Tratamiento: Es crucial establecer procedimientos adecuados para el almacenamiento temporal y el tratamiento del sobrenadante. Esto incluye el uso de tanques de almacenamiento y sistemas de filtración para asegurar que el líquido clarificado esté libre de contaminantes.

2.7.2.4 Conclusión:

Definir las condiciones operativas y la capacidad del sistema de recuperación convencional y decantación es fundamental para optimizar el proceso en una cervecería. Al mantener las condiciones adecuadas de temperatura, pH, y dilución, y al utilizar un depósito de tamaño apropiado, una cervecería puede maximizar tanto la eficiencia como la calidad de la levadura recuperada. Este enfoque asegura que el proceso sea eficiente, económico y capaz de producir levadura de alta calidad para su reutilización en futuras fermentaciones. Además, un manejo adecuado del sobrenadante y la capacidad de adaptación del sistema contribuyen significativamente a la sostenibilidad y flexibilidad operativa de la cervecería.

2.8 Selección del o los Equipos Necesarios

2.8.1 Introducción:

La selección adecuada de los equipos para la técnica de recuperación convencional y decantación es crucial para asegurar la eficiencia y calidad del proceso

de recuperación de levadura en una cervecería. A continuación, se detallan los equipos específicos necesarios y las consideraciones importantes para su selección.

2.8.2 Equipos Necesarios:

1. Depósitos de Decantación:

Capacidad del Depósito: Se recomienda elegir depósitos de decantación con una capacidad de entre 1000 y 5000 litros, dependiendo del volumen de producción de la cervecería. Un depósito de 2000 litros podría ser ideal para una cervecería mediana.

Material del Depósito: Los depósitos deben estar fabricados en acero inoxidable de grado alimenticio (AISI 316), que es resistente a la corrosión y fácil de limpiar.

Diseño del Depósito: Se prefiere un diseño con fondo cónico o inclinado, lo que facilita la recolección de la levadura sedimentada en el fondo. Los depósitos también deben tener tapas herméticas para evitar la contaminación.

2.8.3 Sistema de Control de Temperatura:

Refrigeradores o Enfriadores: Es esencial un sistema de refrigeración que pueda mantener la temperatura del depósito entre 0°C y 4°C. Un sistema de enfriamiento integrado o unidades de refrigeración externas con serpentines de enfriamiento en el depósito son opciones comunes.

Sensores de Temperatura: Se deben instalar sensores de temperatura digitales de alta precisión ($\pm 0.1^\circ\text{C}$) para monitorear la temperatura en tiempo real. Los sensores deben estar conectados a un sistema de control automático que ajuste la refrigeración según sea necesario.

2.8.4 Medidores de pH:

Medidores de pH Portátiles o Fijos: Se requieren medidores de pH de alta precisión (± 0.01 pH) para monitorear el pH del medio de decantación. Los modelos portátiles, como el medidor de pH Hanna Instruments HI98103, son fáciles de usar y calibrar.

Soluciones de Calibración y Mantenimiento: Es importante disponer de soluciones de calibración de pH 4.0 y 7.0, así como soluciones de limpieza para los electrodos, asegurando mediciones precisas y consistentes.

2.8.5 Sistemas de Dilución:

Tanques de Mezcla: Tanques de mezcla con capacidad adecuada (por ejemplo, 500 litros) equipados con agitadores mecánicos o magnéticos para lograr una mezcla uniforme de la levadura con el agua.

Bombas y Tuberías: Bombas de diafragma o peristálticas para transportar la mezcla de levadura y agua de manera suave, evitando dañar las células de levadura. Las tuberías deben ser de acero inoxidable o de material sanitario de grado alimenticio.

2.8.6 Sistemas de Sifonamiento y Válvulas:

Sistemas de Sifonamiento: Sistemas ajustables de sifonamiento para retirar el sobrenadante (líquido claro) sin perturbar la levadura sedimentada. Los sistemas deben incluir tubos de sifonamiento ajustables en altura y válvulas de control de flujo.

Válvulas de Drenaje: Válvulas de drenaje de alta calidad, preferiblemente de acero inoxidable, instaladas en el fondo del depósito para recolectar la levadura sedimentada. Las válvulas de bola sanitarias son una opción robusta y confiable.

2.8.7 Equipos de Almacenamiento y Tratamiento de Sobrenadante:

Tanques de Almacenamiento: Tanques adicionales para almacenar temporalmente el sobrenadante, con capacidades ajustadas al volumen del depósito principal. Los tanques deben estar equipados con sistemas de filtración para mantener la calidad del líquido.

Sistemas de Filtración: Filtros de alta eficiencia, como filtros de cartucho o de membrana, para eliminar partículas residuales del sobrenadante. Los sistemas de filtración deben tener una capacidad de flujo adecuada para manejar el volumen de líquido procesado.

2.9 Consideraciones para la Selección de Equipos:

2.9.1 Calidad y Durabilidad:

Materiales de Construcción: Se deben seleccionar equipos fabricados con materiales duraderos, como acero inoxidable de grado alimenticio, que sean resistentes a la corrosión y fáciles de limpiar.

Garantía y Soporte Técnico: Es recomendable optar por proveedores que ofrezcan garantías extensas y soporte técnico confiable para asegurar el funcionamiento continuo y resolver cualquier problema que pueda surgir.

2.9.2 Facilidad de Operación y Mantenimiento:

Diseño Ergonómico: Los equipos deben ser fáciles de operar, con controles accesibles y diseños ergonómicos que faciliten el trabajo del personal.

Mantenimiento Sencillo: Es importante que los equipos seleccionados sean fáciles de mantener, con acceso sencillo a las partes que requieren limpieza o reemplazo regular.

2.9.3 Compatibilidad y Flexibilidad:

Compatibilidad con Sistemas Existentes: Es fundamental asegurarse de que los nuevos equipos sean compatibles con los sistemas y procesos existentes en la cervecería.

Flexibilidad para Expansión: Se deben considerar equipos que puedan adaptarse a aumentos futuros en la capacidad de producción, permitiendo una expansión sin necesidad de reemplazar todo el sistema.

2.9.4 Conclusión:

La selección adecuada de equipos para la técnica de recuperación convencional y decantación es crucial para garantizar un proceso eficiente y de alta calidad en la recuperación de levadura. Al considerar factores como la capacidad, calidad, durabilidad, facilidad de operación y mantenimiento, así como la compatibilidad y flexibilidad de los equipos, una cervecería puede optimizar su proceso de decantación, asegurando una producción continua y sostenible de cerveza de alta calidad.

