

**ESTUDIO TÉCNICO DE FACTIBILIDAD DE RECUPERACIÓN Y
REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EL SALÓN DE EMBOTELLADO DE LA
CERVECERÍA DE BUCARAMANGA**

LUZ ADRIANA MOJICA RODRÍGUEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2009**

**ESTUDIO TÉCNICO DE FACTIBILIDAD DE RECUPERACIÓN Y
REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EL SALÓN DE EMBOTELLADO DE LA
CERVECERÍA DE BUCARAMANGA**

LUZ ADRIANA MOJICA RODRÍGUEZ

**Trabajo de Grado presentando como requisito para optar el título de
Ingeniera Química.**

Director

**Ingeniero Químico. Jorge Enrique Barreto Yepes
Gerente Embotellado Cervecería de Bucaramanga**

Codirector

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

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2009.

DEDICATORIA

Gratitud eterna e inmensa a Dios por ser la luz que guía e ilumina cada paso que doy y cada sueño que tengo; por hacerme la persona más afortunada del mundo con cada experiencia y cada persona que a mi vida le ha regalado.

A mi mami, mi motivación y fuente de tranquilidad, ella que con sutileza y amor me corrige, poniéndole el toque secreto a mis proyectos. A mi papi, por contagiarme de su perseverancia y por inyectarme la fortaleza que lo caracteriza; esta mezcla me enseña a poner todo de mí en cada cosa que hago.

A Palito, la hermanita de mi alma, por contagiarme de su serenidad, por tenerme paciencia y porque sin su llegada mi vida sería totalmente diferente.

A Nano, porque siendo mi complemento, es la persona con quien quiero compartir todos y cada uno de los sueños, metas y proyectos de mi vida, este triunfo es nuestro.

A mis abuelitos y familiares, en especial a mi tía Lilia, a ellos les debo muchas cosas que me caracterizan y las bases que me impulsan a ser mejor ser humano cada día.

A Dubin, Jonatin y Dani, los amigos que me acompañaron en esta etapa, les aseguro que en este trabajo hay millones de huellas de ustedes. A Nanita y Laurita, porque les debo muchas cosas que hoy por hoy me conforman; todos ellos habitan dentro de mi corazón. ¡Mil Gracias!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Jaime Eugenio Gutiérrez Prieto, director de la cervecería de Bucaramanga, por darme la oportunidad de enriquecer enormemente mi carrera profesional y hacerme afortunada con esta experiencia. Al ingeniero Jorge Enrique Barreto Yepes, gerente de embotellado, por su apoyo permanente que en el mejor momento me brindó; por la experiencia y consejos impartidos; así como la inteligencia y sabiduría que lo caracteriza, convirtiéndose en el eje vital y el motor de este trabajo de grado, a él infinitos agradecimientos, por hacerme con sus conocimientos e invaluable ingrediente mejor Ingeniera Química. Al ingeniero Pedro Alonso Amado Varela, quien me guió y acompañó incansablemente durante cada etapa de trabajo. El más especial e inmenso agradecimiento a todos los ingenieros del área de embotellado, grandiosos profesionales y excepcionales seres humanos, indudablemente cada uno de sus aportes deja huella reflejándose en esta publicación. A todos y cada uno de los operadores del área, sus conocimientos y apoyo, coadyuvaron sustancialmente con cada uno de los logros.

Al profesor Crisóstomo Barajas Ferreira, mi codirector, mil gracias por sus consejos e incondicional y desmedido apoyo; por las palabras de aliento, por intercambiar sonrisas, preocupaciones e ideas; él, que con su inmensa integridad, me enseñó a ser mejor ser humano, mejor profesional.

A mi grandiosa universidad, la Universidad Industrial de Santander, que me acogió en todos sus espacios durante los últimos 5 años, adentrándome en el fantástico mundo de la academia. A mi escuela, la escuela de Ingeniería Química, por las herramientas que me brindó para adquirir conocimientos y por su puesto a todos mis profesores, por su valioso conocimiento para mi íntegra formación.

A mis compañeros de carrera por las experiencias compartidas gracias, gracias, gracias y a todos ¡mil éxitos!

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	1.
1. GENERALIDADES	4.
1.1. LÍNEA DE EMBOTELLADO	5.
1.2. LAVADORA DE BOTELLAS	6.
1.3. ENVASADORA	8.
2. METODOLOGÍA	10.
2.1. ANÁLISIS DEL LAYOUT DE AGUA FRESCA DEL SALÓN DE EMBOTELLADO.	11.
2.2. IDENTIFICACIÓN DE CADA UNO DE LOS PUNTOS DE CONSUMO DE AGUA FRESCA.	11.
2.2.1. Puntos Críticos de Consumo.	11.
2.3. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.	11.
2.3.1. Control y disminución del desperdicio y capacitación del Personal.	11.
2.3.2. Caracterización Fisicoquímica y Microbiológica de Efluentes.	12.
2.3.3. Análisis de Efluentes a Recuperar y Reutilizar.	13.
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.	14.
3.1. DISMINUCIÓN DE DESPERDICIOS Y ESTANDARIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS.	15.
3.2. CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES.	18.
3.2.1. Selección de Efluentes.	18.
3.2.2. Resultados Fisicoquímicos y Microbiológicos.	19.
3.3. UTILIZACIÓN DE EFLUENTES.	21.
3.3.1. Antecedentes del Sistema de Recuperación.	22.
3.3.2. Sistema de Recuperación.	22.
3.3.3. Efluentes a Reutilizar.	26.
4. CONCLUSIONES.	29.
5. RECOMENDACIONES.	30.
6. BIBLIOGRAFÍA.	31.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Descripción metodológica.	10.
Figura 2. Consumo de agua por equipos L1.	15.
Figura 3. Consumo de agua por equipos L2.	15.
Figura 4. Variación consumo de agua lavadora de botellas L2.	17.
Figura 5. Disminución de desperdicios fase 1, salón de embotellado.	17.
Figura 6. Índice de agua antes y después de la puesta en marcha del filtro, L1.	24.
Figura 7. Índice de agua antes y después de la puesta en marcha del filtro, L2.	24.
Figura 8. Comportamiento índice de agua Salón de Embotellado.	24.
Figura 9. Índice de agua planta.	25.
Figura 10. Variación costos Salón de Envase.	25.

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Planes de acción fase 1.	16.
Tabla 2. Efluentes seleccionados.	18.
Tabla 3. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de caracterización comparados con datos del documento estándar de usos de agua de SABMiller.	20.
Tabla 4. Comparativo de parámetros, agua de la lavadora de botellas, cervecería de Bucaramanga Vs. Boyacá.	22.
Tabla 5. Características fisicoquímicas sistema de filtración L1	23.
Tabla 6. Características fisicoquímicas sistema de filtración L2.	23.

ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Líneas de embotellado	35.
Anexo 2. Lavadora de botellas	37.
Anexo 3. Red de agua salón de embotellado	39.
Anexo 4. Análisis microbiológicos	40.
Anexo 5. Especificaciones técnicas	41.
Anexo 6. Mapa de pérdidas	42.
Anexo 7. Otras disposiciones usos de agua en la cervecería	43.
Anexo 8. Prueba de jarras	45.
Anexo 9. Filtro de lecho profundo lavadora de botellas	46.
Anexo 10. Red de agua reutilizada salón de embotellado	51.
Anexo 11. Plan de acción-Reutilización	52.

GLOSARIO.

Agua de proceso: Es el agua usada para el proceso de limpieza de la planta e interna de equipos, limpieza de envases, pasteurización y servicios generales. Puede ser: *Tratamiento primario*, utilizada para el riego final de la lavadora de botellas, lavado y enjuague final de equipos, pasteurizadora y servicios generales; el agua tratada en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la cervecería entra en este tipo.

Tratamiento secundario, para el lavado de envases (excluido el enjuague final); es ésta el agua que una vez usada, se decide recuperar o reutilizar

Agua de producto: Es la usada como ingrediente del producto. Puede ser de tres tipos:

No desaireada, es la utilizada para adicionar al producto antes de la fermentación

Desaireada- no carbonatada, utilizada para la dilución de la levadura

Desaireada y carbonatada, para diluir el producto después de la fermentación

CIP: (*Clean In Place*), sistema de limpieza y sanitización interna de los equipos y las líneas. Se utilizan para este propósito además de agua, ácido fosfórico, ácido peracético y soda cáustica con concentraciones variantes dependiendo del equipo.

Coating: Aditivo agregado en la lavadora de botellas, que a modo de película externa protege la botella contra ralladuras.

Control Estadístico de Proceso: Es una técnica por la que se hacen una serie de lecturas y se las dibuja en un gráfico de funcionamiento con límites de control para establecer si el proceso todavía está centrado y si la variación es normal.

Cultura 5S: Aplicación de los siguientes parámetros en cada actividad de la vida de los trabajadores, desde lugares de descanso hasta el área de trabajo: despeje y clasificación (*seiri*), limpieza (*seiso*), organización (*seiton*), estandarización (*seiketsu*) y sostenimiento a través de la disciplina (*shitsuke*).

DBO: Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg/l. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla. Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20°C; esto se indica como DBO₅.

DQO: Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, por medios químicos, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.

Electroválvula: Dispositivo que controla el flujo de un fluido a través de una tubería.

Estibado: Conjunto de canastas colocadas convenientemente en capas.

Layout: Diagrama de flujo de proceso que incluye corrientes de entrada y salida de los equipos involucrados, para un elemento determinado.

Lección de Un Punto: Metodología concisa y corta que estandariza y describe los modos estándar de operación de algún procedimiento.

Línea de embotellado: Cada tren de embotellado está constituido por una (1) depaletizadora, una (1) desencanastadora, una (1) lavadora de botellas, (1) lavadora de cajas, dos (2) inspectores Omnivision, dos (2) envasadoras, una (1) pasteurizadora, dos (2) etiquetadoras, una (1) encanastadora y una (1) paletizadora. El salón de embotellado de la Cervecería de Bucaramanga cuenta con dos trenes de embotellado.

Manufactura de Clase Mundial: Conjunto sistemático de las mejores prácticas que generan en los grupos empresariales competitividad de clase mundial. El fundamento de esta política es el liderazgo y la gestión del cambio, basados en el trabajo en equipo, prácticas de 5S, medición visual del desempeño y mejora enfocada; estos incluyen los siguientes pilares: mantenimiento autónomo, mantenimiento centrado en el negocio, reducción del tiempo de montaje, calidad, medio ambiente, salud y seguridad (EHS, Environmental, Health & Safety)

Prerinse: Primeros riegos de inyección con los que la botella entra en contacto. Proporcionan un enjuague preliminar a la inmersión dentro del primer tanque de soda cáustica de la lavadora de botellas además de evitar aumento de rotura por choque térmico.

Prueba de Jarras: Prueba que permite determinar la dosificación adecuada de coagulantes, para el tratamiento de aguas.

QCStory: Metodología de solución de problemas que considera datos y hechos reales, y aplica para su solución un procedimiento análogo al comprendido en el ciclo P-H-V-A (planear, hacer, verificar y analizar)

Setpoint: Valor esperado para la variable que se desea controlar.

RESUMEN

TITULO: ESTUDIO TÉCNICO DE FACTIBILIDAD DE RECUPERACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EL SALÓN DE EMBOTELLADO DE LA CERVECERÍA DE BUCARAMANGA*.

AUTOR: LUZ ADRIANA MOJICA RODRÍGUEZ**.

PALABRAS CLAVE: Tratamiento de agua, filtración, lavadora de botellas, CERVECERÍA BUCARAMANGA.

DESCRIPCIÓN.

En la cervecería existen dos tipos principales de agua, que varían según los parámetros de calidad de cada uno. El agua de producto es utilizada expresamente en el área de elaboración. El agua de proceso, que puede ser de tratamiento primario o secundario tiene el mayor porcentaje de uso en el embotellado. Ingresa a la lavadora de botellas en los riegos de agua fresca para darle el enjuague final al envase; actúa como fluido de refrigeración en los sellos de las bombas de vacío de las envasadoras y es alimentada a la pasteurizadora y a las duchas de enjuague de la lavadora de cajas, usándose en todos los casos agua de proceso de tratamiento primario; con este estudio se busca reemplazar agua de proceso de tratamiento primario por agua de proceso de tratamiento secundario.

Se realizaron estudios fisicoquímicos y microbiológicos a efluentes de agua que, potencialmente, son focos de desperdicios. Los resultados se compararon con parámetros de usos de agua establecidos por SABMiller, a partir de los cuales se generaron planes de acción correspondientes.

Se logró la reducción del índice de agua del salón de embotellado en un 25%, viéndose los mejores avances una vez implementado el filtro de arena, como sistema de tratamiento de agua para la lavadora de botellas. Además se determinó que es posible darles usos secundarios a los focos de desperdicio del salón; estos hechos ratifican el posicionamiento de la cervecería de Bucaramanga en Colombia, reduciendo significativamente los gastos por captación y tratamiento de aguas residuales.

*Práctica Empresarial.

**Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: M.Sc Crisóstomo Barajas Ferreira, Universidad Industrial de Santander. Co-Director: Ing. Jorge Enrique Barreto Yepes, Cervecería de Bucaramanga.

ABSTRACT

TITLE: TECHNICAL FEASIBILITY STUDY OF WATER TREATMENT AND REUSE AT BUCARAMANGA BREWER'S PACKAGING ROOM*.

AUTHOR: LUZ ADRIANA MOJICA RODRÍGUEZ**

KEYWORDS: Water treatment, filter, bottle washer, Bucaramanga brewer.

DESCRIPTION

In SABMiller there are two major water types are used on a Brewery Site, the naming / description of the water types is either based on its treated characteristics and its use or the water source. Non deaerated, deaerated non carbonated and deaerated & carbonated water are product water, their primary use is as an ingredient in the product and since beer is classified as a food as such all ingredients used in the brewing of beer must comply with all local and international water, food and drink legislation. Primary and secondary treatment water are process water. Their major use is in packaging as final rinses in package cleaning; pump seals refrigeration in filler; pasteurisers and crate washer final rinses. In each case described above, primary treatment water is used (it is received and treated into the Brewery Site); this study is focused on use secondary treatment water instead of primary treatment water, if water quality fits for purpose.

SABMiller includes in its ethics policy the sustainable development as a standard of all its processes, this project reaches that goal. Physicochemical and microbiological parameters were analyzed in water waste points. Results were compared with Brewery Water Standards to create action plans.

Water packaging index decreases 25%, the implementation of the deep sand filter as bottle washer water treatment has produced a considerable progress. Hence is achievable to use water waste points as secondary treatment process water; these facts ensure Bucaramanga Brewer as an important brewer in Colombia, created and built environmental instruction in all packaging workers and have a significantly costs reduction.

*Internship, Bucaramanga Brewer.

** Physical and Chemical Department. Chemical Engineering Department, Director: M.Sc Crisóstomo Barajas Ferreira, Industrial University of Santander. Co-Director: Ing. Jorge Enrique Barreto Yepes, Bucaramanga Brewer.

INTRODUCCIÓN

La elaboración de cervezas y productos de malta requiere de dos tipos de agua que según su tratamiento y/o destino puede ser: Agua de producto y agua de proceso de tratamiento primario o secundario. Las aguas de producto se utilizan en el área de elaboración, por otra parte aguas de proceso fundamentalmente se usan en el área de embotellado, ésta última, que representa un 27,5% del consumo de agua de la cervecería.

