



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DIAGNÓSTICO PARA PROCESOS DE ALTO
CONSUMO DE AGUA EN EL ÁREA DE ENVASE
DE LA CERVECERÍA UNIÓN S.A.**

Autor(es)

Juan Camilo Alzate Sierra

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería

Mecánica

Medellín, Colombia

2019



Diagnóstico para procesos de alto consumo de agua en el área de envase de la Cervecería
Unión S.A

Juan Camilo Alzate Sierra

Informe de como requisito para optar al título de:
Ingeniero Mecánico.

Asesora

Msc. Laura Isabel Velásquez García, Ingeniera Mecánica

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica.
Medellín, Colombia
2019.

DIAGNÓSTICO PARA PROCESOS DE ALTO CONSUMO DE AGUA EN EL ÁREA DE ENVASE DE LA CERVECERÍA UNIÓN S.A.

Resumen.

Dentro del área de envase de la Cervecería Unión S.A. hay diferentes procesos y equipos que requieren de un alto consumo de agua para la entrega del producto final. Por ende el consumo de agua es un indicador importante el cual es monitoreado día a día. Al momento de iniciar la práctica profesional dentro del área de envase, se encontró que durante los pasados meses el indicador de agua (Hectolitros de agua utilizados para envasar un hectolitro de cerveza) estaba por fuera de la meta establecida por la compañía y con tendencia a aumentar. Por lo tanto el trabajo dentro de la práctica fue retomar los valores de consumo de agua dentro de las metas establecidas por la compañía. Para lograr dichos valores se realizaron diferentes seguimientos a los equipos de alto consumo como lavadoras de envases y pasteurizadoras, seguimientos al correcto funcionamiento del sistema de recuperación de agua y de las limpiezas CIP (cleaning in place) realizadas en las líneas de envasado. Dentro dichos seguimientos se pudieron diagnosticar varios problemas que estaban llevando a consumir más agua de lo requerido, como malas prácticas en el uso del sistema de agua recuperada, mala regulación del caudal de agua para los enjuagues finales de algunas lavadoras y el sobreconsumo de agua de la pasteurizadora de la línea de malta. Al corregir algunos de estos problemas evidenciados se obtuvo como resultado una mejora evidente del indicador.

Introducción.

Bavaria es una empresa fundada en 1889 dedicada a la elaboración de cerveza y que desde el año 2016 hace parte de la multinacional *ABInBev*, el mayor fabricante de cerveza a nivel mundial. La compañía cuenta con 6 plantas de producción en Colombia entre ellas la Cervecería Unión ubicada en el municipio de Itagüí. Dentro de la marcas producidas dentro de la Cervecería Unión se tiene *Pilsen*, *Aguila*, *Club Colombia*, *Póker*, *Pony Malta*, entre otras. La planta tiene una capacidad de producción anual de alrededor de 3.4 millones de hectolitros mediante sus 3 líneas de envasado de cerveza.

La planta se divide en tres áreas productivas principales, las cuales son: Ingeniería y Servicios, donde se genera, almacena y distribuye todos los servicios necesarios para el funcionamiento de la planta como el vapor, aire comprimido, CO₂ y refrigeración. Elaboración, donde se hace toda la transformación de la materia prima en cerveza y el área

de Envase, donde se hace el proceso de embotellado y paletizado de la cerveza para su distribución.

Bavaria y Cervecería Unión como empresa referente de Colombia y responsable con el medio ambiente y la sostenibilidad de sus actividades, tiene metas claras sobre el uso de los recursos naturales. Durante el último trimestre del año 2018 y comienzos del 2019 se evidenció una desviación del indicador de agua en el área de envase (el cual se mide diariamente tomando el consumo de agua que tiene el salón sobre los hectolitros de cerveza que envasa) respecto a la meta y con una tendencia a aumentar. Es por esto la importancia de esta práctica para la compañía, teniendo en cuenta que este indicador hace parte de la forma en que se mide y califica el desempeño de todas las cervecerías a nivel mundial del grupo ABInBev. Por lo que inicialmente el alcance del proyecto es conseguir que el salón de envase de la Cervecería Unión vuelva a tener un consumo de agua dentro de la meta del indicador establecido, el cual es de 0.65 hectolitros de agua por cada hectolitro de cerveza envasada. Idealmente estos valores debían recuperarse a partir de buenas prácticas de operación, por lo que el poco presupuesto para invertir en reformas mayores fue una limitante para alcanzar o mejorar dicha meta.