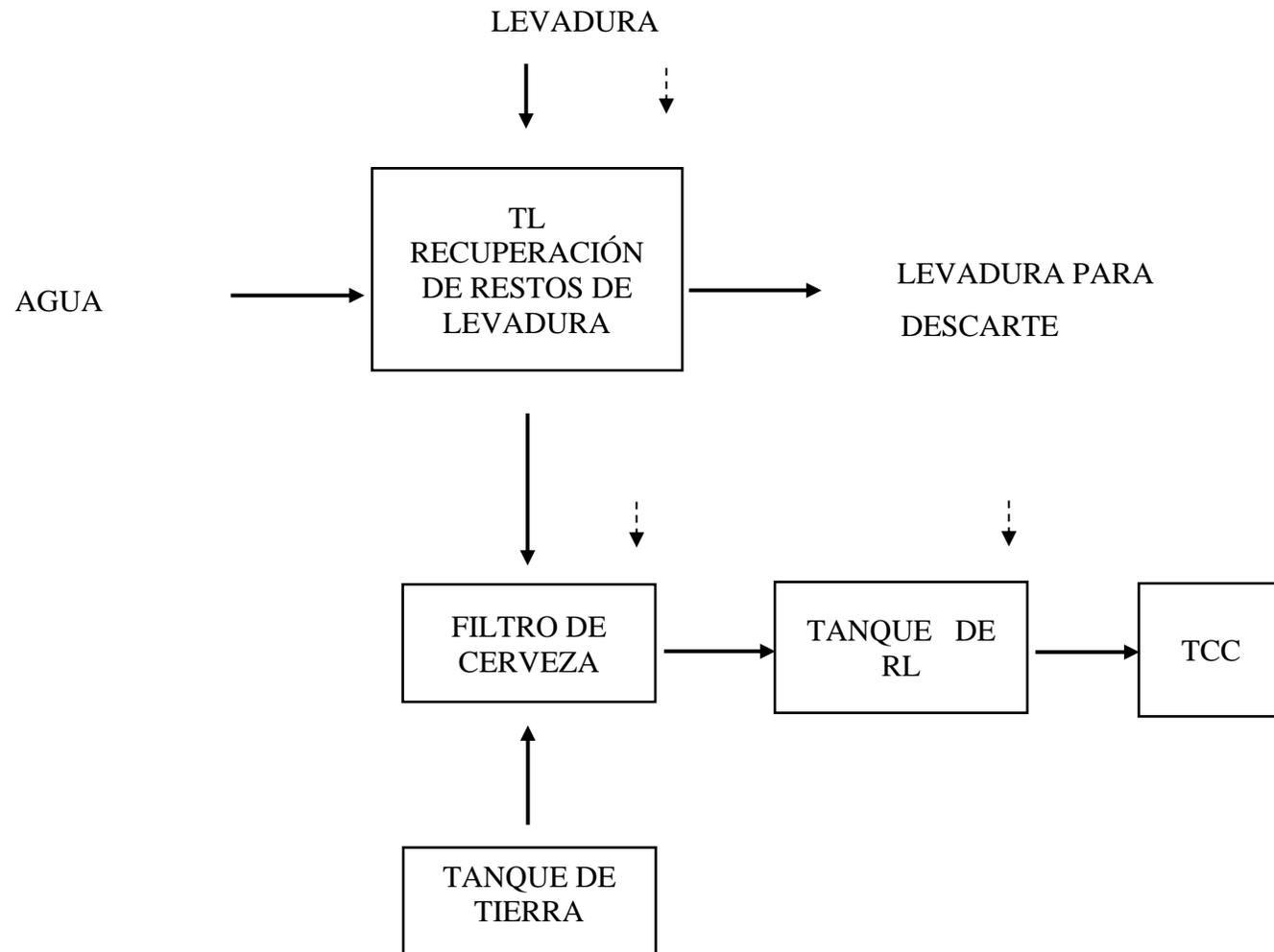
CAPÍTULO III

DIAGRAMAS DE FLUJO

INCLUYENDO LA ALTERNATIVA

DE SOLUCIÓN

3.1 RECUPERACIÓN DE RESTOS DE LEVADURA



3.2 Balance de Materia y Energía

3.2.1 Balance de Materia

En el presente informe, se analizará el balance de materia en el proceso de producción y recuperación de levadura en una planta de fermentación industrial. Es fundamental comprender las entradas y salidas del sistema para optimizar el uso de recursos y mejorar la eficiencia del proceso.

Para llevar a cabo este análisis, se han considerado datos específicos referentes a la cantidad de levadura utilizada y producida semanalmente. Estos datos son esenciales para establecer un balance preciso y proponer mejoras en el sistema de recuperación de levadura. A continuación, se detalla el origen de los datos utilizados:

Tabla III-3
Cantidad de levadura utilizada y producida semanalmente

#de Semana	# TCC	# de cocimientos	Volumen X Cocimiento	Volumen Total	Cantidad de levadura Adicionada kg	Cosecha de levadura kg
1	7	3	60	180	80	382
1	10	6	60	360	129	879
1	18	4	60	240	90	507
1	18	5	60	300	101	764
2	6	3	60	180	82	390
2	9	5	60	300	109	776
2	11	6	60	360	143	904
2	7	3	60	180	76	368
3	18	4	60	240	86	540
3	10	6	60	360	123	820
3	8	5	60	300	103	775
3	6	3	60	180	60	420
4	7	3	60	180	66	415

4	9	5	60	300	125	882
4	11	6	60	360	159	905
4	18	4	60	240	95	510
5	6	3	60	180	60	402
5	10	6	60	360	148	863
5	8	5	60	300	110	683
5	7	3	60	180	64	400
6	6	3	60	180	75	369
6	9	5	60	300	103	650
6	18	4	60	240	97	511
6	11	6	60	360	151	861

Fuente: *Elaboración Propia*

En resumen, si tienen los siguientes datos de promedio por tipo de TCC:

Tabla III-4
Cantidad de levadura cosechada por tipo de TCC

Tipo de TCC x número de cocimiento	Promedio Cantidad de levadura Adicionada kg	Promedio Cosecha de levadura kg
3	70	393
4	92	517
5	109	755
6	142	872
Total	413	2537

Fuente: *Elaboración Propia*

3.2.2 Datos de Levadura Inicial:

La cantidad de levadura utilizada semanalmente, que asciende a 413 kg, se obtuvo a partir de registros operativos de la planta. Estos registros son mantenidos por el departamento de producción, donde se documentan las cantidades de insumos utilizados en cada ciclo de fermentación. La cifra de 413 kg se ha calculado como el promedio semanal basado en un análisis histórico de uso de levadura en los últimos seis meses.

3.2.3 Datos de Levadura Producida:

La producción de levadura, que alcanza los 2513 kg semanales, fue determinada mediante un seguimiento meticuloso del proceso de fermentación y multiplicación de levadura. Este dato proviene de informes de rendimiento generados por el equipo de control de calidad, que monitorea y documenta la cantidad de levadura obtenida al final de cada semana de operación. Estos informes se basan en mediciones directas y análisis de muestras, asegurando la precisión de los datos registrados.

Con estos datos, se procederá a realizar un balance de materia que permitirá identificar las oportunidades de mejora en el proceso de recuperación de levadura, optimizando así el uso de recursos y reduciendo desperdicios. La correcta identificación y uso de estos datos es crucial para la toma de decisiones informadas y la implementación de prácticas eficientes en la planta de producción.

Esta introducción contextualiza el origen de los datos utilizados en el análisis, destacando la importancia de los registros operativos y los informes de rendimiento en la elaboración del balance de materia.

Para realizar la descripción del balance de materia considerando el uso y recuperación de levadura, sigamos estos pasos:

- 1. Entrada de levadura:**

- Se utilizan aproximadamente 413 kg de levadura por semana.

2. Producción de levadura:

- Esta levadura se multiplica hasta obtener 2513 kg.