Antes de iniciar el presente trabajo, se registró en la cervecería de Bucaramanga un consumo de 4,07hl de agua por cada hectolitro de cerveza producido, distribuidos de la siguiente manera: 2,28 en el área de elaboración (cocinas: 1,05 enfriadores: 0,65, filtración: 0,52, tanques fermentadores y maduradores: 0,45), 0,58 en servicios (torres de enfriamiento: 0,18, calderas: 0,24 y sala de máquinas: 0,16), 0,09 en el edificio administrativo, 0,01 en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR, 1,12 para el salón de envase (1,31 y 1,03 hl agua/hl envasado en la línea 1 y 2, respectivamente); siendo la lavadora de botellas y las envasadoras los puntos de mayor consumo con 17000 m³ por mes, cantidad que podría abastecer a una población de 4000 habitantes.

La línea de cerveza llega a las envasadoras desde el área de filtración. Las botellas retornables que han sido previamente desempacadas de las cajas y minuciosamente lavadas, arriban a las envasadoras, previa inspección de lavado. Posteriormente el producto ingresa a la pasteurizadora que le otorga estabilidad microbiológica. A continuación la máquina etiquetadora, según el producto envasado, le da la identidad diferenciándolo de otras marcas y decorando la presentación. Finalmente en la empacadora las botellas ingresan a

las cajas para dirigirse hacia el depósito donde son distribuidas a los consumidores.

La política ética y valores de SAB-Miller se erigen bajo los pilares del desarrollo sostenible, preocupándose por “crecer de manera sostenible sin afectar el medio ambiente, invertir en investigación y desarrollo de tecnologías y en procesos que aminoren el impacto negativo sobre el ecosistema, como requerimiento básico para lograr mejores condiciones de vida en el futuro”[1]. En torno a lo anterior, el desarrollo de esta práctica empresarial se enfocó en identificar los nodos de mejora en procedimientos, concernientes en tres ítems fundamentales: puntos críticos de consumo, prácticas de operación y reutilización/recuperación de agua, iniciando con la generación y puesta en marcha de planes de acción; como propósito técnico de este estudio se busca determinar la posibilidad de implementar procedimientos que, ayudándose de etapas sencillas de tratamiento, logren la reducción del índice de agua del salón de embotellado y proponer otros que, siendo de fácil implementación, logren darle usos secundarios a algunos efluentes, minimizando desperdicios.

La primera fase se orientó a la capacitación y sensibilización del personal operativo del salón de embotellado; esto incluye en primera instancia, minimizar los consumos, controlar las fugas y evitar desperdicios en aseos, entre otros. En esta labor coadyuvaron: análisis del *layout* de agua, realización del mapa de pérdidas, seguimiento de consumos en puntos críticos y la divulgación formal e informal de documentos de estandarización y solución de problemas, tales como Cinco Por Qué, Lección de un Punto, QC-story's, entre otros contemplados en las prácticas de Manufactura de Clase Mundial[2]. En cuanto a la reutilización de agua se buscó establecer usos secundarios a efluentes que ya han sido usados, y en los cuales, según parámetros estándares previamente estipulados, no se requieran los mismos niveles presentes en el agua potable. La recuperación de agua va directamente relacionada con el mejoramiento tecnológico, presentando

éste un significativo avance a medida que se desarrolló el cronograma previsto al inicio del trabajo; las propuestas de tratamiento planteadas de modo sencillo, sin necesidad de suntuosas inversiones o sistemas complejos, de la mano con la implementación y puesta en marcha de recursos tecnológicos existentes, tales como el filtro de lecho profundo para la lavadora de botellas, arrojan gratos resultados.

A fin de determinar qué efluentes reutilizar y a cuáles destinar tratamiento previo a su posterior uso, se realizaron caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas determinándose análisis de: pH, conductividad, color, turbidez, temperatura, dureza, alcalinidad, presencia de iones de hierro, aluminio, manganeso, cloruros, sólidos totales, ácidos grasos, DBO, DQO, coliformes, entre otros. Con las actividades descritas se logró la disminución en hasta un 25% del índice de agua del salón de embotellado, garantizándose con ello el cumplimiento de los valores corporativos y el posicionamiento de la cervecería dentro del desarrollo sostenible; se habilitaron sistemas que, aunque instalados, se encontraban en desuso, evitando el cumplimiento cabal de las reglas estipuladas en la política de 5S[2][3] y se estandarizaron procedimientos de operación, contenido como fin indirecto dentro del objetivo general que antecede a este trabajo de grado.

Bajo este marco de resultados y una vez analizados los efluentes de mayores desperdicios y comparándose las caracterizaciones realizadas con la información consignada en el documento de usos de agua creado por el Grupo Técnico de SABMiller[4], se obtiene una respuesta afirmativa a la factibilidad de recuperación y reuso planteada al inicio del estudio y se estructuran las propuestas y planes de acción pertinentes. La supervisión de los profesionales del área de embotellado, expertos en solución de problemas, mejoramiento continuo y la pericia y disposición permanente para los cambios, características del personal operativo de la cervecería, fueron fundamentales en el desarrollo de cada uno de los trabajos realizados.

1. GENERALIDADES

Los azúcares presentes en las materias primas que constituyen la cerveza son utilizados por las levaduras, las cuales disociando moléculas de glucosa adquieren energía para vivir, obteniéndose como subproductos del proceso de fermentación alcohol y CO₂. En esencia este guarda los secretos de las mejores bebidas y es por esto considerado el corazón de la cervecería.

No obstante, proporcionar excelentes condiciones de tecnología, mano de obra, innovación e investigación a lo largo del proceso de fermentación no garantiza el cumplimiento de la visión corporativa; en adición a esto es importante otorgar igual importancia y preocupación a los procesos previos a la fermentación: maltaje y elaboración del mosto. Pero allí no se detiene el trabajo ni los cuidados de los maestros cerveceros, la maduración y filtración se convierten en parte de esta función que, al depender de numerosas variables, requiere delicados controles que garanticen los mejores resultados.

En ese momento la exquisita bebida está presta a salir del área de producción, pero no aún para llegar a los exigentes consumidores, entonces es necesario empacar este especial regalo que, con el esfuerzo del recurso humano más calificado de nuestra región, se ha forjado para llegar a los diferentes destinos. En este orden de ideas, El Embotellado se convierte en la última intervención de la cervecería sobre el producto (cualquier factor que cruce los límites de control y supervisión puede atentar directamente sobre éste) y en el medio a través del cual se hacen tangibles la serie de procesos enunciados y brevemente descritos anteriormente.

Este proceso está constituido por el conjunto de operaciones necesarias para introducir el líquido dentro del envase (las botellas de vidrio retornables son el formato utilizado en la cervecería de Bucaramanga) y colocarlo en empaques

secundarios adecuados para su transporte y mercadeo. Los propósitos principales son brindar al producto protección contra la luz y el ambiente y ofrecer una presentación excelente y atractiva que promueva el consumo del mismo[5].

1.1 LÍNEA O TREN DE EMBOTELLADO

El salón de envase de la cervecería de Bucaramanga está formado por dos líneas o trenes de embotellado, cada uno consta de 11 equipos principales. El anexo 1 muestra un sencillo diagrama de los trenes 1 y 2 de Bucaramanga, que según la programación del planeador envasan: Costeñita, Águila 225, Pony Malta 225 y Pony Malta 330, Águila 330, Pilsen, Póker, Águila Light, respectivamente.

Las canastas con envase vacío regresan de los puntos de consumo al depósito, éste debe disponerlas y organizarlas en estibas. En el depósito, se forman estibas de 45 canastas (5 capas y 9 cajas por capa). La depaletizadora convierte las capas en canastas individuales, las cuales se disponen hacia la desencanastadora, (a través de los transportadores de caja vacía) allí las botellas se desempacan de las canastas, efectuándose esta operación de a 6cajas/ciclo; las canastas vacías son alimentadas a la lavadora de cajas.

Las botellas vacías, por su parte, se dirigen hacia la lavadora de botellas, (que requiere como materiales agua, soda cáustica, aditivos para remoción de etiqueta y aplicación de coating como película protectora para la pared externa de la botella, protegiendo el envase contra rayaduras) en su viaje a través de los transportadores de botella, dentro de esta máquina permanecen de 40-45 minutos; éste equipo representa el punto más crítico de consumo de agua en el salón.

Los inspectores omnivision, a la salida de la lavadora, se encargan de realizar inspecciones de calidad en el lavado (líquido residual, arrastre de soda, presencia de cuerpos extraños, entre otros) y en la presentación de la botella (boquillas despicadas, ralladuras de cuerpo, base deteriorada). Una vez el envase ha sido

aprobado por el inspector, se inicia el llenado en la envasadora (que además proporciona un tapado que garantiza el mantenimiento de las características del producto), cuya velocidad alcanza las 72000botellas/h; esta es un área crítica que afecta directamente la calidad del producto final, la cerveza es una de las bebidas más sensibles al oxígeno, (las bombas de vacío extraen el aire de la botella) por esto protección insuficiente trae como consecuencia enturbiamiento y cambio en el sabor, lo cual disminuye progresivamente la vida útil y calidad[5].

Seguido de esto, en la pasteurizadora se prolonga la vida útil del producto, por inactivación de todos los organismos capaces de crecer o bien de enzimas que puedan causar cambios químicos indeseables.

La calidad de un producto es tan importante como su presentación. Las etiquetadoras se encargan de colocar la etiqueta respectiva de la marca para su identificación, constituyendo ésta un área importante pues la presentación es influyente en la aceptación que el producto tendrá por parte de los consumidores[6]. Finalmente en la empacadora o encanastadora, las botellas ingresan a las canastas y la paletizadora realiza la función análoga a la depaletizadora, formando las estibas, éstas se almacenan en el depósito y se despachan según los requerimientos del mercado.

1.2 LAVADORA DE BOTELLAS

Este equipo representa el punto de consumo más considerable del salón de embotellado, por tal razón la mayor parte de las actividades consignadas en el plan de acción se enfocan en puntos de mejora sobre éste equipo. Los párrafos siguientes reúnen características generales de funcionamiento y operación de la lavadora de botellas, fundamentales para conocer la esencia del problema y en torno a esto plantear alternativas viables y sencillas que arrojen resultados congruentes con los objetivos pactados anteriormente.

El objetivo de la lavadora de botellas es asegurar que los envases sean entregados a las envasadoras totalmente limpios e higiénicos. La máquina debe limpiar: suciedad, polvo, residuos de producto, insectos y sus huevos, moho, levadura, olores, etiquetas y bacterias. Los envases que se descargan de la máquina deben tener apariencia reluciente, sin ninguna señal de decoloración a causa de los detergentes y soluciones lavadoras empleadas. Además deben estar a temperatura ambiente o inferior y la microbiología dentro del envase deberá mostrar la calidad del agua fresca utilizada en la sección de jugado[5].

Tanto la lavadora de botellas de la línea 1 marca B&W HidroJet, modelo 212 modificada a 11 tanques como la lavadora de la línea 2 marca H&K Omega, de 6 tanques, son de extremo doble (el envase entra por el extremo próximo y sale por el opuesto). Las figuras 13 y 14 del anexo 2 muestran un diagrama de la lavadora de botellas de extremo doble y el esquema de la lavadora H&K Omega de la línea 2, respectivamente. El recorrido que sigue el envase es el siguiente:

1. Pre-escurrido inicial del contenido de la botella, el cual va a desagüe.
2. Tanque de pre-remojo para atemperar las botellas y remover contaminantes dispersos.
3. Baños de remojo en soda cáustica, cada uno está dotado con un sistema de extracción de etiquetas.
4. Enjuague de botellas antes del descargue: primero en agua caliente a 50°C, después en agua fría a 40°C y finalmente con agua fresca a temperatura ambiente

La lavadora tiene utilización de agua fresca (proveniente de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la cervecería) en los siguientes casos:

- Llenado de los tanques 5 a 11 (línea 1) o 4 a 6 (línea 2) y los tanques de la jugadora iniciando ciclo
- Como uso continuo de los dos o tres primeros riegos del coche de jugado, entendiéndose éste como la última sección comprendida por los tanques de preenjuague y enjuague, en los que se realiza el lavado final de la botella.

- Como compensación de tanque de agua recirculada del tanque de juagado[7].

El recorrido del agua fresca es el descrito a continuación. El agua fresca ingresa a la lavadora de botellas a los riegos de agua fresca, ésta se almacena en el tanque de enjuague, de donde es bombeada directamente a los riegos de preenjuague; una vez cae al tanque de preenjuague, pasa por rebose al tanque 6 de la lavadora de botellas para finalmente pasar al tanque 5, evitando el arrastre de soda y regulando la temperatura, de donde va directo al drenaje.

1.3 ENVASADORA

Constituyen aproximadamente el 20% del consumo de agua del salón de embotellado. Por esto centrar nuestra atención en este punto es de gran ayuda para el cumplimiento del objetivo general, a continuación se describe de modo general su funcionamiento, considerándolo como base para entender las recomendaciones que proceden a este trabajo de grado.

La máquina llenadora, se encarga de envasar el producto proveniente del tanque de contrapresión en el envase de vidrio. Se debe garantizar: nivel de llenado correcto y constante, mínima incorporación de aire al producto, no pérdida de gas carbónico, no pérdida de cerveza, no contaminación microbiológica y tapado que garantice la vida útil del producto. Son partes principales de la envasadora: calderín, válvula de llenado, cilindro elevador, motor principal, distribuidor de potencia eléctrica, distribuidor de líquido, panel externo, base. El sistema HDE, autoflush y bombas de vacío son partes auxiliares, estos se describen a continuación, por cuanto constituyen el consumo de agua.

1. HDE: Es un chorro muy fino de agua pura a alta presión y 85°C, que es inyectado dentro de cada botella inmediatamente después de salir de la

envasadora, produciendo un desprendimiento de burbujas muy finas de CO₂ que barren el aire presente en el cuello de la botella.

2. El sistema autoflush consiste en una serie de duchas de agua a alta presión, que limpian las válvulas cuando se presentan explosiones, evitando así la inclusión de vidrio en el producto. Constituyen casi el 12% del consumo de agua del salón de embotellado.
3. Las bombas de vacío marca SIHI, cuya refrigeración se realiza con un sello de agua cumplen las funciones de evacuación contempladas en el proceso general de llenado, descrito a continuación. Primera evacuación (vacío para retirar el aire que llena la botella), barrido con CO₂, segunda evacuación, presurización del envase con CO₂, llenado del envase, finalización del llenado, corrección del nivel de llenado y alivio de presión.

Durante la primera y segunda evacuación la botella es presionada contra la válvula de llenado para dar sello, una leva fija opera la válvula de vacío y conecta la botella al canal de vacío, la bomba de vacío genera un vacío en la botella de al menos el 90%. La evacuación es solamente activada si hay presencia de botella, característica particularmente importante pues previene que el vacío caiga por debajo del 90%. Durante la segunda evacuación la mezcla de CO₂/aire es retirada de la botella por efecto del vacío (del 90%). Después de esta evacuación el contenido de aire remanente es tan bajo que después de la presurización, la concentración de CO₂ es mayor al 98%[8].