Para poder realizar el proyecto y cumplir con los objetivos, diariamente se llevó un reporte de los consumos de agua de cada una de las líneas de envasado así como el indicador por línea y con base en estos datos se realizaron los análisis respectivos para determinar cuál de las líneas requiere mayor atención. Además diariamente se llevaron a cabo inspecciones de rutina para verificar el correcto funcionamiento de los sistemas de recuperación de agua y su debido uso. A partir de estas rutinas mencionadas y el análisis de los datos recolectados se sacaron las diferentes conclusiones para proponer los diferentes proyectos o acciones necesarias para lograr el objetivo de reducir el consumo de agua a los valores establecidos.

Objetivo general.

- Realizar estudio y seguimiento a los procesos de alto consumo de agua en el área de envase de Cervecería Unión para reducir el indicador de hectolitros de agua consumida por cada uno de cerveza envasada.

Objetivos específicos.

- Estimar y verificar el consumo de agua que se presentan en los procesos del área de envase, tales como el lavado de botellas y la pasteurización.
- Realizar seguimiento al correcto funcionamiento del sistema de recuperación de agua.
- Evaluar el impacto que tienen los paros en las variables de control del proceso de envasado, en especial consumo de agua en CIP (cleaning in place) y arranques de producción con diferentes formatos de botella.
- Proponer una nueva configuración de las variables y/o parámetros del proceso de envasado tendiente a disminuir el consumo de agua.

Marco teórico:

Para poder diagnosticar y mejorar el consumo de agua en el área de envase el cual es de alrededor del 38% del total de la planta (Brewers Association, 2013) es necesario conocer al detalle todos los equipos y procesos que consumen este recurso dentro del área. Uno de ellos son las lavadoras de cajas y envases, en el caso de las cajas al ser un activo que no está en contacto con el producto de forma directa utiliza agua recuperada de otros procesos. Para el caso de las lavadoras de envases estas cuentan con diferentes tanques con soluciones alcalinas los cuales de igual forma utilizan agua recuperada, sin embargo un último tanque de enjuague cuenta con inyección directa de agua potable, siendo este uno de los procesos de mayor consumo, este proceso debe consumir hasta 0.3litros de agua por cada litro envasado según datos del manual de buenas prácticas de operación de la empresa. Por otro lado están las pasteurizadoras que, en el caso de Cervecería Unión son regenerativas, es decir el ciclo completo de pasteurización (precalentamiento, calentamiento, enfriamiento) es mediante el intercambio de calor de agua caliente y el producto envasado (cerveza), por lo que idealmente no consume agua, sin embargo cuando las líneas de envasado tienen paros es necesario inyectar agua para el enfriamiento, la cual puede ser potable o del sistema de recuperación. Por último, los sistemas de limpieza de las líneas y las llenadoras, conocidas como CIP (cleaning in place) completan la lista de los equipos y actividades de mayor consumo, los CIP son actividades de limpieza automáticas que se realizan con periodicidad utilizando agua potable para esterilización, desincrustación y enjuague de las llenadoras para garantizar la inocuidad en el proceso. Lo anterior resalta la importancia de proyectos y actividades para el seguimiento del consumo de agua ya sea recuperada o potable para poder llevar a cabo planes de acción o estandarización de buenas prácticas que lleven a mantener el consumo dentro de las metas establecidas.

Metodología:

Dentro de la compañía Cervecería Unión, se tienen métodos de gestión para abordar problemas, una de las herramientas que se utilizó durante la práctica es el PDCA (Plan-Do-Check-Act), el cual es un método cíclico administrativo de cuatro pasos; planear, hacer, chequear y actuar.

Durante la planeación se realizó la identificación y descripción del problema, se establecieron los objetivos e identificaron los indicadores claves de rendimiento que afectaban directamente el problema establecido.