3. Levadura restante:

- La levadura restante después del proceso es de:
Levadura restante=2513kg-413kg=2100kg

4. Recuperación de levadura:

- Para realizar el recupero de levadura, se requiere una proporción de 50% de levadura y 50% de agua.
- La cantidad de levadura a utilizar para el recupero es la mitad de la levadura restante:

$$\text{Levadura para el recupero} = \frac{2100}{2} = 1050 \text{ kg}$$

5. Agua necesaria para el recupero:

- La cantidad de agua necesaria será igual a la cantidad de levadura utilizada:
- Agua para el recupero=1050 kg

6. Resultado final:

- La mezcla de 1050 kg de levadura y 1050 kg de agua dará un total de:

$$\text{Mezcla final}=1050 \text{ kg (levadura)}+1050 \text{ kg (agua)}=2100 \text{ kg}$$

En resumen, se utilizan 413 kg de levadura por semana, y tras el proceso se obtiene un total de 2513 kg de levadura. Esto deja un excedente de 2100 kg de levadura, de los cuales 1050 kg se recuperan junto con 1050 kg de agua, obteniendo así una mezcla final de 2100 kg. Este proceso se debe realizar dos veces por semana, lo que permite recuperar un total de 2100 kg de mezcla en cada ciclo.

Para lograr un control preciso de la cantidad de extracto recuperado, se llevaron a cabo mediciones detalladas durante cada ciclo de recuperación. Estas mediciones incluyeron el volumen de cerveza recuperada, así como los valores de extracto medidos en grados Plato en términos de peso por volumen ($^{\circ}\text{P/V}$) y peso por peso ($^{\circ}\text{P/P}$). Dichas mediciones fueron clave para calcular con precisión los kilogramos de extracto recuperados en cada fase del proceso.

Tabla III-5
Kilogramos de extracto por hl de cerveza recuperada

# Prueba	Volumen hl de cerveza recuperada	Extracto $^{\circ}\text{P/}^{\circ}\text{P}$	Extracto $^{\circ}\text{P/V}$	kg de extracto
1	10,50	7,00	7,18	75,40
2	10,20	6,50	6,66	67,88
3	9,80	7,30	7,50	73,48
4	9,50	7,20	7,39	70,23
5	10,90	8,00	8,24	89,81
6	10,10	7,30	7,50	75,73
7	10,00	7,10	7,29	72,87
8	10,50	7,60	7,82	82,06
9	10,00	7,30	7,50	74,98
10	9,70	6,80	6,97	67,61

Fuente: *Elaboración Propia*

La tabla que se presenta contiene los resultados de diez pruebas realizadas, donde se observa el volumen de cerveza recuperada, los valores de extracto y la cantidad total de extracto en kilogramos que se obtuvo en cada prueba. Por ejemplo, en la primera prueba, con un volumen de 10,5 Hl de cerveza recuperada y un extracto de $7^{\circ}\text{P/}^{\circ}\text{P}$ y $7,18^{\circ}\text{P/V}$, se logró una recuperación de 75,40 kg de extracto. Similarmente, en la quinta prueba, con un volumen de 10,9 Hl y un extracto de 8°P/V y $8,24^{\circ}\text{P/P}$, se recuperaron 89,81 kg de extracto.

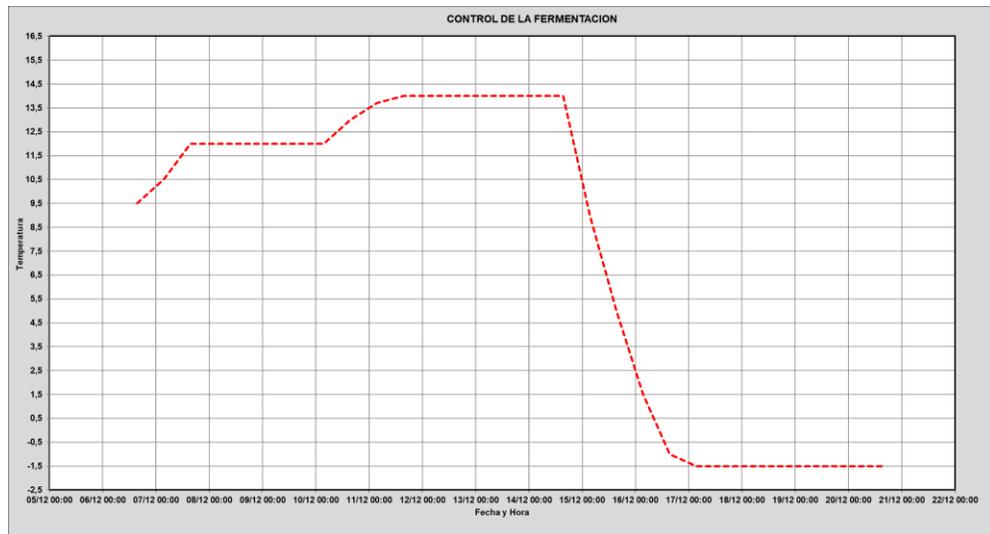
Estos datos son fundamentales para entender la variabilidad inherente en cada ciclo de recuperación, que puede depender tanto de las condiciones operativas como

de la cantidad y calidad de levadura tratada en cada proceso. A través de estas pruebas, se ha podido determinar que los volúmenes de cerveza recuperada, junto con los grados de extracto, tienen un impacto directo en los kilogramos de extracto final recuperado. El análisis detallado de estas pruebas permitió identificar los factores clave para maximizar la eficiencia en la recuperación de extracto y reducir las mermas. Gracias a esta información, se ha podido establecer un control más preciso del proceso, asegurando que la mayor cantidad posible de extracto sea recuperada de manera consistente, lo que contribuye a la rentabilidad del sistema productivo.

En conclusión, las mediciones precisas de los volúmenes y concentraciones de extracto, como se reflejan en la tabla de resultados, no solo han permitido optimizar el proceso de recuperación de levadura y extracto, sino también ajustar los parámetros operativos para asegurar que se mantenga una alta eficiencia en el ciclo productivo. Al realizar este proceso dos veces por semana, se asegura la recuperación óptima de 2100 kg de mezcla por ciclo, lo que representa aproximadamente 157 kg de extracto. Estos kilogramos de extracto recuperado son reintroducidos en la etapa de fermentación, lo que no solo contribuye a la reducción de costos y la mejora de la sostenibilidad operativa, sino que también optimiza el uso de recursos en la producción, mejorando la eficiencia global del proceso.

3.2.4 Balance de energía

Para analizar y optimizar el proceso de fermentación en la Cervecería Boliviana Nacional Planta Tarija, se realizó un balance de energía en cada una de las etapas de fermentación. Este análisis permite comprender las interacciones térmicas y los requerimientos energéticos del proceso, asegurando un control eficiente y sostenible. A continuación, se detalla cómo se llevó a cabo el balance de energía:

Figura III-10*Curva de temperatura Tcc de 3 cocimientos***Fuente:** *CBN S.A. Planta Tarija***3.2.4.1 Balance de energía para poder alcanzar la temperatura de llenado**

Volúmenes y temperaturas iniciales de los cocimientos:

Primer cocimiento:

 $V_1=60$ hL $T_1=9.5$ °C

Segundo cocimiento:

 $V_2=60$ hL $T_2=10.0$ °C

Tercer cocimiento:

 $V_3=60$ hL $T_3=10.5$ °C

Propiedades del mosto:

Densidad (ρ): 1000 kg/m³ (similar a la del agua).

Calor específico (c): 4.18 kJ/(kg\°C)

Capacidad del tanque:

$V_{tanque}=200$ hL.