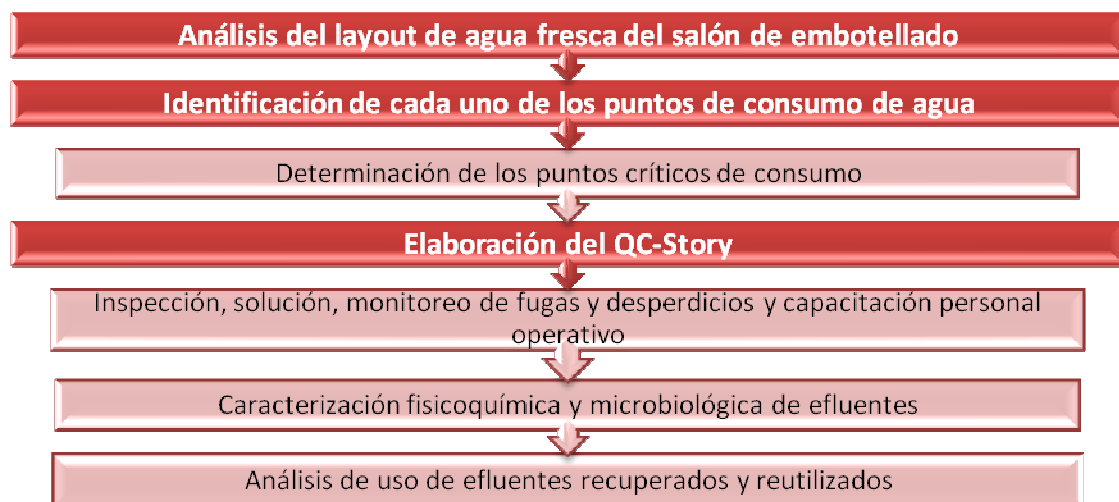
El agua de refrigeración ingresa por la acción de una electroválvula que se abre una vez la temperatura alcanza el set-point (que oscila entre 34-32°C para las envasadoras del tren 2 y entre 28-30°C para las envasadoras del tren 1). La entrada de agua permanece constante hasta que la temperatura se haya regulado (durante aproximadamente entre 30-90s), una vez se alcance este objetivo se detiene el flujo de refrigeración, accionándose nuevamente cuando la temperatura se incrementa hasta la programada en el tablero de control. Esto representa un consumo estimado de 3m³/h en cada línea, un 15% del consumo de agua del salón de embotellado.

2. METODOLOGÍA

La identificación de los puntos de consumo de agua del salón de embotellado, y posterior análisis de aquellos que añaden criticidad orientan en primera instancia el desarrollo de esta práctica empresarial.

Una vez abordado el problema y adicionando a éste el respectivo análisis de causas, se constituye (conforme al cronograma realizado al inicio del estudio) el QC-Story, como metodología de solución de problemas adoptada; éste da desarrollo a tres grupos globales de prácticas: corrección y garantía de control de fugas y desperdicios y concientización del personal operativo (entendiéndose éstos como coautores del medio ambiente) a cerca de la importancia del desarrollo sostenible; caracterización fisicoquímica y microbiológica de efluentes críticos; planes de acción y recomendaciones, que basados en los resultados de caracterización, satisfacen plenamente el documento del grupo técnico de SAB-Miller “Brewery Water Standards” [9][10][11]. El siguiente diagrama de bloques esquematiza la metodología y los detalles relevantes se describen en los capítulos subsiguientes.

Figura 1. Descripción metodológica



Fuente: Autor

2.1 Análisis del *layout* de agua fresca del salón de embotellado: Se realizó el seguimiento de la línea de agua fresca actual, en operación Vs. *layout* existente de 2005 del salón de embotellado, realizando las actualizaciones pertinentes, la figura 15 del anexo 3 muestra el plano isométrico utilizado para este propósito.

2.2 Identificación de cada uno de los puntos de consumo de agua fresca: De modo simultáneo con la etapa descrita en el procedimiento anterior se identificaron los equipos, que sea en operación o en arranque requieren el uso de agua fresca, siendo estos la lavadora de botellas, envasadoras, lavadora de cajas y pasteurizadora.

2.2.1 Puntos críticos de consumo: En el siguiente paso se realizaron análisis de caudales de las máquinas enunciadas anteriormente, determinándose los puntos críticos de consumo, en este orden de ideas, las etapas descritas a continuación y la discusión expuesta en el capítulo siguiente, se erigen y estructuran considerando su criticidad.

2.3 Metodología de solución de problemas: Una vez se reunió la información indispensable para el conocimiento del problema (definir el problema, medir las variables involucradas, analizar la información para encontrar la causa raíz objetables a máquina, método, medida, medio ambiente, materiales, management), se eligieron las metas y se generaron los planes de acción que reúnen una serie de actividades consignadas en tres grupos principales descritos a continuación.

2.3.1 Control y disminución del desperdicio y capacitación del personal: Con esta etapa se solucionan los problemas detectados en la fase anterior, que se refieren globalmente a máquina, medida y mano de obra.

Las prácticas consignadas en la política de Manufactura de Clase Mundial (MCM)[2], jugaron un rol fundamental en el desarrollo de estas labores. Se crearon

documentos, como Lecciones de Un Punto para la lavadora de botellas, concernientes al lavado del coche de enjuague final y al montaje y desmontaje de los riegos de enjuague; también en lo que respecta al modo correcto de operación del filtro de lecho profundo para la lavadora de botellas, especialmente realización de retrolavados; se realizó la síntesis de tareas, actividades y principales resultados a través de la metodología de *Lección Aprendida*[12].

La enseñanza y divulgación formal (documentación) e informal (reentrenamiento) constituyen la fase de la capacitación. Por otra parte, el seguimiento de los resultados a fin de alcanzar el mantenimiento de éstos, se realizó con la metodología de control estadístico de procesos[13], en la cual el sodero de turno (como operador del punto crítico de consumo) registra en una carta de control, que se rige según la señalización de semáforo[13], el consumo de la lavadora de botellas.

2.3.2 Caracterización fisicoquímica y microbiológica de efluentes: Según las actividades realizadas en la sección 2.2.1, se realizó el análisis fisicoquímico y microbiológico de efluentes para el coche de enjuague de la lavadora de botellas, tanque 5 y 6 de la lavadora de botellas H&K Omega y bombas de vacío de las envasadoras. El muestreo se realizó puntual durante varias semanas y las pruebas realizadas incluyen caudal, pH, dureza, alcalinidad, conductividad, turbidez, color, cloruros, grasa, ácidos grasos, análisis fotométricos para hierro, aluminio, manganeso, cloro residual y total, prueba de jarras, DBO, DQO[14] y microorganismos mesófilos, coliformes totales y coliformes fecales, la tabla 7 del anexo 4 muestra las especificaciones microbiológicas[15][16]. La metodología tenida en cuenta para la realización de cada procedimiento se rige estrictamente según documentación interna de gestión de calidad, el documento de operación de la planta de tratamiento de agua de la cervecería de Bucaramanga[17], además

de las disposiciones consignadas en el decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Protección Social[18]; los equipos utilizados hacen parte de la Planta de Tratamiento de Agua Potable con que cuenta la cervecería. Las especificaciones técnicas de los equipos se consignan en la tabla 8 del anexo 5[19][20][21][22] [23].

2.3.3 Análisis de efluentes a recuperar y reutilizar: A partir de las tareas realizadas en la etapa anterior, y fundamentándose en:

1. Documento corporativo del grupo técnico *“SAB-Miller Water Standards”* [24][25][26].
2. Investigaciones y procedimientos que funcionan en diferentes cervecerías adscritas a SABMiller, arrojando gratos resultados[27][28][29][30].

Se puso en marcha el sistema de filtración de lecho profundo para la lavadora de botellas, éste surge en el marco de las dos bases enunciadas y se enfoca en el tratamiento de efluentes a recuperar.

En este marco, y conjuntamente con el desarrollo de esta fase metodológica se plantean las recomendaciones para los efluentes a reutilizar; para este propósito, fue pertinente analizar las condiciones de operación de las bombas de vacío de las envasadoras y la lavadora de cajas, como destinos de dichos efluentes, las cuales se estructuran considerando los recursos existentes en el salón.

Las recomendaciones y planes de acción ejecutados, se generaron sin alteraciones relevantes en el plan presupuestal del salón de embotellado y dentro de la estructura de 5s[3], buscando el despeje de las áreas y argumentando con razones técnicas, obtenidas a través del presente estudio, la implementación de equipos y prácticas operacionales que aún no se habían considerado o se encontraban en desuso; en ambos casos las decisiones se discutieron en el Comité de Agua de la cervecería y se consignaron en las actas correspondientes.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Durante la fase preliminar del presente estudio se logró el control y disminución de fugas y desperdicios en los equipos previamente catalogados como críticos; se estandarizaron y minimizaron tiempos de realización y recursos, para los procedimientos de la lavadora de botellas, incluyéndose éstos en protocolos de mantenimiento, operación y aseos y suprimiendo la variabilidad registrada a lo largo de los diferentes turnos operativos, dada esta por la inexistencia de Lecciones de Un Punto[2] (cada operador realizaba los procedimientos según su propia y particular metodología); se fomentaron mejores prácticas de operación, a través de concientización de consumo e incentivando las bases y premisas de desarrollo sostenible desde el nivel operativo.

Los resultados de la caracterización se compararon con el estándar de usos de agua de SABMiller, determinándose que las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua del salón de embotellado de la cervecería de Bucaramanga son aceptables para iniciar su recuperación, mientras que en otros casos (considerando que las características de los efluentes hacen complejo, arduo y no viable su tratamiento) se permite la reutilización; incluso, al comparar los resultados con los presentados en el Informe de Embotellado de la cervecería de Boyacá[27], se observa que en ésta se realizan prácticas de reuso y recuperación aún cuando las características, comparadas con las que arrojó este estudio, son menos favorables.

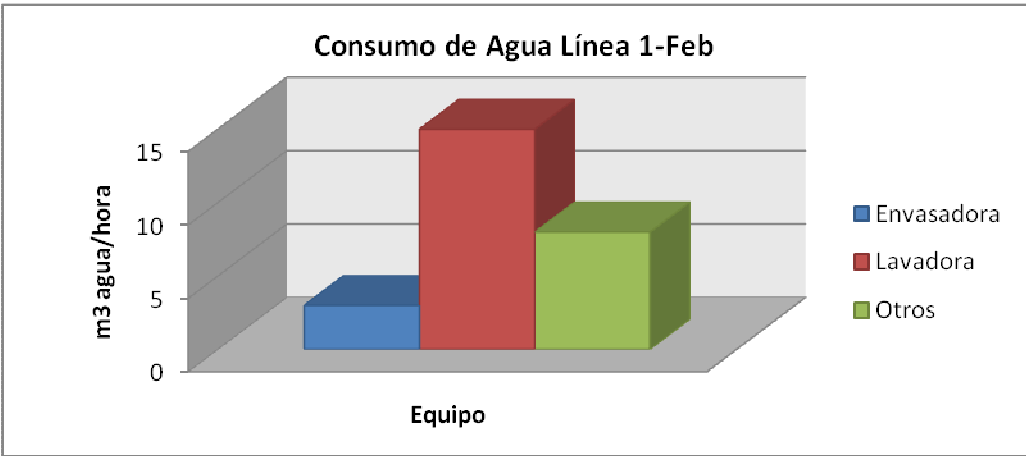
En este estudio se abarcan los planes de acción que conciernen a la recuperación de agua; la generación de alternativas se hace a partir de un análisis de recursos existentes y evitando alteraciones presupuestales y sistemas complejos que carecen de viabilidad técnica y además considerando los resultados brevemente descritos en el párrafo anterior se realizó la puesta en marcha del filtro de lecho profundo a fin de mejorar la calidad del agua de las lavadora

de botellas de cada línea. Los planes de acción pertinentes a la reutilización se plantean a modo de recomendación y podrían constituir el marco estructural de estudios posteriores.

3.1 Disminución de desperdicios y estandarización de procedimientos

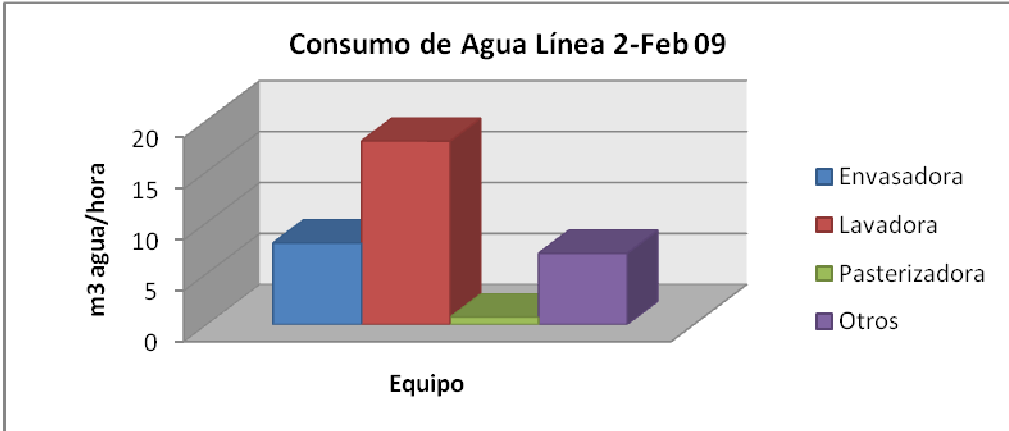
Se generaron rutas de inspección y detección de fugas y desperdicios, enfocándose éstas sobre los puntos críticos de consumo, detectados a partir del mapa de pérdidas de la figura 16 consignado en el anexo 6. El diagrama de pareto de las figuras 2 y 3 muestra los resultados del análisis de desperdicios.

Figura 2. Consumo de agua por equipos L1



Fuente: Autora

Figura 3. Consumo de agua por equipos L2



Fuente: Autora

*El consumo registrado en “otros” corresponde a la lavadora de cajas y aseos generales de pisos en el caso de ambas líneas y además de los gastos anteriores, se incluye la pasteurizadora en el caso de la línea 1.

La tabla presentada a continuación sintetiza las tareas implementadas y los resultados correspondientes, enfocados en la lavadora de botellas a partir de las gráficas anteriores, que al evidenciar la criticidad de éste punto representan el mayor reto del presente trabajo.

Tabla 1. Planes de acción fase 1.

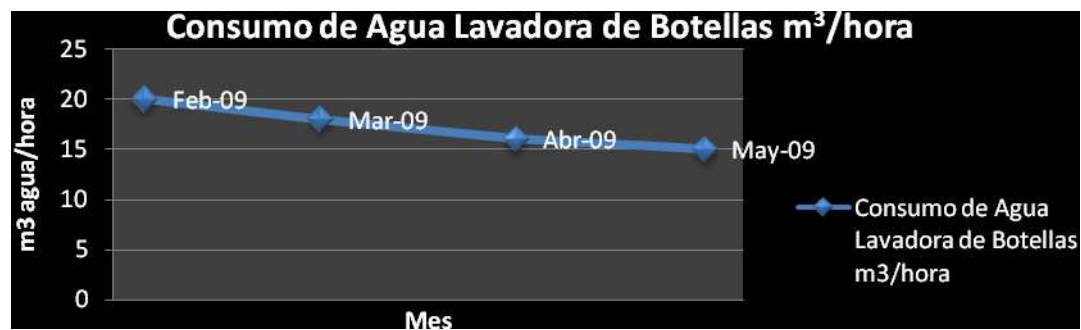
Plan	Resultado	
L.U.P para el lavado del coche de enjuague final de botellas	Ahorro de agua requerida y del tiempo de operación	Estandarización de procedimientos
	Fortalecimiento del trabajo en equipo	
Estandarización montaje y desmontaje de los riegos de enjuague final en la lavadora de botellas	Mejora en la alineación de los riegos y reducción del tiempo de montaje	
	Progreso en Mantenimiento Autónomo, como pilar de Manufactura de Clase Mundial	
Revisión de empaques de la válvula power-jet, que regula el suministro de agua fresca a la lavadora	Detección y solución fugas de agua fresca	Detección y solución de fugas; creación de opciones de mejora
Revisión de las boquillas de la línea de lubricación desde la depaletizadora hasta la desempacadora	Ahorro de agua para lubricación de transportadores de caja vacía	
Generación de aviso de mantenimiento # 10092181, para verificar instalación y calibración de los contadores de la línea de agua	En curso	
Marcar los rangos óptimos de operación en los manómetros del coche de enjuague final	Detección anticipada de problemas y generación de soluciones	
	Fomento de Medida Visual del Desempeño	Formación del personal operativo e implantación de controles
Revisión de los sensores de presión del coche de enjuague final	Detección anticipada de problemas y generación de soluciones	
Establecer la práctica del control estadístico de procesos sobre el consumo de agua de la lavadora de botellas		
Capacitar a los operadores a cerca de la importancia de la disminución del desperdicio	Solución de problema desde causa raíz	

Fuente: Autora

La figura 4 muestra el efecto de los resultados sobre el consumo de la lavadora de botellas y finalmente en la figura 5 se muestra el ahorro general en el salón de embotellado, que corresponde a unos 7m³ agua/hora, hecho que manteniendo una buena eficiencia en la línea repercute en una mejora del índice de 1,5 a1,2.