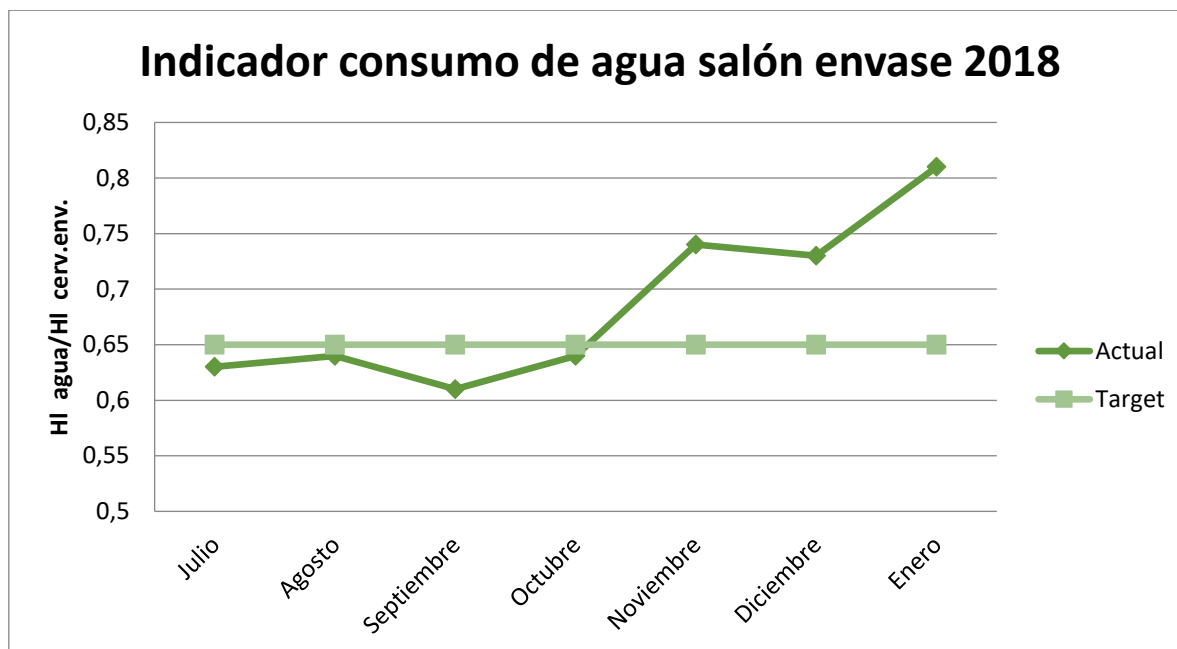
Durante el siguiente paso, se hizo la observación del problema, inspecciones de rutina, se recolectó toda la información necesaria para cumplir con los objetivos y la solución del problema. Mediante tablas y gráficos se realizaron y copilaron históricos y tendencias de consumo para identificar líneas o equipos de envasado que representaran un Pareto para el salón. A partir del análisis de la información recolectada se diseñaron planes de acción para probar cambios y recolectar información con el fin de verificar su efectividad en la consecución de los objetivos.

La fase de chequear consistió en verificar y analizar la información y resultados obtenidos en el paso anterior, se compararon los resultados obtenidos con los esperados para observar posibles desviaciones durante la ejecución de los planes de acción o para la planeación de otros nuevos a realizar.

Por último, se estandarizaron las actividades realizadas que ayudaron a la solución del problema, para garantizar que estas perduren en el tiempo y se conviertan en prácticas cotidianas. Además, se compartieron y expusieron todas las conclusiones y resultados obtenidos con la junta gerencial.

Resultados y Análisis:

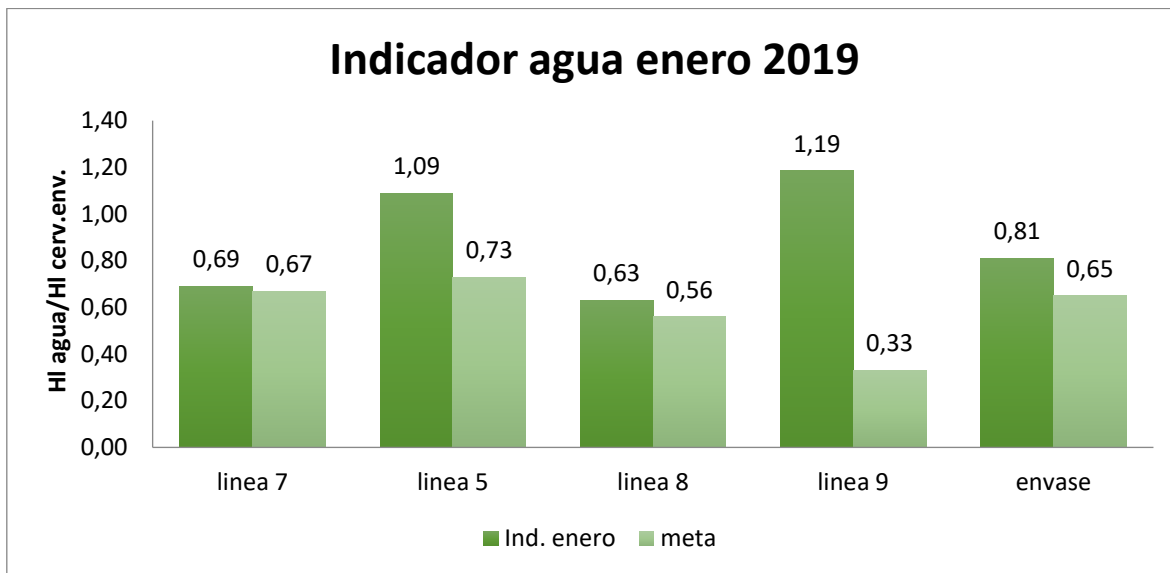
Primeramente para realizar un diagnóstico del consumo de agua dentro del salón de envase, se analiza los datos históricos del indicador de agua en el salón para conocer su comportamiento en los últimos 6 meses. En la gráfica 1 se puede observar el comportamiento del consumo de agua en el salón.