Temperatura objetivo del tanque:

$T_{objetivo}=10,2$ °C.

Ecuación del balance de energía

Para determinar el balance energético necesario para alcanzar los 10,2 °C, usamos:

$$Q_{total} = \sum (m_i * c * \Delta T_i)$$

Donde:

$\Delta T_i = T_{objetivo} - T_i$: Diferencia de temperatura de cada cocimiento para alcanzar la temperatura objetivo.

$m_i = V_i \cdot \rho$: Masa de cada cocimiento.

Si el balance no es neutro ($Q_{total} \neq 0$), debemos agregar o retirar energía del sistema.

Cálculos paso a paso

Masa de cada cocimiento:

$$m_1 = V_1 \cdot \rho = 60 \text{ hL} \cdot 1000 \text{ kg/hl} = 60.000 \text{ kg}$$

$$m_2 = m_3 = m_1$$

Masa total:

$$m_{total} = m_1 + m_2 + m_3 = 180.000 \text{ kg}$$

Cambio de temperatura (ΔT_i):

$$\Delta T_1 = T_{\text{objetivo}} - T_1 = 10,2 \text{ °C} - 9,5 \text{ °C} = 0,7 \text{ °C}$$

$$\Delta T_2 = T_{\text{objetivo}} - T_2 = 10,2 \text{ °C} - 10 \text{ °C} = 0,2 \text{ °C}$$

$$\Delta T_3 = T_{\text{objetivo}} - T_3 = 10,2 \text{ °C} - 10,5 \text{ °C} = -0,3 \text{ °C}$$

Energía intercambiada (Q_i):

$$Q_1 = m_1 \cdot c \cdot \Delta T_1 = 60.000 \cdot 4.18 \cdot 0,7 = 175.560 \text{ kJ}$$

$$Q_2 = m_2 \cdot c \cdot \Delta T_2 = 60.000 \cdot 4.18 \cdot 0,2 = 50.160 \text{ kJ}$$

$$Q_3 = m_3 \cdot c \cdot \Delta T_3 = 60.000 \cdot 4.18 \cdot -0,3 = -75.240 \text{ kJ}$$

Energía total requerida (Q_{total}):

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 175.560 + 50.160 - 75.240 = 150.480 \text{ kJ}$$

Interpretación del resultado

Para alcanzar los 10.2 °C después de llenar el tanque, se requiere un aporte energético adicional de:

$$Q_{\text{total}} = 150.480 \text{ kJ}$$

Ajuste de la temperatura

Levadura activa: La levadura genera calor durante su actividad metabólica (exotérmica), parte de esta energía compensará el déficit de energía.

3.2.4.2 Balance de energía para poder alcanzar la temperatura de fermentación principal 12°C

Volúmenes y temperaturas:

$$V_1 = 180 \text{ hL}$$

$$T_1 = 10,2 \text{ °C}$$

Propiedades del mosto:

Densidad (ρ): 1000 kg/m³ (similar a la del agua).

Calor específico (c): 4.18 kJ/(kg\°C)

Capacidad del tanque:

$$V_{tanque}=200 \text{ hL.}$$

Temperatura objetivo del tanque:

$$T_{objetivo}=12 \text{ °C.}$$

Ecuación del balance de energía

Para determinar el balance energético necesario para alcanzar los 12 °C, usamos:

$$Q_{total} = m_i * c * \Delta T_i$$

Donde:

$\Delta T_i = T_{objetivo} - T_i$: Diferencia de temperatura de cada cocimiento para alcanzar la temperatura objetivo.

$$m_i = V_i \cdot \rho : \text{Masa de cada cocimiento}$$

Si el balance no es neutro ($Q_{total} \neq 0$), debemos agregar o retirar energía del sistema.

Cálculos paso a paso

Masa:

$$m_{total} = V_{total} \cdot \rho = 180 \text{ hL} * 1000 \text{ Kg/hl} = 180.000 \text{ kg}$$

Cambio de temperatura (ΔT_i):

$$\Delta T_{total} = T_{objetivo} - T_1 = 12 \text{ °C} - 10,2 \text{ °C} = 0,8 \text{ °C}$$

Energía intercambiada (Q_i):

$$Q_{total} = m_{total} \cdot c \cdot \Delta T_{total} = 180.000 * 4.18 * 0,8 = 601.920 \text{ kJ}$$

Interpretación del resultado

Para alcanzar los 12 °C después de llenar el tanque, se requiere un aporte energético adicional de:

$$Q_{total} = 601.920 \text{ kJ}$$

Ajuste de la temperatura

Levadura activa: La levadura genera calor durante su actividad metabólica (exotérmica), esta energía compensará el déficit de energía.

3.2.4.3 Balance de energía para poder mantener la temperatura de fermentación principal 12°C

Datos

Volumen del tanque: $V_{tanque} = 200 \text{ hL}$

Densidad del mosto: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

Calor específico del mosto: $c = 4.18 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{°C)}$.

Generación de calor por levadura: Depende de la cantidad de levadura inoculada y su actividad metabólica. Para fines de cálculo, asumiremos que la generación es $q_{levadura} = 2.5 \text{ W/L}$ (valor promedio).

Temperatura ambiente (T_{amb}): Supongamos 15°C, aunque puede variar según las condiciones.

Coefficiente global de transferencia de calor del tanque (U): Depende del diseño del tanque, con un valor típico de **5.0 W/m²·°C**

Ecuación del balance térmico

El balance de energía para mantener la temperatura constante es:

$$Q_{perdidas} + Q_{remocion} = Q_{generado}$$

Donde:

$Q_{generado}$: Energía generada por la levadura ($q_{levadura} * V_{tanque}$)

$Q_{perdidas}$: Energía disipada al ambiente por el tanque.

$Q_{remocion}$: Energía que debe ser removida para mantener $T_{tanque} = 12^{\circ}\text{C}$

La disipación de calor hacia el ambiente sigue la ecuación de transferencia térmica:

$$Q_{perdidas} = U * A * \Delta T$$

Donde:

A: Área del tanque ($\approx 20 \text{ m}^2$ para un tanque de 200 hL).

$$\Delta T = T_{tanque} - T_{ambiente}$$

Cálculo paso a paso

Energía generada por la levadura:

$$Q_{generado} = q_{levadura} * V_{tanque} = 2.5 \text{ W/L} \cdot 20000 \text{ L} = 50,000 \text{ W} = 50 \text{ kW}$$

Energía disipada por el tanque:

Área del tanque:

$$A = 2\pi r h + 2\pi r^2$$

Aproximamos $r \approx 2.0 \text{ m}$, $r \approx 2.0 \text{ m}$, $h \approx 5.0 \text{ m}$:

$$A \approx 20 \text{ m}^2$$

Diferencia de temperatura:

$$\Delta T = T_{tanque} - T_{ambiente} = 12 - 15 = -3^{\circ}\text{C}.$$

Disipación de calor:

$$Q_{perdidas} = U * A * \Delta T = 5.0 \text{ W/m}^2 * ^{\circ}\text{C} * 20 \text{ m}^2 * -3^{\circ}\text{C} = -300 \text{ W}.$$

Energía que debe ser removida:

Para mantener la temperatura, toda la energía generada por la levadura, menos las pérdidas, debe ser removida:

$$Q_{remocion} = Q_{generado} - Q_{perdidas} = 50,000W - -300W = 53.00 W = 53 kW$$

Resultado

Para mantener la temperatura del tanque en 12 °C, será necesario un sistema de enfriamiento capaz de remover aproximadamente:

$$Q_{remocion} = 53 kW$$

Este valor puede ajustarse si cambian los parámetros como la generación de calor por la levadura, la temperatura ambiente o las características del tanque.