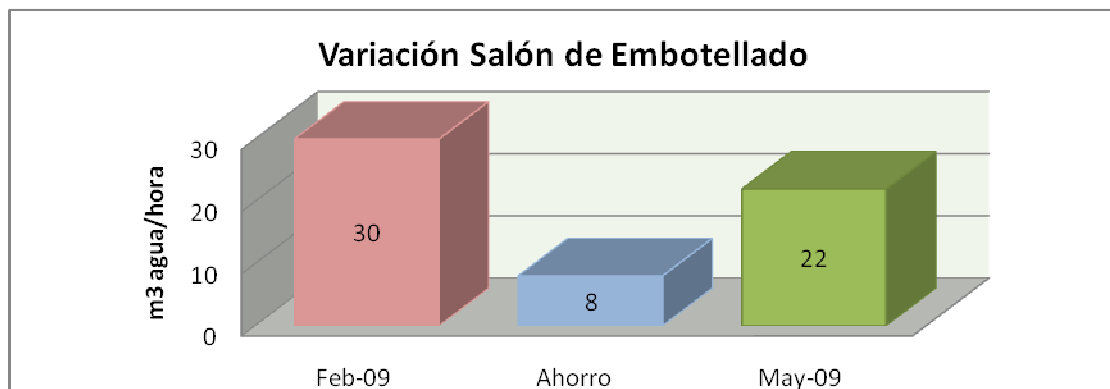
Vale la pena resaltar que tanto los estudios, análisis y planes de acción presentados anteriormente, como los posteriores, se realizaron en primera instancia para la línea 2 y a continuación se extendieron y acoplaron a los equipos y sistemas operativos de la línea 1.

Figura 4. Variación consumo de agua lavadora de botellas L2.



Fuente: Autora.

Figura 5. Disminución de desperdicios fase 1, salón de embotellado



Fuente: Autora

3.2 Caracterización de efluentes

A continuación se muestran los resultados concernientes a la fase de caracterización, así como las comparaciones respectivas considerando los parámetros establecidos por SABMiller.

3.2.1 Selección de efluentes

Con las herramientas descritas anteriormente (diagrama de pareto y mapa de pérdidas del anexo 6) y los puntos críticos de desperdicios como principal resultado obtenido, se seleccionaron los efluentes, que según su criticidad representan el desafío implícito en las conclusiones y recomendaciones, para la proposición de soluciones que apunten en al tratamiento y reutilización de éstos y que por ende minimicen el índice de agua del salón de embotellado.

La tabla 2 presentada a continuación, muestra los efluentes considerados en esta etapa, así como el caudal (m^3/h) que bajo las condiciones presentes al mes de mayo generaban pérdidas. También se muestran efluentes de la lavadora de cajas y bombas de vacío de las envasadoras los cuales se convierten en puntos de gran interés considerando que en la actualidad se utiliza agua fresca para su alimentación; con estos datos y la comparación realizada con el “*documento de usos de agua de SAB-Miller*” se concluye que es factible utilizar agua recuperada, en lugar de agua fresca, como alimentación a estos puntos.

Tabla 2. Efluentes seleccionados.

Equipo	Punto de Desperdicio
Lavadora de Botellas $15\text{m}^3/\text{h}$	Tanque de enjuague Tanque de preenjuague Tanque 6 Tanque 5
Envasadora $6\text{m}^3/\text{h}$	Bombas de vacío
Lavadora de cajas $4\text{m}^3/\text{h}$	Tanque de alta presión Tanque zona turbo

Fuente: Autora

3.2.2 Resultados fisicoquímicos y microbiológicos

Los resultados obtenidos, para cada efluente, y la comparación de cada uno con los estándares presentados para las aguas de proceso de tratamiento secundario se presentan en la tabla 3. Las tabla 9 y 10 del anexo 7, señalan además otras disposiciones establecidas en el estándar para el uso de agua que varían según el rol desempeñado en a cervecería, los datos del salón de embotellado se resaltan[9].

Tabla 3. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de caracterización comparados con datos del documento estándar de usos de agua de SABMiller[9].

AGUA DE PROCESO-TRATAMIENTO SECUNDARIO													
Parámetro	Unidades	LIC	LIS	Valor Óptimo	LSS	LSC	Enjuague	Preenjuague	T-6 Lav.BL2	T-5 Lav.BL2	Criticidad	Frec. De medida	Frec. De supervisión
Parámetros Generales													
Ph		-	4	7	10	-	8,43	9,05	9,88	10,03	-	1/Día	1/Mes
Microbiológicos													
Organismos Totales	No/1MI	-	-	95%<100	96%<1000	96%<10000			ok	ok	Si	1/Semana	1/3 Meses
Inorgánicos													
Sólidos Totales	mg/L	-	-	<2000	<2400	-			204	232	-	1/Mes	1/Año
Alcalinidad	mg/L	-	-	<850	<1163	-	69	84	392	1152	-	1/Mes	1/3 Meses
Dureza	mg/L	-	-	<200	<400	-	73,52	73,52	73,52	80	-	1/Semana	1/Año
Cl2O	mg/L	-	0,1	1	1,5	-			ok	ok	-	3/Semana	1/Mes

Fuente: Brewery Water Standards[9], Autora

Para los resultados anteriores, considerar que:

- La presentación de parámetros consignados en la tabla 3, se rigen bajo la señalización tipo “semáforo”[13], indicando que las celdas rojas señalan un valor fuera de los límites de control que establece el estándar (Límite Superior e Inferior de Control, LSC, LIC); las celdas amarillas señalan una alerta al sobrepasar los límites de supervisión (Límite Superior e Inferior de Supervisión, LSS, LIS) y las verdes satisfacen los parámetros de control y supervisión establecidos (Valor Óptimo).

Los efluentes analizados para los tanques de enjuague, preenjuague y tanque 6 de la lavadora de botellas de la línea 2, tal como se muestra en la tabla 3, cumplen satisfactoriamente los requisitos establecidos, de modo que es factible darle uso secundario a estos. El siguiente capítulo establece, a partir de los resultados y del destino de los efluentes, si es o no necesario tratamiento previo.

Las tabla 11 y 12 del anexo 8 contiene los resultados de la prueba de jarras[31] para las líneas 1 y 2, respectivamente, que ratifican que los efluentes considerados cumplen con los parámetros de tratamiento secundario, tal como se enunció en el párrafo anterior.

3.3 Utilización de efluentes

Considerando las características fisicoquímicas y microbiológicas de los efluentes analizados y el cumplimiento de éstas con los límites de control establecidos para el uso de agua de tratamiento secundario, se procedió a la selección del destino óptimo de efluentes, realizando un listado de los recursos existentes y teniendo en cuenta además, la función preestablecida para éstos.

3.3.1 Antecedentes del sistema de recuperación

Para decidir qué tratamientos realizar previo a la reutilización de efluentes y sobre qué efluentes aplicar dichos tratamientos, se tuvo en cuenta la criticidad descrita de la lavadora de botellas, hecho que la convierte en un atractivo punto de tratabilidad y ahorro; en cada lavadora de botellas existe un riego más de agua fresca, en comparación con la cervecería de Boyacá (aún cuando los parámetros fisicoquímicos son de mejor calidad en la cervecería de Bucaramanga, hecho que se muestra en la tabla 4), dicho modo de operación se fundamenta en el mejoramiento de las características fisicoquímicas del tanque de enjuague (en la cervecería de Bucaramanga el agua ingresa sin tratamiento previo a los riegos de preenjuague); a la fecha del estudio se encuentra instalado un filtro de lecho profundo; la auditoría realizada muestra que los parámetros de diseño para la granulometría del lecho, línea de tubería y accesorios coinciden con los instalados; éste sistema ofrece tratamiento previo al agua de preenjuague, dando vía a la supresión de un riego de agua fresca.

Tabla 4. Comparativo de parámetros, agua de la lavadora de botellas, cervecería de Bucaramanga Vs. Boyacá.

Efluente	Ph	Turbidez (NTU)	Alcalinidad FF (ppm)	Alcalinidad MN (ppm)
Enjuague-Buc.	8,43	2,7	1	69
Preenjuague-Buc.	9,05	5,2	10	74
Preenjuague-Boy.	9,2	6,1	30	94

Fuente: Informe Embotellado [27], Autora.

3.3.2 Sistema de Recuperación

Cada uno de los antecedentes expuestos anteriormente se discutió y analizó en el comité de agua del mes de mayo, y se convirtieron en la base de esta etapa del estudio; se realizaron retrolavados especiales al filtro de arena de lecho profundo durante la semana previa al inicio del funcionamiento, de la siguiente manera: tres

veces cada ocho horas con agua fresca y en inmersión, durante 1 hora, con soda cáustica al 1% y finalmente se dio la puesta en marcha del sistema el nueve (9) de junio del año en curso para la línea 2 y un mes después para la línea 1. Además, considerando la mejora de la calidad del agua de preenjuague se suprimió, en ambas líneas, un riego de agua fresca. Las figuras 17, 18 y 19 del anexo 9 muestran el layout del filtro de arena de lecho profundo y las especificaciones de diseño se muestran en las tablas 13 y 14; las tablas 5 y 6 evidencian la mejora de las características fisicoquímicas, en las líneas 1 y 2 respectivamente; las figuras 6 y 7 muestran cómo la implementación del sistema de tratamiento reduce el consumo de agua de cada línea, la figura 8 presenta el comportamiento del índice de agua del salón de embotellado, en lo transcurrido del presente año fiscal y finalmente la figura 9 muestra el efecto de los resultados en el índice de planta, así se abarcan los resultados desde el ámbito específico, incluyendo su efecto en la cervecería.

Tabla 5. Características fisicoquímicas sistema de filtración Tren 1.

Parámetro	TREN 1		
	Entrada Filtro	Salida Filtro	Agua Fresca
Temperatura (°C)	33,2	32,93	25
Turbiedad (NTU)	2,02	1,05	0,91
Ph	9,22	8,93	7,08
Conduct.(μS/cm)	250	254	
Dureza(ppm)	58,64	55,92	50,92
Alcalinidad(ppm)	101	100	52

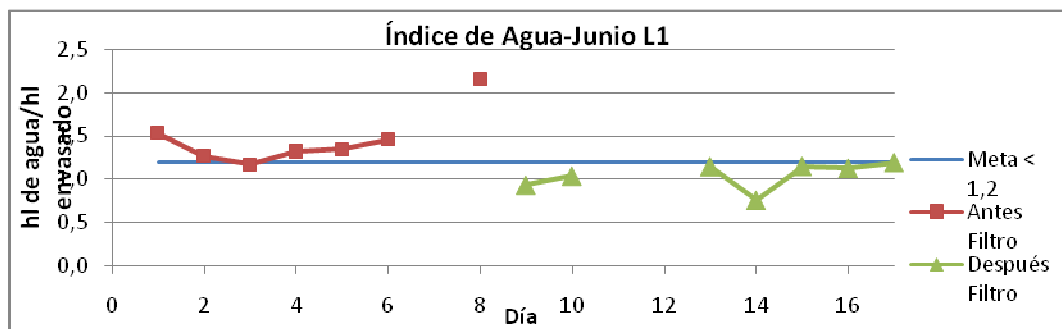
Fuente: Autora

Tabla 6. Características fisicoquímicas sistema de filtración Tren 2.

Parámetro	TREN 2		
	Entrada Filtro	Salida Filtro	Agua Fresca
Temperatura (°C)			25
Turbiedad (NTU)	1,74	1,55	0,91
Ph	8,31	7,91	7,08
Conduct.(μS/cm)	188,1	206	
Dureza(ppm)	58,96	58,56	50,92
Alcalinidad(ppm)	68	0	52

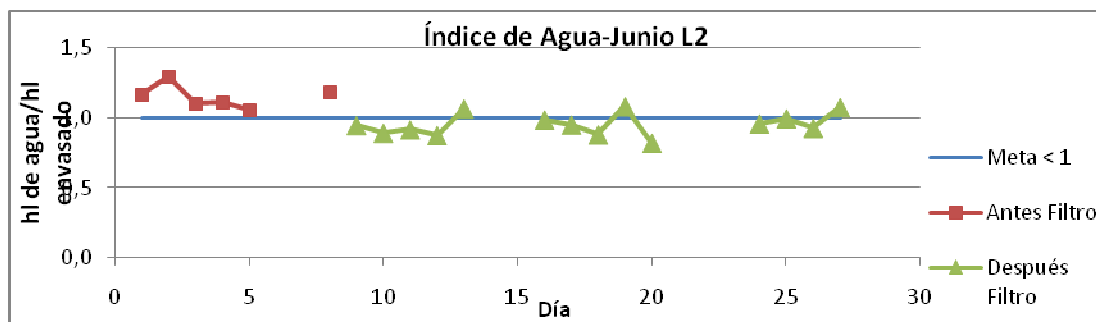
Fuente: Autora

Figura 6. Índice de agua antes y después de la puesta en marcha del filtro, L1.



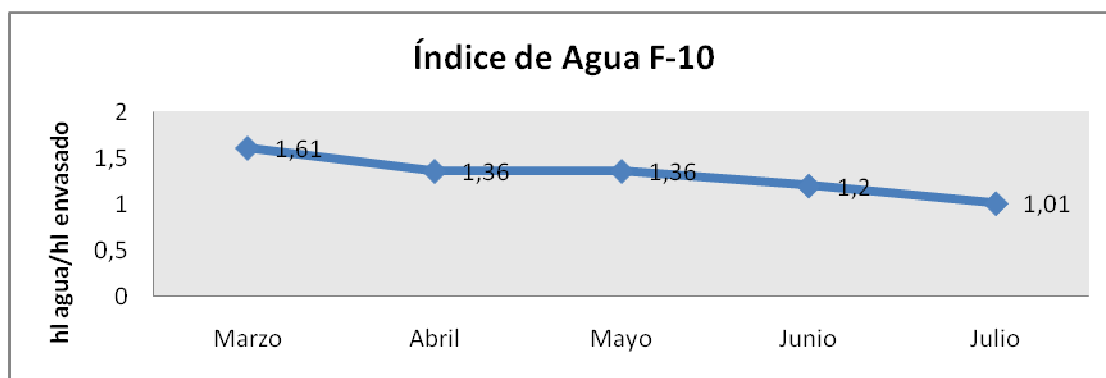
Fuente: Autora

Figura 7. Índice de agua antes y después de la puesta en marcha del filtro, L2.