Gráfica 1. Histórico indicador de agua en el salón de envase desde Julio 2018 a enero del 2019.

Dentro la gráfica 1 se puede observar que desde Julio a Octubre del 2018 el salón mantuvo su indicador por debajo de la meta (0.65HI/HI), sin embargo el indicador termina el año 2018 con una tendencia negativa con un pico en enero del 2019 en 0.81 HI/HI. Por ende inicialmente lo que se busca es identificar prácticas que se dejaron de hacer o cambios realizados que llevaron a disparar el indicador. Además, debido a que el salón de envase cuanta con diferentes Líneas de envasado es necesario identificar cuales tienen una mayor desviación respecto a la meta para poder acotar el problema y alcanzar los objetivos propuestos en el tiempo de la práctica.

La gráfica 2 muestra el indicador de consumo de agua en el salón por línea de envasado para el mes de enero del 2019, donde se observa que la línea 5 y línea 9 tienen la mayor desviación respecto a la meta.



Gráfica 2. Indicador consumo de agua por líneas de envasado para el mes de enero 2019 y su respectiva meta.

La línea 5 es una línea multiformato de vidrio (imagen 1), donde el foco de consumo es la lavadora de envases, sin embargo de esta línea se encuentra unido el consumo de agua de otros equipos del salón como el sistema de refrigeración de los sellos de agua de las bombas de vacío, la lubricación de los sistemas de transporte del salón y los CIP de la línea 8, por lo que son equipos que también se deben tener en cuenta en el análisis del consumo de la línea.