3.2.4.4 Balance de energía para poder llegar a guarda caliente de 14°C

Volúmenes y temperaturas:

$$V_1=180 \text{ hL}$$

$$T_1=12 \text{ °C}$$

Propiedades del mosto:

Densidad (ρ): 1000 kg/m³ (similar a la del agua).

Calor específico (c): 4.18 kJ/(kg\°C)

Capacidad del tanque:

$$V_{tanque}=180 \text{ hL.}$$

Temperatura objetivo del tanque:

$$T_{objetivo}=14 \text{ °C.}$$

Ecuación del balance de energía

Para determinar el balance energético necesario para alcanzar los 14 °C, usamos:

$$Q_{total} = m_i * c * \Delta T_i$$

Donde:

$\Delta T_i = T_{objetivo} - T_i$: Diferencia de temperatura de cada cocimiento para alcanzar la temperatura objetivo.

$m_i = V_i \cdot \rho$: Masa de cada cocimiento.

Si el balance no es neutro ($Q_{total} \neq 0$), debemos agregar o retirar energía del sistema.

Cálculos paso a paso

Masa:

$$m_{total} = V_{total} \cdot \rho = 180 \text{ hL} * 1000 \text{ Kg/hl} = 180.000 \text{ kg}$$

Cambio de temperatura (ΔT_i):

$$\Delta T_{total} = T_{objetivo} - T_1 = 14 \text{ °C} - 12 \text{ °C} = 2 \text{ °C}$$

Energía intercambiada (Q_i):

$$Q_{total} = m_{total} \cdot c \cdot \Delta T_{total} = 180.000 * 4.18 * 2 = 1\,504.800 \text{ kJ}$$

Interpretación del resultado

Para alcanzar los 14 °C después de llenar el tanque, se requiere un aporte energético adicional de:

$$Q_{total} = 1\,504.800 \text{ kJ}$$

Ajuste de la temperatura

Levadura activa: La levadura genera calor durante su actividad metabólica (exotérmica), esta energía compensará el déficit de energía.

3.2.4.5 Balance de energía para poder llevar a guarda fría de 14 °C a -1 °C

El balance de energía necesario para bajar la temperatura del tanque de 14 ° a -1 °C. Este proceso implica tanto enfriamiento del mosto como el cambio de fase del agua en el mosto (congelación parcial), ya que ocurre cerca del punto de congelación.

Datos iniciales

Volumen del tanque: $V_{tanque} = 180 \text{ hL} = 18.000 \text{ L}$.

Densidad del mosto: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ (suponiendo mosto como agua).

Calor específico del mosto (c): $4.18 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{°C)}$.

Temperatura inicial: $T_{inicial} = 14 \text{ °C}$.

Temperatura final: $T_{final} = -1 \text{ °C}$.

Calor latente de congelación del agua (L_f): 334 kJ/kg .

Fracción congelada del mosto: Supongamos que el 10% del mosto se congela al alcanzar -1 °C debido a la concentración de azúcares.

Cálculo paso a paso

Masa total del mosto:

$$m_{total} = V_{tanque} \cdot \rho = 180 \text{ hL} \cdot 1000 \text{ Kg/hl} = 180.000 \text{ kg}$$

Energía para bajar la temperatura a 0 °C:

El enfriamiento del mosto desde 14°C hasta 0 °C sigue:

$$Q_{enfriamiento} = m_{total} \cdot c \cdot \Delta T$$

donde $\Delta T = T_{inicial} - 0 = 14 - 0 = 14 \text{ °C}$

$$Q_{enfriamiento} = 18.000 \cdot 4,18 \cdot 14 = 1.053.360 \text{ kJ}$$

Energía para enfriar de 0 °C a -1 °C:

La fracción líquida del mosto se enfría de 0 °C a -1°C:

$$Q_{subenfriamiento} = (1 - f)m_{total} * c * \Delta T$$

donde $f = 0.10$ (fracción congelada) y $\Delta T = 1$ °C

$$Q_{subenfriamiento} = (1 - 0,1) * 18.000 * 4,18 * 1 = 67.716 \text{ kJ}$$

Energía para congelar el 10% del mosto:

La energía liberada por la congelación del 10% del mosto es:

$$Q_{congelacion} = f * m_{total} * L_f$$

$$Q_{congelacion} = 0,1 * 18000 * 334 = 601.200 \text{ kJ}$$

Energía total requerida (Q_{total}):

Sumamos las tres contribuciones:

$$Q_{total} = Q_{enfriamiento} + Q_{subenfriamiento} + Q_{congelacion}$$

$$Q_{total} = 1.053.360 + 67.716 + 601.200 = 1.722.276 \text{ kJ}$$

Resultado

Para bajar la temperatura del tanque de 14 °C a -1 °C, considerando la congelación parcial del mosto, se requiere remover aproximadamente:

$$Q_{total} = 1.722.276 \text{ kJ (1.722,276 MJ)}$$

Conclusión:

El balance de energía realizado para 3 cocimientos proporciona una base sólida para entender el comportamiento energético del sistema bajo las condiciones actuales. Los resultados obtenidos permiten identificar y optimizar los puntos críticos del proceso, brindando información suficiente para proyectar las necesidades energéticas en ciclos de mayor producción, como 5 y 6 cocimientos. Dado el enfoque integral del

análisis realizado, no es estrictamente necesario repetir el ejercicio para estos casos, ya que los principios y conclusiones obtenidos son aplicables al escenario planteado, permitiendo ajustar los parámetros de operación según sea necesario

CAPÍTULO IV

ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO DEL

EQUIPO

4.1 Selección y diseño de los equipos.

La cervecería cuenta con un conjunto de tanques de almacenamiento de levadura que serán aprovechados para implementar el proceso de recuperación de extracto de levadura, eliminando la necesidad de adquirir nuevos equipos. Estos tanques han sido evaluados y cumplen con los requerimientos técnicos del proceso de decantación, como volumen, resistencia a la presión, y materiales adecuados para contacto con productos alimentarios.

4.1.1 *Compatibilidad con el Proceso de Decantación:*

El proceso de decantación consiste en separar el extracto recuperable de la biomasa de la levadura por sedimentación. Los tanques seleccionados cuentan con las siguientes características que los hacen idóneos para este método.

4.2 Capacidad y Diseño

4.2.1 *Capacidad adecuada:*

Los tanques tienen una capacidad suficiente para contener la mezcla de levadura y extracto, permitiendo un espacio adecuado para la sedimentación y separación de fases.

Estos tanques tienen las siguientes capacidades:

- **Tanque 1:** Capacidad de 1500 kg, destinado a procesar lotes más pequeños de levadura y extracto. Este tanque es adecuado para lotes que requieren una recuperación más rápida o en volúmenes reducidos.
- **Tanques 2 y 3:** Cada uno con una capacidad de 2000 kg. Estos tanques se utilizarán para lotes más grandes o para una mayor retención del extracto recuperado, optimizando el proceso en términos de tiempo y volumen.