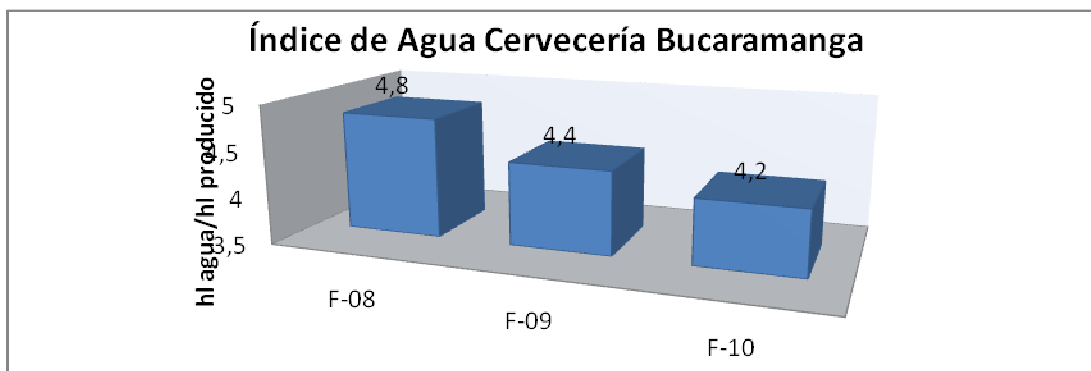
Fuente: Autora

Figura 8. Comportamiento índice de agua Salón de Embotellado.



Fuente: Autora.

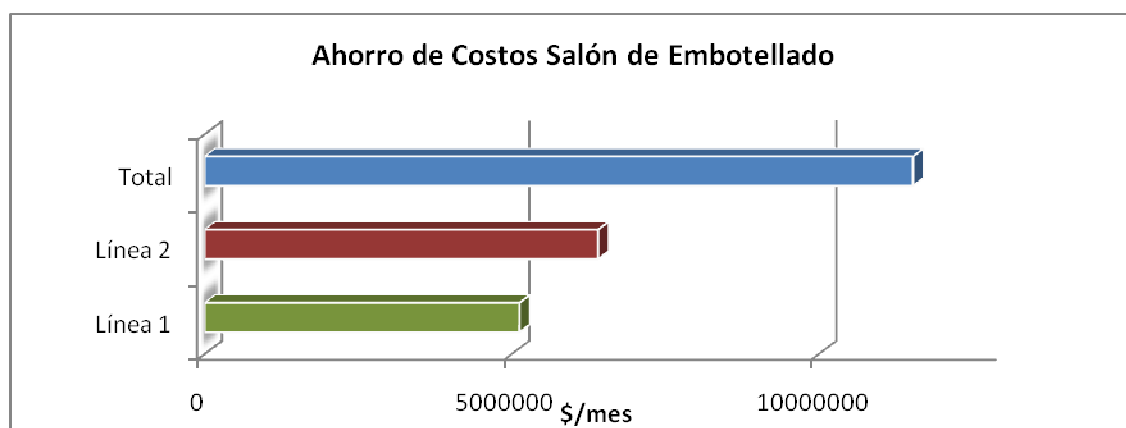
Figura 9. Índice de agua planta.



Fuente: Autora.

La implementación del filtro en cada línea, seguida de la supresión anunciada anteriormente de un (1) riego de agua fresca en cada coche de enjuague (quedando tres (3) y dos (2) riegos en las líneas 1 y 2, respectivamente), redujo el consumo de agua en la lavadora de botellas de $12\text{m}^3/\text{h}$ a $8\text{m}^3/\text{h}$ en la línea 1 y de $15\text{ m}^3/\text{h}$ a $11\text{m}^3/\text{h}$ en la línea 2, hecho que repercute en la variación del índice mostrada en las gráficas anteriores; representando un porcentaje de ahorro de 25 y 30% respectivamente. La figura 10 muestra la evidencia económica en la variación de costos con los resultados obtenidos. Este hecho se obtiene a partir del ahorro de $\$458/\text{m}^3$ (captación mes de junio) y de $\$531/\text{m}^3$ (tratamiento pre-vertimiento, mes de junio), para un total de $\$989/\text{m}^3$ de agua ahorrado.

Figura 10. Variación costos Salón de Envase.



Fuente: Autora.

3.3.3 Efluentes a reutilizar.

- ✚ En el caso del análisis de reutilización de efluentes se consideraron:
- ✚ El agua que es rebosada a drenaje, desde el tanque 5 de la lavadora de botellas, presenta características fisicoquímicas que no ameritan tratamiento previo, considerando que no existe viabilidad técnica de mejorar dicho efluente con un sistema sencillo de tratamiento. La tabla 3 corrobora esta afirmación.
- ✚ En la búsqueda de puntos de consumo, en los que fuese posible sin alterar los parámetros de calidad establecidos, darle uso al efluente mencionado en el ítem anterior, se remitió de nuevo al diagrama de pareto de las figuras 2 y 3, que muestra a las envasadoras y “otros” (aseos generales de pisos y externos de equipos y lavadora de cajas) como siguientes puntos críticos después del ya considerado.
- ✚ El anexo 7, soportado por el documento estándar de usos de agua de SABMiller, que establece la posibilidad de suplir las necesidades de refrigeración de las bombas de vacío, aseos generales de pisos y externos de equipos y lavadora de cajas, con agua de proceso de tratamiento secundario.
- ✚ El agua del CIP final del área de producción potencialmente puede cumplir requerimientos para ser usada como agua de proceso de tratamiento secundario

Lo anterior permite proponer las siguientes recomendaciones, consignadas en la tabla 7 del anexo 11:

- a. Considerando las características fisicoquímicas del agua de rebose del tanque 5 de la lavadora de botellas y las instalaciones existentes del sistema de reutilización implementado años anteriores en el salón de embotellado (tanque de almacenamiento y línea instalada para cada tren de envase) -el anexo 10 muestra el layout del sistema de reutilización-), se propone utilizar éste efluente como alimentación a la lavadora de cajas, aprovechando además que las

condiciones de temperatura y pH favorecen el ahorro de condensados y aditivo para lavadora de cajas. El caudal que rebosa en este punto es prácticamente el alimentado a la lavadora de botellas ($7 \text{ m}^3/\text{h}$ para la línea 1 y $11 \text{ m}^3/\text{h}$ para la línea 2), la lavadora de cajas requiere aproximadamente $4 \text{ m}^3/\text{h}$, de este modo la cantidad restante se almacenará en el tanque de reutilización para darle uso en los aseos generales de pisos y externos de los equipos, también se utilizará como rebose y cambio del agua de las zonas turbo y de alta presión de la lavadora de cajas, mejorando las condiciones actuales de funcionamiento de estos equipos y garantizando el nivel requerido por el fabricante, que satisfaga el excelente lavado de las cajas.

- b. Las bombas de vacío representan el mayor porcentaje del consumo de agua en las envasadoras, su función es actuar como fluido refrigerante y en este punto se gastan aproximadamente $6 \text{ m}^3/\text{h}$. Se propone utilizar agua de enjuague de la lavadora de botellas, que ha sido previamente tratada en el filtro de lecho profundo. Éste efluente desaloja el filtro a 35°C , aproximadamente; para que se cumpla satisfactoriamente el ciclo de refrigeración, se propone previo a la alimentación de las bombas de vacío, disminuir la temperatura con un intercambiador doble tubo aprovechando la línea de alimentación de agua fresca al salón de embotellado, de 25°C .
- c. Habilitar con el agua reutilizada el sistema de prerinses de la lavadora de botellas.
- d. Realizar caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas a las aguas de enjuague de los CIP de tanques del área de elaboración.

El cabal cumplimiento de los planes de acción para mejorar las prácticas de manufactura, que incluye además de estandarización de procedimientos, inclusión de los pilares del desarrollo sostenible en la estructura operacional y con el valioso soporte de todas las herramientas de Manufactura de Clase Mundial: mantenimiento autónomo, medición visual del desempeño, 5S y mejora enfocada, que reúnen cada una de las lecciones, estándares y sostenimiento de los

resultados, además de la fácil adaptación a cada tarea realizada del personal operativo, se convirtieron en las bases del éxito de la primer fase de resultados.

La puesta en marcha del sistema de recuperación para agua de la lavadora, que trajo consigo la supresión de un riego de agua fresca, disminuyendo el consumo en un 25% en cada línea de embotellado y fortaleciendo las prácticas que con grato éxito fundamentaron los inicios de este trabajo. Finalmente las recomendaciones propuestas para habilitar el sistema de recuperación de agua, a fin de satisfacer las necesidades de alimentación de las bombas de vacío en las envasadoras, lavadora de cajas y limpieza de pisos y externa de equipos, guarda un potencial avance en el cumplimiento de la política de desarrollo sostenible, ahorrándose con esto además de la captación de unos 35m³ agua/h, el tratamiento antes del vertimiento de estos efluentes.

4. CONCLUSIONES

Con las herramientas de capacitación implementadas y los pilares de Manufactura de Clase Mundial, como aseguradores del sostenimiento de los resultados y fortalecimiento del trabajo en equipo, se logró la concientización y aseguramiento de la responsabilidad clara e individual en el primer nivel operativo, como ente directo que repercute en el consumo de recursos; el seguimiento de los resultados a través del control estadístico de procesos, garantiza además de mantener los límites de control establecidos, la generación de alternativas de solución que analicen los datos que crucen dichos límites.

Hoy, el salón de embotellado, específicamente la lavadora de botellas de ambas líneas, cuenta con un sistema de recuperación de agua, el filtro de lecho profundo, que mejorando las características fisicoquímicas del agua de los riegos de preenjuague, permitió la supresión de un riego de agua fresca, ahorrando aproximadamente 4m^3 de agua/h en cada línea (esto implica la reducción del índice de agua de 1,5 a 1,1 para la línea 1 y de 1,2 a 0,9 para la línea 2), dando un índice de agua para el salón de embotellado de 1,01 para el mes de julio, hecho que contribuye considerablemente al cumplimiento de las metas de la cervecería.

El claro planteamiento que se deja en este estudio, a cerca de la posibilidad de reutilizar agua en las bombas de vacío de las envasadoras, hecho corroborado con el estándar, convertiría la cervecería de Bucaramanga en pionera en esta práctica y complementaría gratificadamente los resultados obtenidos.

5. RECOMENDACIONES

Habilitar las condiciones de reutilización de agua existentes en el salón (línea de transporte y tanque de almacenamiento) y utilizar ésta agua (que proviene de los últimos tanques de la lavadora de botellas), aprovechando las condiciones de temperatura y pH, para asear el salón de embotellado, actividad que consume grandes cantidades de agua fresca.

Suprimir la alimentación de agua fresca a la lavadora de cajas, reemplazándola por agua de proceso de tratamiento secundario proveniente de los tanques finales de la lavadora de botellas; una vez adecuado este sistema, instalar un sistema de control que conectado con el tanque de almacenamiento de agua recuperada, regule el cambio de agua de los tanques de alta presión y turbo de la lavadora de cajas, mejorando las condiciones de operación de la máquina.

Utilizar como fluido refrigerante para las bombas de vacío, agua de la lavadora de botellas, realizar previo a dicha alimentación, enfriamiento del efluente (que desaloja la lavadora a 35°C); con miras a no alterar el equilibrio de costos energéticos del salón de embotellado, se propone como sistema de refrigeración el intercambiador doble tubo, utilizando para este propósito la tubería de agua fresca que abastece al envase; realizar una termografía ayudaría sustancialmente con ésta actividad.

Realizar un análisis fisicoquímico a las aguas de enjuague final de los CIP en el área de elaboración, para determinar su posible reciclaje.

Aislar la tubería de conexión entre el calderín y la bomba de vacío, mejorando de este modo la eficiencia del sistema de refrigeración.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] BAVARIA S.A, *Compromiso de Bavaria con la Responsabilidad Ambiental*, Santa Fe de Bogotá, 2008. p 1-4.
- [2] BAVARIA S.A, *Introducción a la Manufactura de Clase Mundial*. Gerencia de MCM, Bogotá, 2005.
- [3] BAVARIA S.A, *Sección 1: 5S Japonesas*. Gerencia de MCM, Bogotá, 2005.
- [4] SABMiller PLC-GROUP TECHNICAL, *Brewery Water Standards*. Group Chief Brewer, January, 2009. p 1-22
- [5] XLV CURSO INTERNACIONAL DE CERVECERÍA Y MALTERÍA 2004, *Envases*. Grupo Empresarial BAVARIA, Bogotá, octubre de 2004. p 7-8, 73-76,
- [6] VICEPRESIDENCIA DE MANUFACTURA, *Fundamentos del Proceso Cervecerero Parte XII: Embotellado Sección 5: Etiquetado*. Grupo Empresarial BAVARIA, Bogotá, noviembre de 2003. p 2.
- [7] FABRICACIÓN DE CERVEZAS, REFAJOS Y MALTAS, *Condiciones de Operación de la Lavadora de Botellas*. Cervecería de Bucaramanga, Bucaramanga, noviembre de 2005.
- [8] VICEPRESIDENCIA DE MANUFACTURA, *Fundamentos del Proceso Cervecerero Parte XII: Embotellado Sección 3: Envasado*. Grupo Empresarial BAVARIA, Bogotá, noviembre de 2003. p 2-7, 20-25.

- [9] SABMiller PLC-GROUP TECHNICAL, *Global Brewing Philosophy (GLT.BR.03)*, Group Chief Brewer, 2009.
- [10] SABMiller PLC-GROUP TECHNICAL, *Global Permit and Concession Procedure (GLT.BR.05)*, Group Chief Brewer, 2009.
- [11] GLOBAL DRINKING WATER QUALITY STANDARD, (<http://www.ehl.cc/pdf/TGDW-Revised.pdf>)
- [12] BAVARIA S.A, *Plantilla para Mejores Prácticas de Aprendizaje*, Gerencia de MCM, Cervecería de Tocancipá, mayo de 2009.
- [13] BAVARIA S.A, *Introducción a la Manufactura de Clase Mundial, Sección 1: Principios de Calidad*. Gerencia de MCM, Bogotá, 2005
- [14] LIBRO MÓDULO DE AGUAS
- [15] BAVARIA S.A, *Gestión de Manufactura: Especificaciones Microbiológicas*. Gerencia de Calidad, mayo de 2007.
- [16] BAVARIA S.A, *Microbiología de Aguas*, Vicepresidencia de Manufactura, 2004
- [17] CERVECERÍA DE BUCARAMANGA, *Operación Planta de Tratamiento de Agua*, Servicios Industriales, noviembre de 2006
- [18] SISTEMA PARA LA PROTECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA, *Decreto 1575 Ministerio de Protección Social*, Bogotá, mayo de 2007.
- [19] THERMO ELECTRON CORPORATION, *pH meter*. [User's guide].

[20] SHOTT INSTRUMENTS, *Conductivímetro*. [Manual de Usuario].

[21] MERCK, *Fotómetro*. [Manual de Usuario].

[22] PHIPPS & BIRD, *JAR Tester*. [Manual de Usuario].