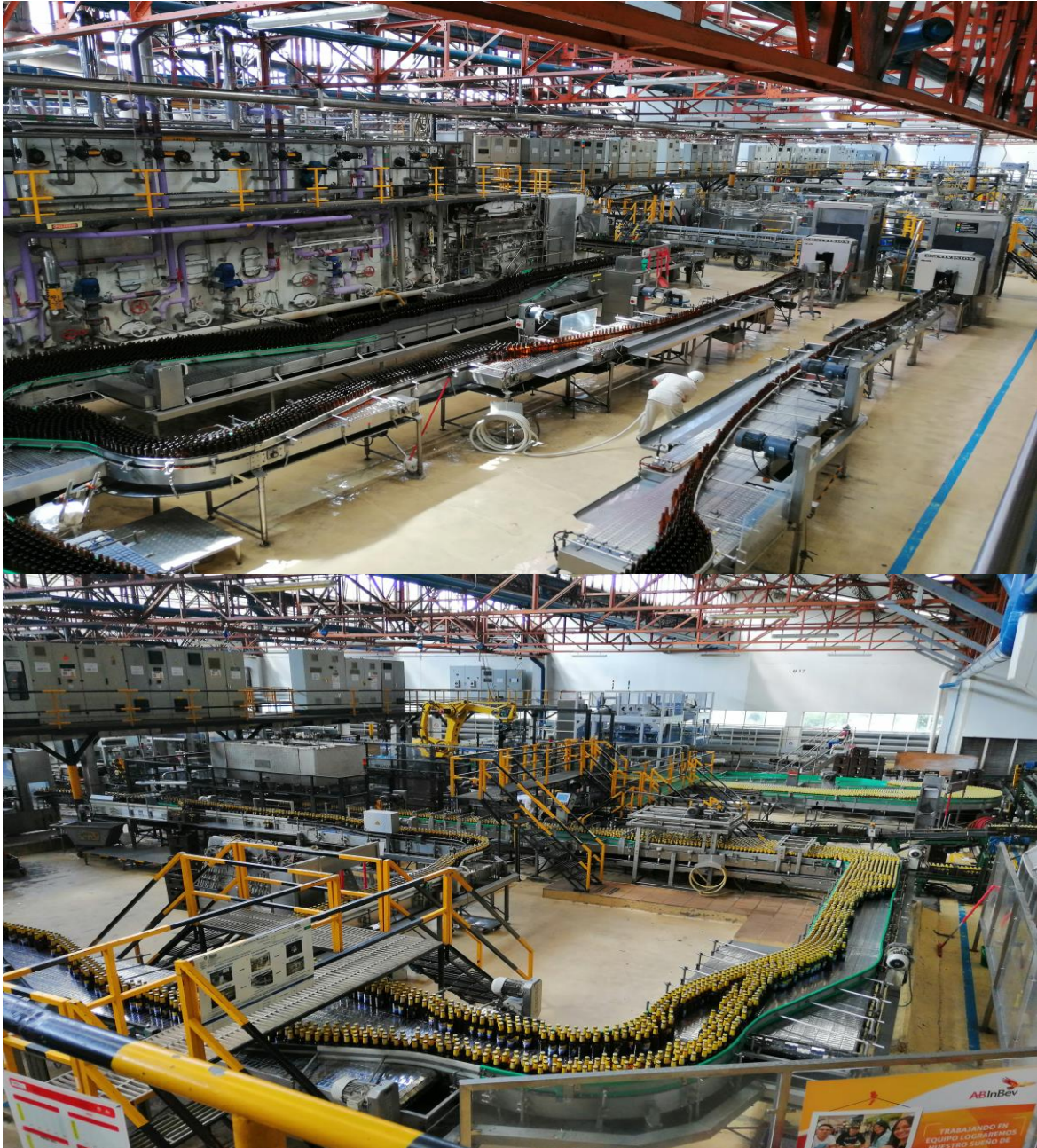


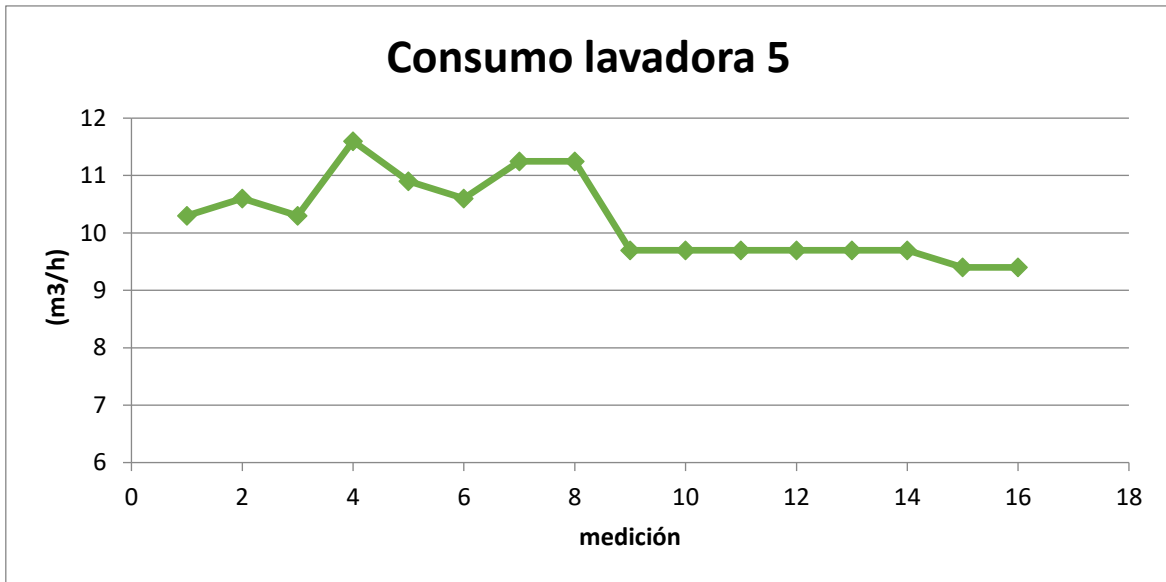
Imagen 1. Fotografía de la Línea 5, línea de envasado de vidrio en diferentes formatos. En la parte superior se puede apreciar la salida de botellas de la lavadora y la entrada hacia la llenadora, parte inferior de la imagen se observa salida de etiquetadora y entrada a la empacadora.

Por otro lado la línea 9 (imagen 2) es una línea de malta PET en diferentes formatos, esta línea solo utiliza agua potable debido a condiciones especiales de calidad y microbiológica.