4.2.2 *Forma y Diseño:*

Su diseño, con fondo cónico o inclinado, facilita la sedimentación de la levadura en la parte inferior, permitiendo una eficiente recuperación del extracto líquido en la parte superior. Además, los tanques están equipados con un sistema de control de frío que mantiene la temperatura dentro de rangos óptimos (0°C a 4°C) para conservar la levadura en condiciones adecuadas, evitando la autólisis (degradación celular que puede afectar la calidad del extracto). Este control de temperatura es fundamental para preservar la viabilidad de la levadura y asegurar que no se degrade durante el proceso de recuperación.

4.2.3 *Sistemas de Drenaje:*

Están equipados con válvulas de fondo para la remoción de la levadura sedimentada, sin afectar la capa superior de extracto recuperable.

4.2.4 *Material:*

Los tanques son de acero inoxidable, lo que garantiza su compatibilidad con el extracto y la levadura, evitando la contaminación y facilitando la limpieza y esterilización. Además de sus características físicas, los tanques están equipados con sensores de nivel que permiten un control preciso del volumen de líquido en el proceso de recuperación. Estos sensores monitorizan en tiempo real el nivel del extracto y de la levadura sedimentada dentro del tanque, lo que es crucial para asegurar la correcta separación y extracción del extracto recuperado.

4.3 *Distribución del Proceso:*

La distribución de los lotes en los tres tanques permitirá una operación eficiente y escalable, ajustándose a las necesidades productivas de la cervecería. El tanque de

1500 kg servirá para lotes más rápidos de decantación o ajustes de producción, mientras que los tanques de 2000 kg pueden manejar mayores cantidades de levadura para maximizar la recuperación de extracto en una sola operación.

4.4 Ventajas Operativas:

Al aprovechar estos tanques ya disponibles, la cervecería puede reducir costos y tiempos de implementación, manteniendo flexibilidad en la producción según los volúmenes requeridos.

CAPÍTULO V
ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 Cálculo de costo de capital

Dado que la cervecería ya cuenta con todos los equipos e instalaciones necesarios para el proceso de recuperación de extracto de levadura, el costo de capital del proyecto se concentrará principalmente en la capacitación del personal operativo. A continuación, se detallan los componentes relevantes:

5.1.1 Costos de Capacitación:

Programa de Capacitación: Se desarrollará un programa de formación para el personal operativo que incluirá aspectos técnicos sobre el manejo y operación de los tanques, el sistema de enfriamiento y los procedimientos de recuperación de extracto.

Duración de la Capacitación: Se estima que la capacitación durará entre 2 y 4 semanas, dependiendo del nivel de experiencia del personal y de la complejidad del sistema.

Material Didáctico: Se crearán manuales y guías de operación que faciliten el aprendizaje y sirvan como referencia durante la operación diaria.

Estimación: BS.- 1000 (incluye costos de instructores, materiales y tiempo del personal).

5.1.2 Costos de Mantenimiento Preventivo Inicial:

Mantenimiento Preventivo: Aunque la instalación está completa, se debe prever un presupuesto para el mantenimiento inicial que asegure el buen funcionamiento de los equipos y su durabilidad a largo plazo.

Estimación: BS.- 9 000 (presupuesto para inspección, lubricación y mantenimiento básico de los equipos).

5.1.3 Contingencias y Otros Gastos:

- Se reservará un porcentaje del costo total del proyecto para imprevistos o contingencias que puedan surgir durante la capacitación o el inicio de las operaciones.

Estimación: 5% - 10% del total del presupuesto.

5.1.4 Resumen de Costos de Capital Estimados:

Tabla V-6
Costo Capital

Concepto	Monto (Bs.)
Capacitación del Personal	1000
Mantenimiento Preventivo Inicial	9000
Contingencias	1000
Total, Costo de Capital Estimado	11000

Fuente: *Elaboración Propia*

Estimación: Bs 11000 (1580 usd presupuesto para el costo capital|x|x|).

La disponibilidad de toda la instalación y equipos reduce significativamente el costo de capital del proyecto. La inversión principal se destina a la capacitación del personal para garantizar un manejo adecuado y eficiente del proceso, asegurando así el éxito y la continuidad operativa de la cervecería.

5.2 Costo de operación

El costo de operación del proceso de recuperación de extracto de levadura se considera una tarea adicional dentro de las operaciones existentes de la cervecería. Dado que ya se cuenta con todos los equipos e instalaciones necesarios, esta nueva actividad se integrará de manera fluida en la rutina diaria sin requerir horas adicionales

significativas. A continuación, se detallan los componentes relevantes del costo de operación:

5.2.1 Mano de Obra:

Personal Operativo: La operación del sistema de recuperación de extracto será asumida por el personal ya existente, quien recibirá capacitación específica para el manejo de los tanques y el proceso de recuperación.

Ajuste en la Rutina: Se prevé que la inclusión de esta tarea no requiera más de **2 horas semanales**, las cuales se integrarán en las responsabilidades diarias del personal, optimizando el uso de su tiempo.

5.2.2 Costos de Insumos:

Requerimientos de Insumos: Se estima que los insumos necesarios para el proceso (como productos de limpieza y mantenimiento) representarán un costo adicional, pero este se mantendrá en niveles bajos al ser parte del mantenimiento operativo regular.

Estimación: Bs 2000 (costo estimado de insumos mensuales).

5.2.3 Mantenimiento y Repuestos:

Mantenimiento de Equipos: Se anticipan costos menores asociados con el mantenimiento preventivo de los tanques y sistemas, que ya están contemplados en el presupuesto operativo general de la cervecería.

Estimación: Bs 1000 (presupuesto mensual para mantenimiento).

5.2.4 Resumen de Costos de Operación Estimados:

Tabla V-7
Costo Operación

Concepto	Monto (Bs.)
Mano de Obra	Integrada en las tareas diarias (sin horas adicionales significativas)
Insumos	2000
Mantenimiento y Repuestos	1000

Fuente: *Elaboración Propia*

5.2.5 Total, Costo de Operación Estimado:

Bs.- 3000 (431 Usd costo adicional sobre la operación actual).

El costo de operación asociado con la recuperación de extracto de levadura se integra de manera eficiente en las actividades existentes de la cervecería, sin requerir horas adicionales significativas del personal. Esto permite optimizar los recursos y mantener la eficiencia operativa general, asegurando que el proceso se ejecute sin dificultades.

5.3 Optimización técnica

La optimización técnica en el proceso de recuperación de extracto de levadura se enfoca en mejorar la pérdida de extracto del proceso cervecero. Esta optimización abarca varias áreas clave, cada una diseñada para maximizar el rendimiento y minimizar costos. A continuación, se describen en detalle las estrategias implementadas:

5.3.1 Aprovechamiento de Equipos Existentes:

Selección de Tanques: La cervecería ya cuenta con tanques de decantación que cumplen con los requisitos técnicos del proceso. Al utilizar estos tanques de acero

inoxidable, se eliminan los costos de adquisición de nuevos equipos y se reduce el tiempo de implementación.

Eficiencia de Espacio: El uso de los tanques existentes permite una mejor utilización del espacio en la planta, facilitando la logística y el flujo de trabajo.

5.3.2 Control de Temperatura:

Sistema de Enfriamiento: Se ha instalado un sistema de enfriamiento que mantiene la temperatura de los tanques entre 0°C y 4°C, condiciones ideales para la levadura. Este control evita la autólisis y asegura que la levadura conserve su viabilidad y actividad, lo que es fundamental para una recuperación efectiva del extracto.