[23] HF SCIENTIFIC, Inc, *Turbidímetro*. [Manual de Usuario]

[24] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) LIST OF DRINKING WATER CONTAMINANTS AND MAXIMUM CONTAMINANT LEVELS (<http://www.epa.gov/OGWDW/mcl.html>)

[25] EUROPEAN COMMUNITY COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC ON THE QUALITY OF WATER INTENDED FOR HUMAN CONSUMPTION (<http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/1998/1330/133019981205en00320054.pdf>) 330/1

[26] WORLD HEALTH ORGANISATION – GUIDELINES FOR DRINKING WATER QUALITY http://www.who.int/topics/drinking_water/en/

[27] CERVECERÍA DE BOYACÁ, *Informe de Embotellado*, Gerencia de Embotellado, 2007. p 10-25

[28] CERVECERÍA DE TOCANCIPÁ, *Reciclaje de Agua en Cervecería Tocancipá*, Dirección General, mayo de 2009

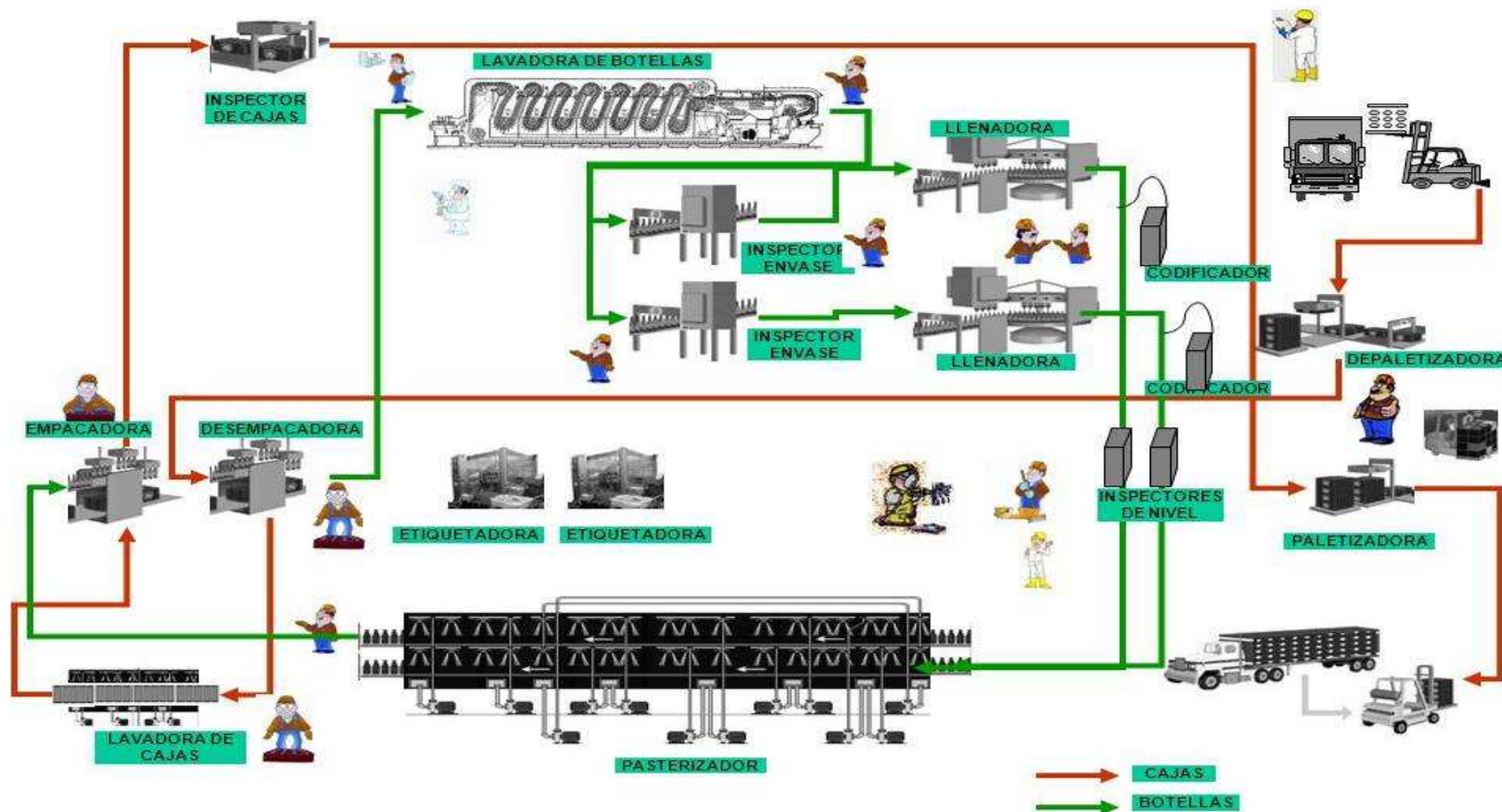
[29] PEMEX, *1er Curso: Uso Eficiente del Agua en Instalaciones Industriales*, Cactus Chiapas, abril de 2003

[30] CERVECERÍA DE BUCARAMANGA, *Oportunidades de Mejora Consumo de Agua Líneas de Embotellado*, Elaboración, febrero de 2009

[31] CERVECERÍA DE BUCARAMANGA, *Prueba de Jarras*, Gestión de Calidad, 2005

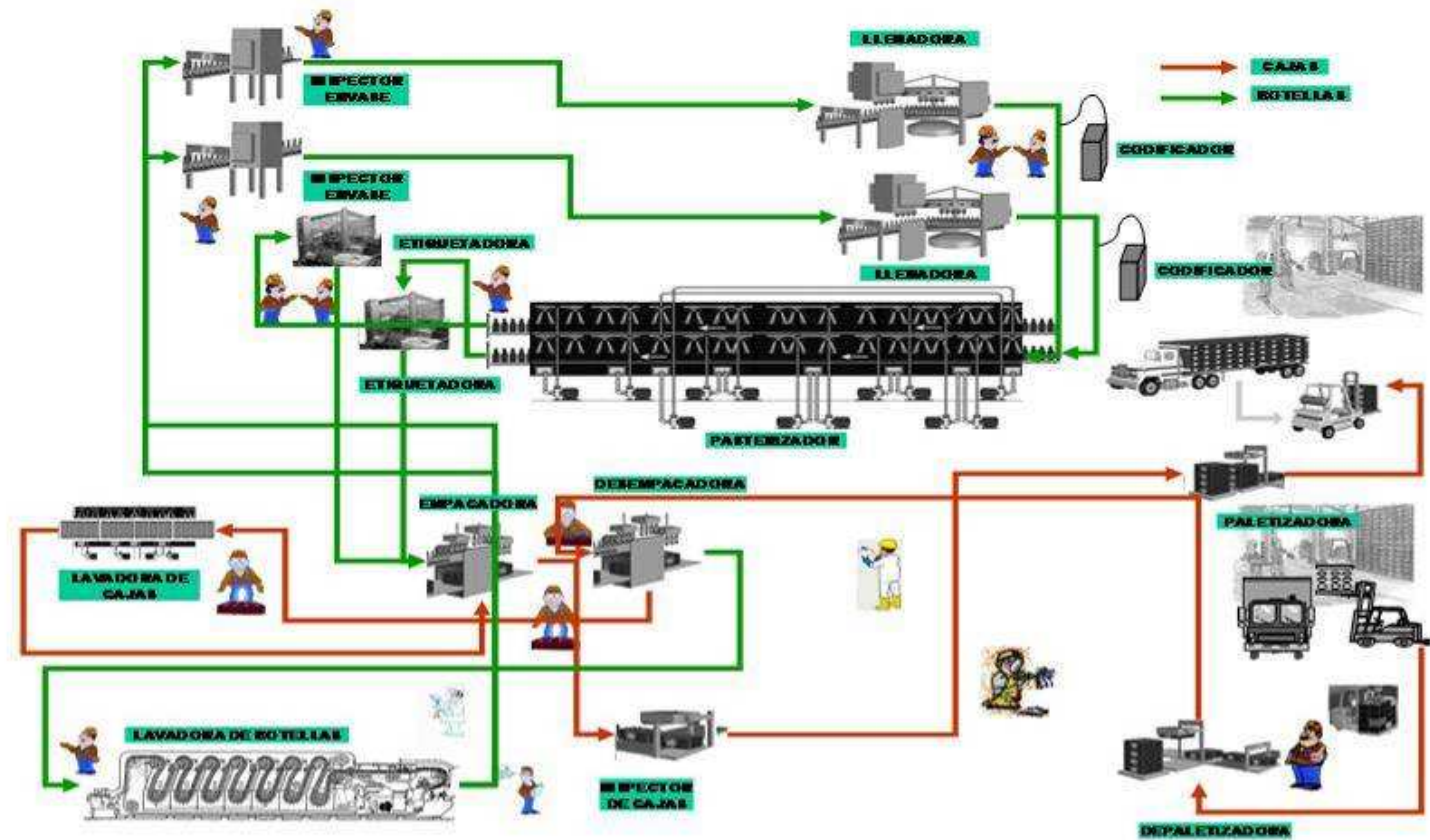
ANEXO 1. LÍNEAS DE EMBOTELLADO

Figura 11. Línea 1 de embotellado



Fuente: Suministrado por la Cervecería de Bucaramanga

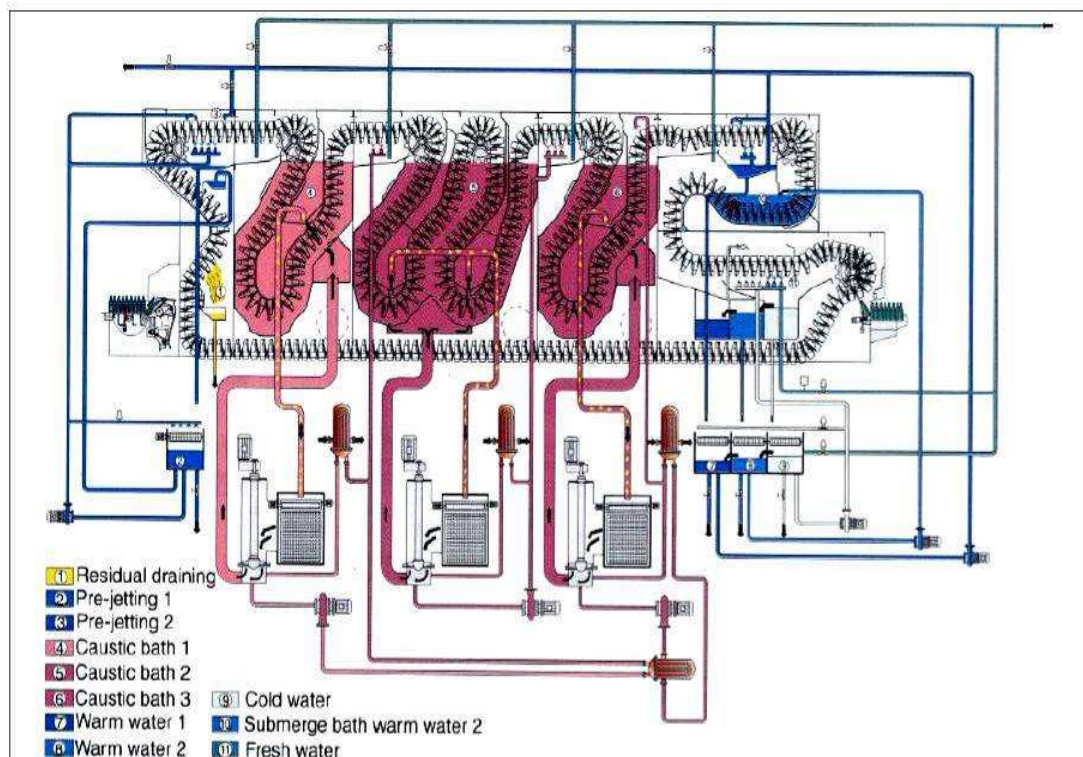
Figura 12. Línea 2 de embotellado.



Fuente: Suministrado por la cervecera de Bucaramanga.

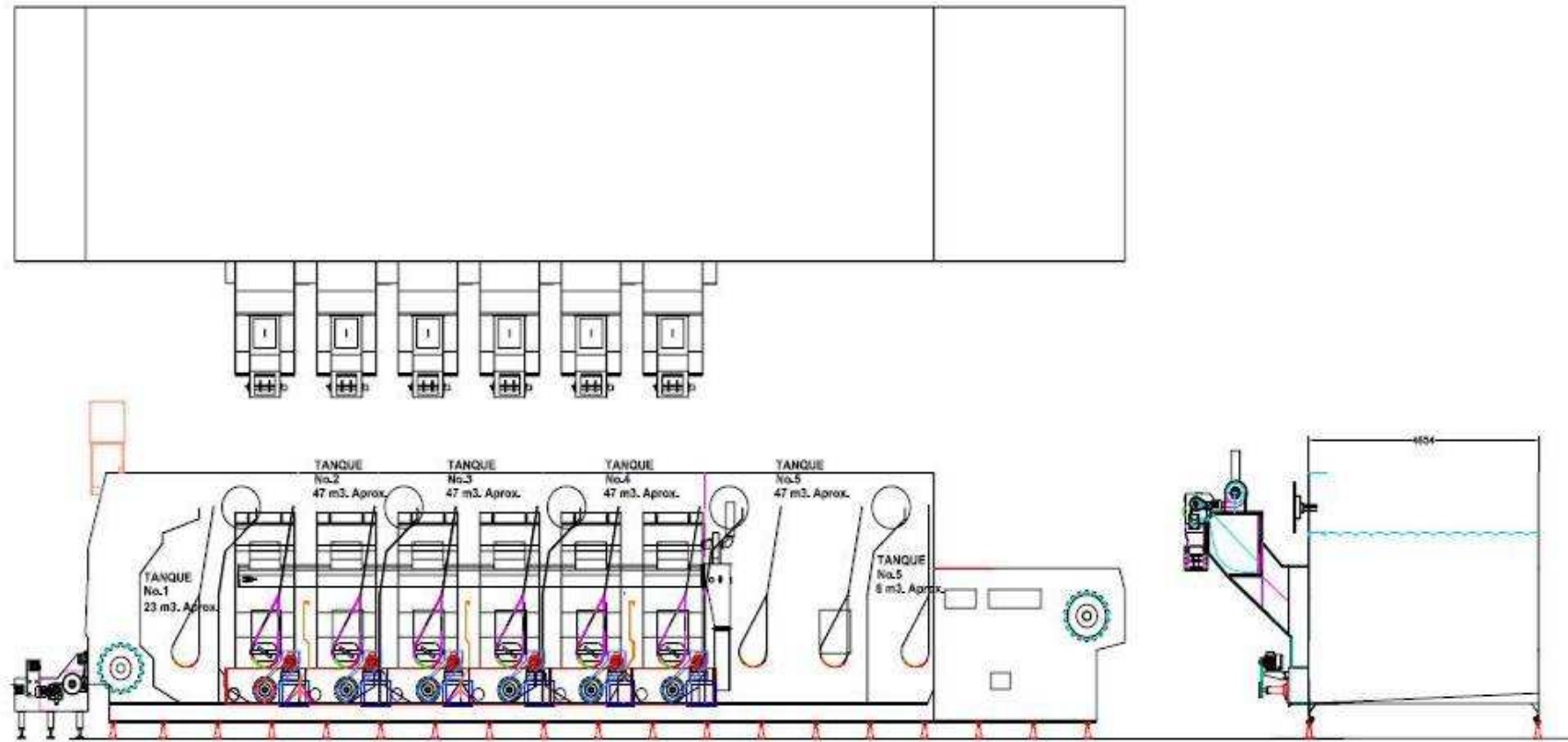
ANEXO 2. LAVADORA DE BOTELLAS

Figura 13. Lavadora de botellas de extremo doble.