Monitoreo Continuo: Se integran termómetros y controladores de temperatura para un monitoreo continuo, lo que permite realizar ajustes en tiempo real y garantizar que las condiciones operativas se mantengan dentro de los parámetros óptimos.

5.3.3 Monitoreo y Control de Procesos:

Sensores de Nivel: Los tanques están equipados con sensores de nivel que proporcionan datos precisos sobre la cantidad de levadura y extracto en cada tanque. Esto facilita la gestión del proceso de decantación, asegurando una separación efectiva y evitando pérdidas de producto.

Análisis de Datos: Se implementa un sistema de registro de datos que permite evaluar el rendimiento del proceso. Análisis periódicos ayudan a identificar tendencias y a hacer ajustes proactivos en la operación.

5.3.4 Capacitación del Personal:

Programas de Capacitación: Se desarrollan programas de formación específica para el personal, cubriendo no solo el manejo de los equipos, sino también

las mejores prácticas en la recuperación de extracto. Esto empodera al personal para tomar decisiones informadas y realizar ajustes durante la operación.

Cultura de Mejora Continua: Fomentar una cultura en la que el personal se sienta motivado a identificar oportunidades de mejora y optimización del proceso. Esto incluye la retroalimentación constante y la implementación de sugerencias.

5.3.5 Mejoras en la Eficiencia Energética:

Optimización del Consumo Energético: Se evalúan los sistemas de enfriamiento y otros equipos para garantizar que operen en sus rangos óptimos de eficiencia energética. Esto no solo reduce costos operativos, sino que también contribuye a una operación más sostenible.

5.3.6 Optimización de Procesos:

Estandarización de Procedimientos: Se establecen procedimientos operativos estándar (SOP) para cada fase del proceso de recuperación, asegurando que cada operación se realice de manera consistente y eficiente.

5.3.7 Análisis de Costos y Rentabilidad:

Evaluación de Costos: Se realizan análisis de costos detallados para identificar áreas donde se pueden reducir gastos sin comprometer la calidad del producto.

Rentabilidad del Proceso: Se implementan métricas de rendimiento que permiten evaluar la rentabilidad de la recuperación del extracto, facilitando decisiones informadas sobre posibles mejoras.

La optimización técnica del proceso de recuperación de extracto de levadura es un enfoque integral que busca maximizar la eficiencia operativa y la calidad del producto, al mismo tiempo que se promueve la sostenibilidad. Al aprovechar al máximo los recursos existentes y capacitar al personal adecuadamente, se garantiza que

la cervecería opere a un nivel óptimo, mejorando su competitividad y viabilidad a largo plazo.

5.4 Optimización económica

La optimización económica en el proceso de recuperación de extracto de levadura busca maximizar la rentabilidad y la eficiencia de los recursos financieros disponibles, garantizando un retorno sobre la inversión a largo plazo. Este enfoque abarca diversas estrategias y prácticas, que se detallan a continuación:

5.4.1 Aprovechamiento de Recursos Existentes:

Uso de Equipos y Tanques Disponibles: La cervecería ya cuenta con los tanques necesarios para el proceso, lo que elimina la necesidad de inversiones adicionales en equipos. Esta estrategia reduce significativamente los costos de capital y mejora el retorno de la inversión.

5.4.2 Control de Costos Operativos:

Minimización de Insumos: Se implementan prácticas que optimizan el uso de insumos, como productos de limpieza y mantenimiento, asegurando que se utilicen solo en la cantidad necesaria y evitando desperdicios.

Eficiencia Energética: La adopción de tecnologías y prácticas que reducen el consumo energético, como un sistema de enfriamiento eficiente, contribuye a la disminución de costos operativos mensuales.

5.4.3 Análisis de Costos y Beneficios:

Evaluación de Inversiones: Se realizan análisis de costo-beneficio antes de implementar mejoras o adquirir nuevos insumos, asegurando que cada decisión se tome en función de su impacto económico a corto y largo plazo.

Métricas de Desempeño: Se establecen métricas claras para evaluar la rentabilidad del proceso de recuperación de extracto, lo que permite identificar áreas de mejora y justificar inversiones futuras.

5.4.4 Incremento de la Productividad:

Optimización de Procesos: La estandarización de procedimientos y la capacitación del personal permiten aumentar la productividad, reduciendo el tiempo necesario para completar el proceso de recuperación y, por ende, mejorando la rentabilidad.

Mejora en la Calidad del Producto: Al garantizar que la recuperación de extracto se realice de manera eficiente y controlada, se mejora la calidad del producto final, lo que puede traducirse en un mayor valor en el mercado y mejores precios de venta.

5.4.5 Reducción de Pérdidas y Desperdicios:

Gestión de Residuos: Se implementan prácticas de gestión que minimizan la generación de residuos y permiten recuperar recursos valiosos, como la levadura, que puede ser reutilizada en otros procesos o vendida.

Control de Inventarios: Una gestión eficiente de inventarios permite evitar costos adicionales asociados con el almacenamiento prolongado de insumos y productos, optimizando así el flujo de caja.

5.4.6 Establecimiento de Alianzas Estratégicas:

Colaboraciones con Proveedores: La búsqueda de acuerdos favorables con proveedores de insumos puede resultar en descuentos o mejores condiciones de pago, lo que impacta positivamente en los costos operativos.

Investigación de Nuevos Mercados: La exploración de nuevos mercados o canales de distribución puede aumentar las ventas y diversificar las fuentes de ingresos, mejorando así la estabilidad económica de la cervecería.

5.4.7 Monitoreo y Ajustes Continuos:

Revisión Periódica de Resultados: La realización de auditorías económicas y revisiones periódicas del desempeño permite identificar rápidamente desviaciones y áreas que requieran ajustes, asegurando que el proceso se mantenga alineado con los objetivos económicos establecidos.

Adaptación a Cambios en el Mercado: Mantenerse informado sobre tendencias del mercado y cambios en la demanda permite a la cervecería adaptar sus operaciones y estrategias económicas en consecuencia.

La optimización económica del proceso de recuperación de extracto de levadura se centra en maximizar la rentabilidad mediante el uso eficiente de los recursos disponibles, el control de costos y la mejora continua de procesos. Al implementar estas estrategias, la cervecería no solo mejora su desempeño financiero, sino que también fortalece su posición competitiva en el mercado, asegurando su viabilidad y crecimiento a largo plazo.

5.5 Análisis de rentabilidad.

En el contexto de la cervecería, la recuperación de extracto de levadura ha emergido como una estrategia clave para mejorar la rentabilidad. Este análisis se centra en cómo la recuperación de 2100 kg de levadura que representa los 157 Kg de extracto por semana contribuye a la disminución de la merma y, en consecuencia, a la mejora en la rentabilidad.

5.5.1 Cuantificación de la Merma Previa:

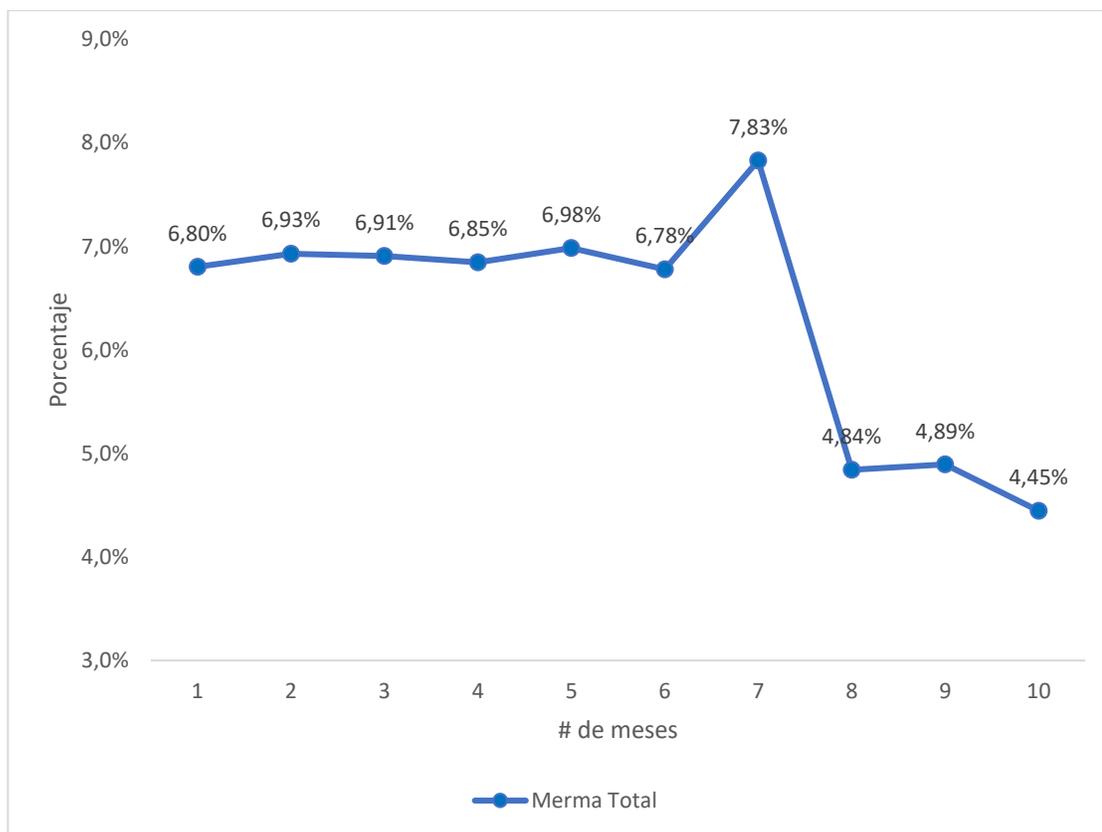
Antes de implementar el sistema de recuperación, la cervecería enfrentaba una merma del **6.9 %** en su producción de extracto, lo que representaba pérdidas significativas en términos económicos. Esta merma se traduce en recursos valiosos que se desperdician y que impactan directamente en los costos operativos.

5.5.2 Recuperación Semanal de Extracto:

La implementación del nuevo proceso ha permitido la recuperación de **2100 kg de levadura** semanalmente lo que representa 157 Kg de extracto. Este logro no solo representa una mejora en la eficiencia, sino que también tiene un impacto directo en la reducción de la merma.

5.5.3 Impacto Económico de la Reducción de Merma:

Con la recuperación de 157 kg de extracto, se ha logrado reducir la merma en un **2%**. Este porcentaje se traduce en una disminución significativa de pérdidas, impactando positivamente en la rentabilidad de la cervecería.

Figura V-11*Pérdida de extracto por mes gestión 2022**Fuente: Elaboración Propia*

El cálculo de recuperación de costos se realizará considerando la merma de extracto según la producción mensual promedio, como se observa en la figuraV-5

Tabla V-8*Kilogramos de extracto producidos en un mes de producción*

HI Producido/mes	Extracto °P/°P	Extracto °P/V	Kg de extracto/ Mes
4800	11	11,37	54576

Fuente: Elaboración propia

La base de cálculo que se tomará es de 2.81 Usd/ Kg extracto.

Tabla V-9*Ahorro por recuperar 2% de extracto*

2% de mejora/mes de extracto	USD/Kg de extracto	Total, Mes
1091,52	2,81	3072,00

Fuente: *Elaboración propia*

El ahorro por realizar la recuperación de extracto representa 3072 Usd al mes lo que al año representa 36 864 Usd

Tabla V-10*Ahorro neto anual por recuperar 2% de extracto*

Concepto	1er Año Ahorro Neto Anual Monto (USD)	2do Año Ahorro Neto Anual Monto (USD)	3er Año Ahorro Neto Anual Monto (USD)
Costo Capital	1580		
Costo de operación anual	5172	5172	5172
Ahorro por recuperación del 2% de extracto	36864	36864	36864
Ahorro Neto	30112	31692	31692

Fuente: *Elaboración propia*

La capacidad de recuperar 157 kg de extracto por semana ha tenido un efecto directo en la reducción de la merma, logrando una disminución del 2%. Este avance no solo optimiza la eficiencia operativa, sino que también contribuye significativamente a mejorar la rentabilidad de la cervecería, con un ahorro anual estimado de 36,864 USD. Durante el primer año, la recuperación neta alcanza los 30,112 USD, y a partir del segundo año se incrementa a 31,692 USD. La integración de estas métricas en el análisis de rentabilidad destaca la importancia de la recuperación de extracto como una estrategia clave para el éxito financiero.

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La implementación del sistema de recuperación de extracto de levadura en la etapa de fermentación ha demostrado ser eficaz para reducir la merma en la planta, logrando una reducción del 2% en el bloque frío y un aumento en la eficiencia operativa.

La recuperación semanal de 157 kg de extracto ha generado un impacto económico positivo, con ahorros anuales que superan los 36,000 USD, lo cual mejora la rentabilidad de la cervecería.

La utilización del sistema de decantación resultó adecuada tanto por su compatibilidad con la infraestructura existente como por su efectividad en la recuperación de extracto, destacándose como una opción técnicamente viable y económicamente beneficiosa.

La implementación de este sistema ha permitido una reducción significativa en la cantidad de residuos, alineándose con los objetivos de sostenibilidad ambiental de la empresa y contribuyendo a una producción más limpia y eficiente.

6.2 Recomendaciones

Es crucial considerar la merma de extracto en cada etapa del proceso. Aunque en algunos sectores la pérdida es mayor que en otros, todas las áreas presentan desperdicios que pueden ser gestionados y reducidos eficazmente.

Monitoreo Continuo: Establecer un sistema de monitoreo constante para evaluar el desempeño del proceso de recuperación de extracto, lo que permitirá realizar ajustes en tiempo real y maximizar su efectividad.

Capacitación del Personal: Capacitar al personal en el manejo y mantenimiento del sistema de decantación, promoviendo prácticas óptimas que aseguren su funcionamiento adecuado y una prolongada vida útil.

Expansión del Sistema de Recuperación: Evaluar la posibilidad de implementar sistemas de recuperación de extracto en otras etapas del proceso de producción para continuar reduciendo la merma y optimizar los recursos de manera integral.

Revisión de Indicadores de Eficiencia: Actualizar los indicadores de eficiencia y los sistemas de control de merma para reflejar la reducción lograda, así como para identificar nuevas oportunidades de mejora en otros bloques de producción.

Optimización Energética: Considerar la implementación de prácticas de eficiencia energética para reducir el consumo de energía asociado al sistema de recuperación, mejorando aún más la sostenibilidad de la planta.