Fuente: XLV CURSO INTERNACIONAL DE CERVECERÍA Y MALTERÍA 2004, *Envases*. Grupo Empresarial BAVARIA, Bogotá, Octubre de 2004. P 36

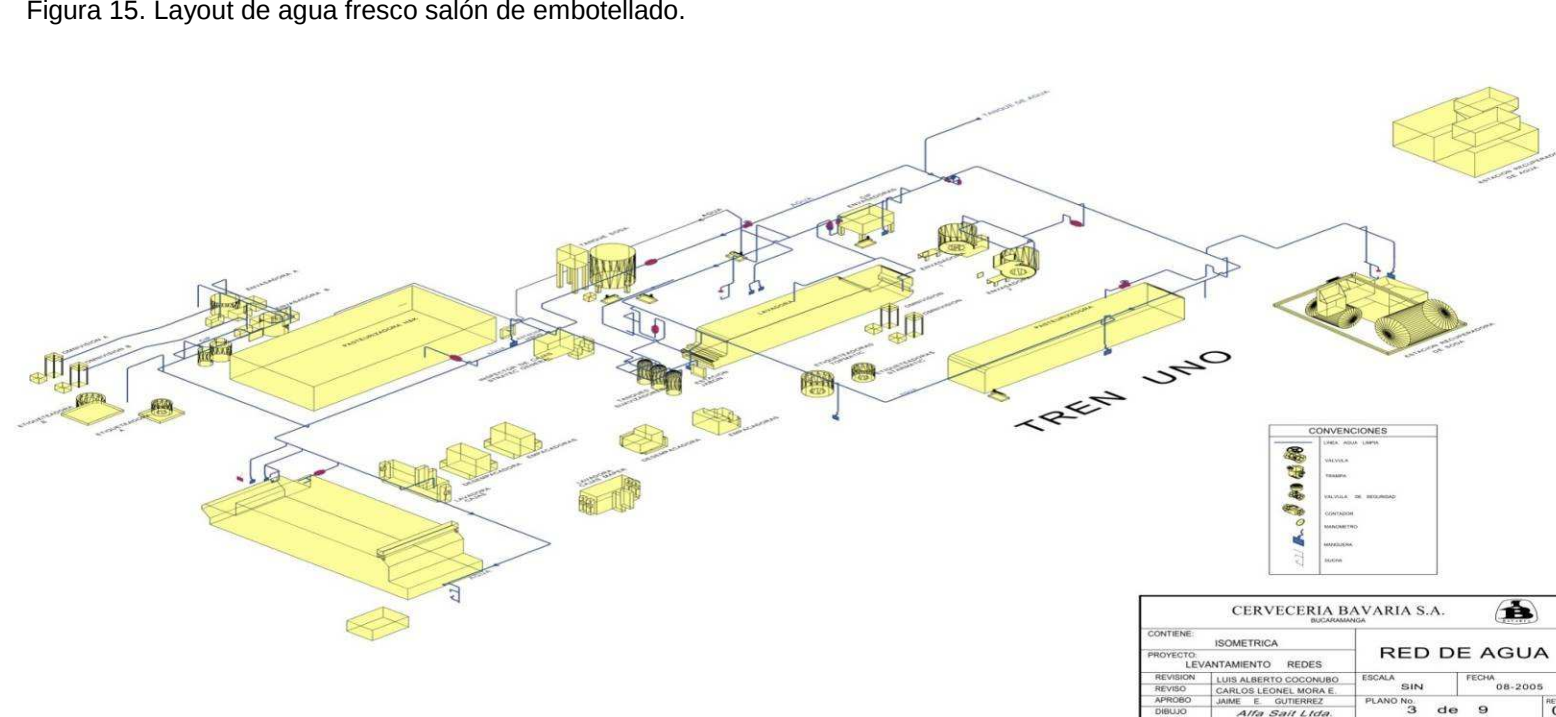
Figura 14. Lavadora de botellas Omega H&K, línea 2.



Fuente: Suministrada por el salón de embotellado, cervecería de Bucaramanga

ANEXO 3. RED DE AGUA SALÓN DE EMBOTELLADO

Figura 15. Layout de agua fresco salón de embotellado.



Fuente: Suministrada por salón de embotellado Cervecería de Bucaramanga

ANEXO 4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Tabla 7. Especificaciones microbiológicas

PRODUCTO EN PROCESO			
Producto	Parámetro	Método	Especificación(máx)
Agua tratada tomada del tanque buffer	Microorganismos mesófilos por 1cm ³	Recuento en placa	100 u.f.c
	Coliformes totales por 1cm ³	Presencia/Ausencia Recuento en placa	Negativo 0 u.f.c
	Coliformes fecales por 1cm ³	Presencia/Ausencia Recuento en placa	Negativo 0 u.f.c
Producto	Parámetro	Método	Especificación(máx)
Agua de enjuague de botellas	Microorganismos mesófilos por 1cm ³	Recuento en placa	100 u.f.c
	Coliformes totales por 1cm ³	Presencia/Ausencia Recuento en placa	Negativo 0 u.f.c
	Coliformes fecales por 1cm ³	Presencia/Ausencia Recuento en placa	Negativo 0 u.f.c
	Hongos y levaduras	Recuento en placa	0 u.f.c
Producto	Parámetro	Método	Especificación(máx)
Agua salida filtro de arena	Coliformes totales por 1cm ³	Presencia/Ausencia Recuento en placa	Negativo 0 u.f.c
	Coliformes fecales por 1cm ³	Presencia/Ausencia Recuento en placa	Negativo 0 u.f.c
	Pseudomona aureginosa por 100cm ³	Número más probable Filtración por membrana	<2 0.u.f.c

Fuente: Autor

ANEXO 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

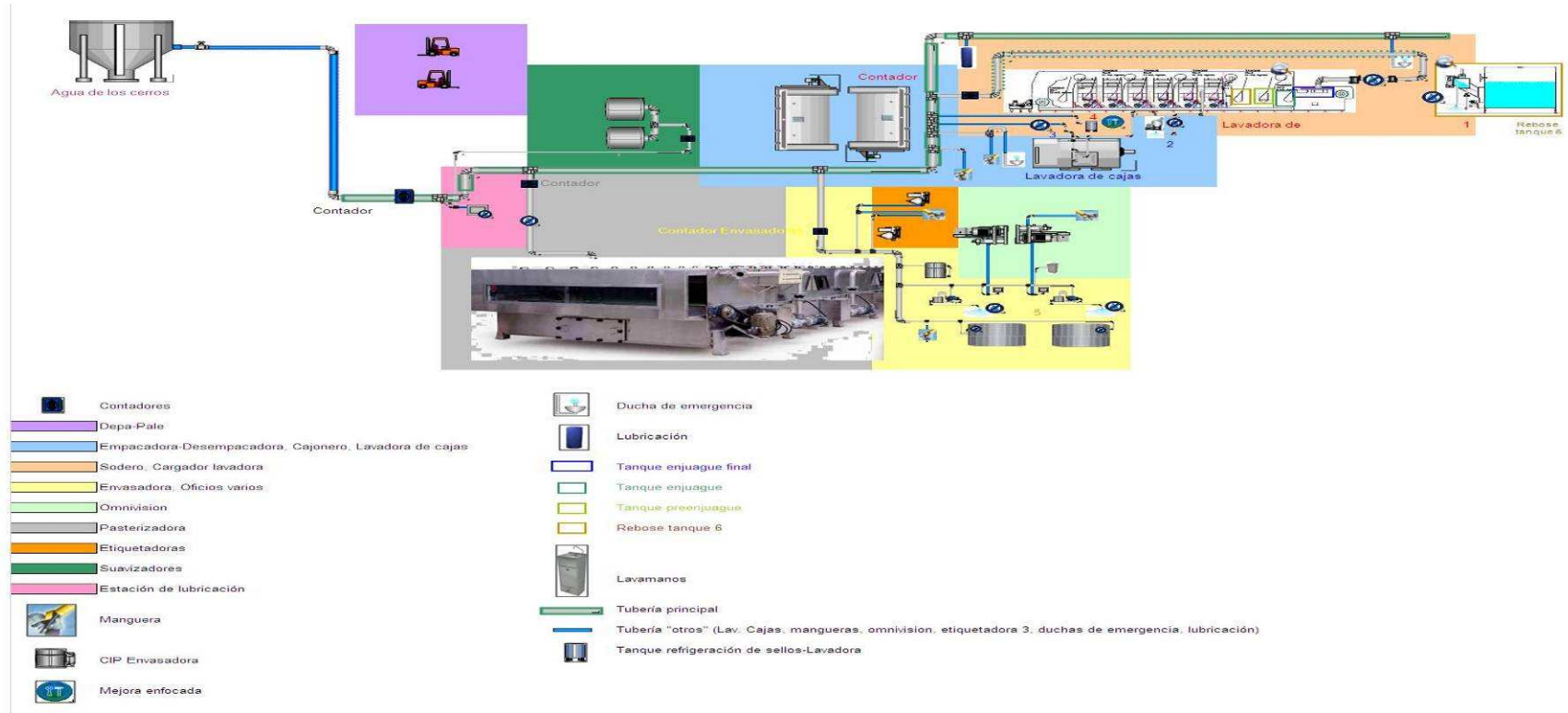
Tabla 8. Especificaciones técnicas de los equipos

Equipo	Fabricante	Tipo	Frec. Calibración
pHmeter	Thermo Electron	Orion 3 Star Ph Bechtol	Semanal
Conductivímetro	SCHOTT Instruments	Lab 960	Mensual
Fotómetro	Merck	Spectroquant NOVA60	Mensual
Jarras	Phipps & Bird	PB-700 JAR	Trimestral
Turbidímetro	HF Scientific, inc	Micro 100	Semanal
Unidad intercambiable de titulación	Metrohm Ionenanalytik	806	Mensual
DBO	Oxitop BOX	WTW 208	Mensual
Horno	Heraeus Instruments	UT12	

Fuente: Autor

ANEXO 6. MAPA DE PÉRDIDAS

Figura 16. Mapa de pérdidas L2



Fuente: Autor

ANEXO 7. OTRAS DISPOSICIONES USOS DE AGUA EN LA CERVECERÍA

Tabla 9. Destinos de agua de producto y proceso

Punto de Uso del Agua	Agua de Producto			Agua de proceso	
	Sin desairear 1	Desaireada		Tratamiento Primario 4	Tratamiento Secundario/Reciclaje 5
		Carbonatada 2	No carbonatada 3		
Adición de aditivos	Si				
Adición del lúpulo	Si				
Cocimientos	Si				
Disolver adjuntos	Si				
Fluido de enfriamiento	Si				
Incorporar nutrientes de la levadura	Si				
Mezclar materias primas	Si				
Dilución post-filtración		Si			
Filtración		Si			
Pasterización flash		Si			
Dilución de la levadura			Si		
HDE			Si		
Enjuague final de botellas				Si	
Lavado final de equipos				Si	
Limpieza del calderín				Si	
Sistema autoflush				Si	
Bombas de vacío envasadoras				Embotellado-Buc	Si
Condensados					Si
Dilución de detergentes					Si
Lavado de cajas				Embotellado-Buc	Si
Lavado de equipos (no final)					Si
Lavado externo de botellas					Si
Limpieza pisos				Embotellado-Buc	Si
Pre-rinse para CIP					Si
Sellos bombas					Si
Trampas de espuma CO2					Si

Fuente: Autor

Tabla 10. Parámetros críticos según el tipo de agua.

Tipo de Agua	Clave	Parámetro Crítico
Agua de producto	Seguridad alimenticia	Metales pesados (Pb, Cd, As, Hg) Nitratos Nitritos Trihalometanos Hidrocarburos aromáticos policíclicos Pesticidas Coliformes E.Coli Facecal Sterptocci Clostridium perfringens Amoniac
	Efectos sobre la levadura	Metales pesados (Pb, Cd, As, Hg) Nitratos Nitritos Cloruros, Cu, Zn, iones de hierro
	Asegurar calidad del producto final	Sabor (agua de dilución) Aroma Turbiedad Microorganismos totales HC's aromáticos policíclicos Iones de hierro Cobre pH Manganeso Oxígeno Ca, Mg, Na, K, Alcalinidad
	Evitar efectos negativos en la planta	
Agua de proceso/Tratamiento primario	Seguridad alimenticia	Legislación local, WHO
	Evitar efectos negativos en la planta	
	Asegurar "agua encaje en su uso"	Microorganismos totales
		Dureza
Agua de proceso/Tratamiento secundario		Sabor
		Aroma
	Evitar efectos negativos en la planta	
Agua de proceso/Tratamiento secundario	Asegurar "agua encaje en su uso"	Microorganismos totales

Fuente: Autora

ANEXO 8. PRUEBA DE JARRAS

Tabla 11. Resultados prueba de jarras tanque de enjuague, lavadora de botellas L2.

Tanque Enjuague-Lavadora de Botellas L2					
No. Jarra	Alumbre 5%(ml)	Característica del floc	Sedimentación	Clarificación	Tiempo de formación del floc (min)
1	1	No formó floc	-	-	-
2	1,25	No formó floc	-	-	-
3	1,5	Muy fino	Poca	Regular	9,54
4	1,75	Fino	Poca	Regular	6,45
5	2	Bueno	Abundante	Buena	5,35
6	2,25	Regular	Regular	Mala	8,3

Fuente: Autora

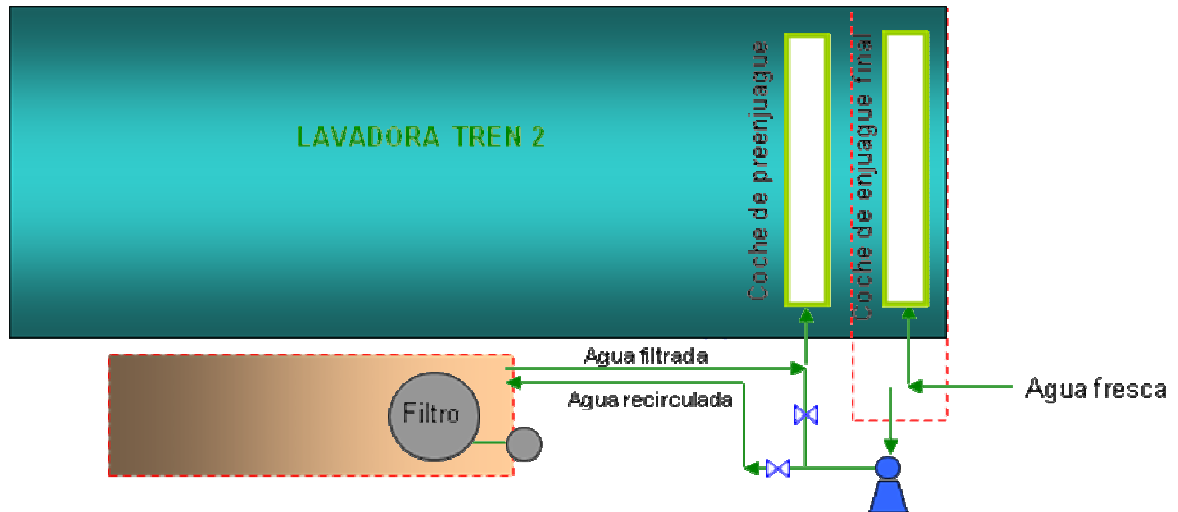
Tabla 12. Resultados prueba de jarras tanque de preenjuague, lavadora de botellas L2.

Tanque Preenjuague-Lavadora de Botellas L2					
No. Jarra	Alumbre 5%(ml)	Característica del floc	Sedimentación	Clarificación	Tiempo de formación del floc (min)
1	1,5	Regular	Regular	Mala	10,22
2	1,75	Regular	Regular	Regular	4,48
3	2	Bueno	Poca	Regular	1,2
4	2,25	Fino	Poca	Regular	1,11
5	2,5	Muy fino	Poca	Regular	1,05
6	2,75	Bueno	Abundante	Bueno	2,23

Fuente: Autora

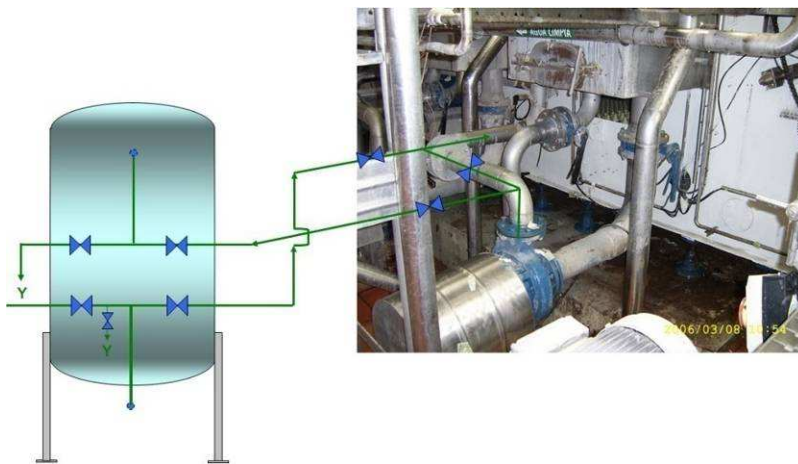
ANEXO 9. FILTRO DE LECHO PROFUNDO LAVADORA DE BOTELLAS

Figura 17. Distribución en planta del filtro.



Fuente: Autora

Figura 18. Vista frontal.



Fuente: Autora

Tabla 13. Cálculo caída de presión

CALCULO DE LA CAIDA DE CARGA A TRAVES DE UN MEDIO FILTRANTE				
Dimensiones medio filtrante: 3/8" * 1/4"				
h	e carga a traves del lecho			m
e	rosidad de lecho	0,4		
L	fundidad del lecho	0,2		m
D	ensidad del agua	998,207		kg/m3
DIAM	metro de los granos	0,0111		m
V	velocidad de filtración	0,00303152		m/s
g	ración de la gravedad	9,8		m/s2
U	scosidad dinámica	1,00E-03		Pa * seg
VS	cosidad cinemática	1,00E-06		m2/Seg
temp agua		20		°C
NRE	V * DIAM / VS	33,5224445		
CD	eficiente de arrastre	1,5741		
h	0,001 metros		caida de presión a traves del medio filtrante	
	0,002 psi			
Dimensiones medio filtrante: 3/8" * 1/4"				
h	e carga a traves del lecho			m
e	rosidad de lecho	0,3		
L	fundidad del lecho	0,2		m
D	ensidad del agua	998,207		kg/m3
DIAM	metro de los granos	0,00794		m
V	velocidad de filtración	0,00303152		m/s
g	ración de la gravedad	9,8		m/s2
U	scosidad dinámica	1,00E-03		Pa * seg
VS	cosidad cinemática	1,00E-06		m2/Seg
temp agua		20		°C
NRE	V * DIAM / VS	23,979118		
CD	eficiente de arrastre	1,9535		
h	0,006 metros		caida de presión a traves del medio filtrante	
	0,009 psi			
Dimensiones medio filtrante: 3/16"				
h	e carga a traves del lecho			m
e	rosidad de lecho	0,2		
L	fundidad del lecho	0,6		m
D	ensidad del agua	998,207		kg/m3
DIAM	metro de los granos	0,0047		m
V	velocidad de filtración	0,00303152		m/s
g	ración de la gravedad	9,8		m/s2
U	scosidad dinámica	1,00E-03		Pa * seg
VS	cosidad cinemática	1,00E-06		m2/Seg
temp agua		20		°C
NRE	V * DIAM / VS	14,1941882		
CD	eficiente de arrastre	2,8271		
h	0,23 metros		caida de presión a traves del medio filtrante	
	0,32 psi			

Medio filtrante: Antracita Lecho Sucio			
h	e carga a traves del lecho		m
e	rosidad de lecho	0,1	
L	fundidad del lecho	0,3	m
D	ensidad del agua	998,207	kg/m3
DIAM	metro de los granos	0,005	m
V	velocidad de filtración	0,00303152	m/s
g	ración de la gravedad	9,8	m/s2
U	scosidad dinámica	1,00E-03	Pa * seg
VS	cosidad cinemática	1,00E-06	m2/Seg
temp agua		20	°C
NRE	V * DIAM / VS	15,1002002	
CD	eficiente de arrastre	2,7014	
h	1,62 metros	caida de presión a traves del medio filtrante	
	2,29	psi	
PÉRDIDA O CAIDA DE PRESIC		2,623	psi
PÉRDIDA O CAIDA DE PRESIO		3	psi
PRESION REQUERIDA LAVADO		25	psi
PRESION REQUERIDA DESCA		40	psi
POTENCIA DE LA BOMBA REC		4,24 HP	

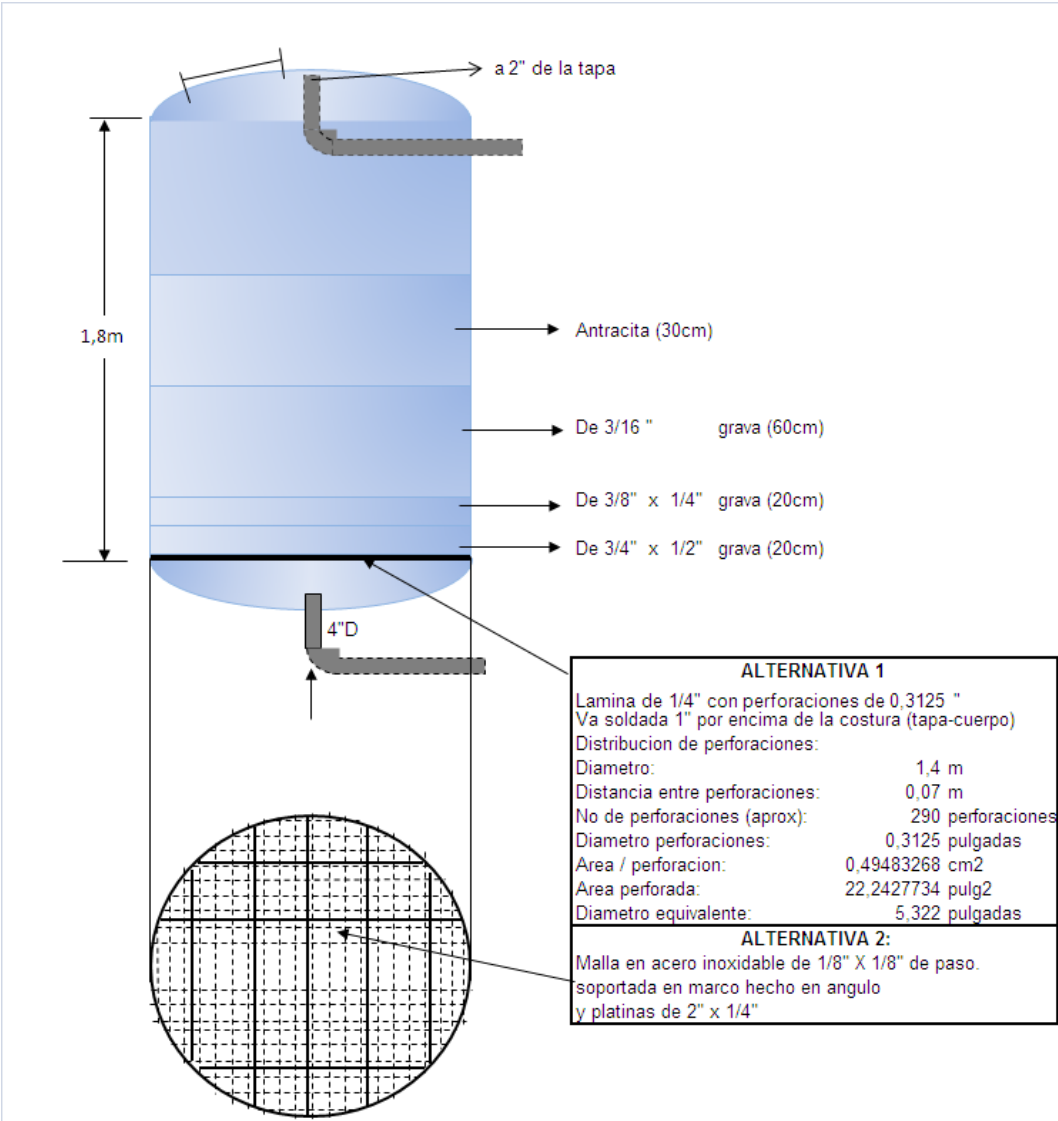
Fuente: Autor.

Tabla 14. Dimensiones del tanque.

Dimensiones del tanque	
Caudal promedio (m3/h)	12
Factor de seguridad	1,4
Diámetro del tanque (m)	1,4
Area tq (pies2)	16,6
Caudal de operación	
Caudal (m3/h)	16,8
(gpm)	74,0
Velocidad (gpm/pie2)	4,5
Velocidad (m/s)	0,0030
Retrolavado	
Caudal de retrolavado (gpm/pie2)	11
(gpm)	182
Tiempo de lavado (min)	4
Agua de Lavado (m3)	2,8
(gal)	729
Frec. Lavado	1 vez/8h
Agua fresca lavado/día (m3)	8,4

Fuente: Autor.

Figura 19. Diseño interno del tanque.



Fuente: Autora.

Figura 20. Filtro de arena de lecho profundo Tren 2



Fuente: Salón de Embotellado Cervecería de Bucaramanga, Línea 2

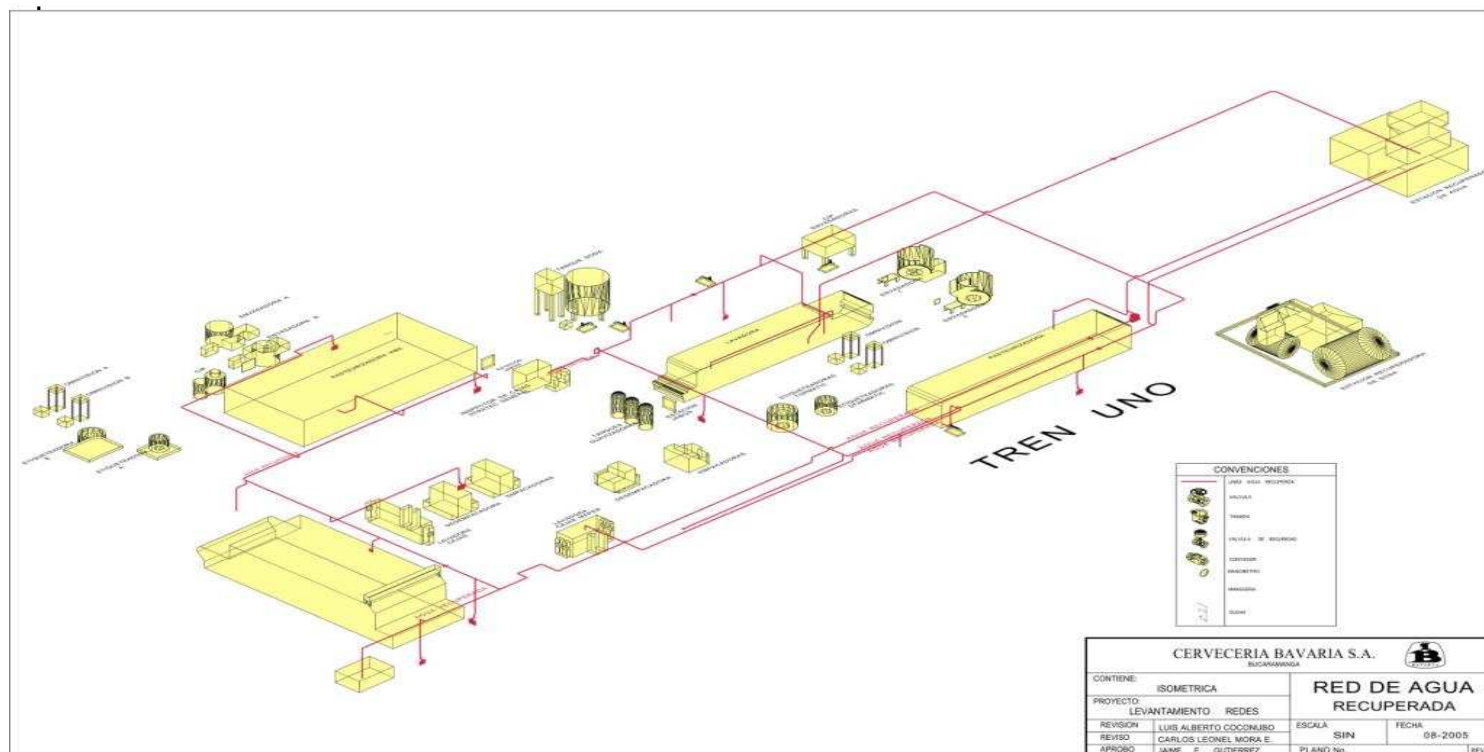
Figura 21. Filtro de arena de lecho profundo Tren 1.



Fuente: Salón de Embotellado Cervecería de Bucaramanga, Línea 1

ANEXO 10. RED DE AGUA REUTILIZADA SALÓN DE EMBOTELLADO

Figura 22. Layout agua reutilizada



Fuente: Suministrada por salón de embotellado Cervecería de Bucaramanga

ANEXO 11. PLAN DE ACCIÓN-REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES

Tabla 15. Plan de Acción sistema de reutilización.

BAVARIA S.A
CERVECERÍA DE BUCARAMANGA
SALÓN DE EMBOTELLADO



PLAN DE ACCIÓN REUTILIZACIÓN DE AGUA	
ACTIVIDADES	RECURSOS
Habilitar red de agua recuperada	
Montaje bomba 15HP	Bomba 15HP
Limpieza, reposición de tapas y acondicionamiento general del tanque de recuperación de agua	Láminas de acero inoxidable, personal de aseo interno del tanque y tapas superiores
Instalar sistema de control de nivel (comunicado con las lavadoras de cajas de ambas líneas)	2 sensores de nivel, manguera festo, actuadores válvula
Acondicionamiento de la línea (agregar tramos faltantes, desmontar tramos innecesarios, verificar presión de ésta en cada punto manguera)	Tubería 2" acero inoxidable, bridas, cheques, accesorios
Verificar línea de agua recuperada para la lavadora de botellas L1 y L2	Tubería 2" acero inoxidable, bridas, cheques, accesorios
Realizar mapa isométrico de la línea de agua recuperada definitiva	
Funcionamiento de las lavadoras de cajas	
Conexión de la línea de agua recuperada para la lavadora de cajas L1	Tubería 2", y accesorios
Montaje de válvulas tipo espejo lavadora de cajas L2	Válvula sanitaria, otros
Verificar funcionamiento del sistema de control	
Funcionamiento de las mallas giratorias	
Habilitar funcionamiento con red de agua recuperada	
Alimentación de agua recuperada a las bombas de vacío	
Realizar termografía para estudiar el comportamiento desde la lavadora de botellas hasta las envasadoras	
Instalar tramos faltantes de tubería, desde la línea principal de reutilización hasta el tanque refrigerante de las bombas de vacío	Tubería de 2" y accesorios
Montaje e instalación del intercambiador doble tubo, con la tubería de agua fresca que abastece el salón de envase	Mano de obra

Fuente: Autora.