Imagen 2. Fotografía de la línea 9, línea para envasado de malta PET. Se puede observar la llenadora (izq.), pasteurizador (sup. Izq) y etiquetadora en la parte inferior de la imagen.

Para realizar un análisis sobre el consumo de agua en la línea 5, se tomó el consumo instantáneo de agua de la lavadora, esto se hizo tomando lecturas del contador de agua de la lavadora por cada minuto transcurrido, la medida se tomó varias veces al día durante una semana. Según la información proporcionada por el fabricante este equipo debería tener un consumo entre 6-7 (m³/h). Como se observa en la gráfica 3 el consumo de la lavadora se encontraba muy por encima del recomendado.



Gráfica 3. Datos tomados sobre el consumo de agua instantáneo en la lavadora 5.

Analizando el alto consumo de la lavadora (imagen 3), se determinó que este no se podía reducir, debido a que al regular la válvula de caudal el equipo se disparaba por una baja presión ya que el presostato de este equipo era inadecuado. Al cambiar el presostato por uno de mayor resolución, se pudo bajar la presión de trabajo y el caudal de la lavadora, pasando de un consumo promedio de 10.2 m³/h a 6 m³/h. Este arreglo significó una mejora de alrededor de 0.17 en el indicador de la línea.



Imagen 3. Fotografía de la lavadora de botellas de vidrio línea 5.

Por otro lado, una mala práctica identificada en el salón era utilizar agua fresca (potable) en ciertos equipos donde el estándar de operación indica el uso de agua recuperada. Esto se daba por la falta de agua o su mala calidad (PH fuera de especificaciones). El sistema de agua recuperada del salón de envase es como se indica en la imagen 4.

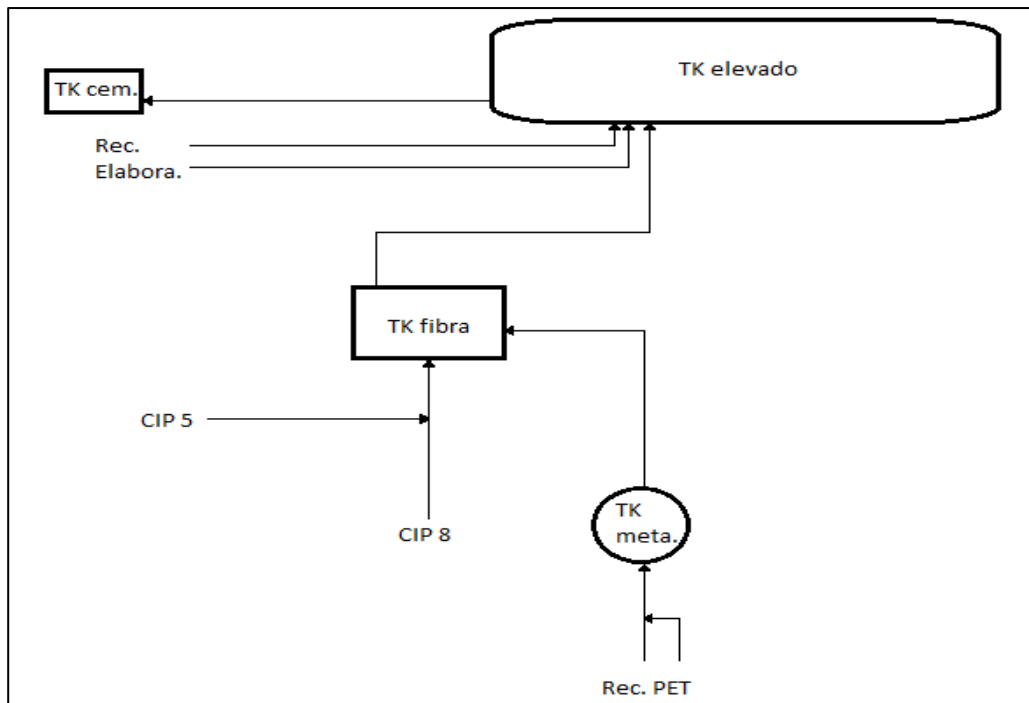


Imagen 4. Distribución del sistema de agua recuperada en el salón de envase (Diagrama de elaboración propia.)

El sistema de agua recuperada del salón de envase se distribuye en 3 tanques, dos pequeños (*Tk fibra* y *Tk meta.*) que colectan agua de enjuagues de CIP de las líneas del salón de envase, para luego ser enviadas a un tanque mayor llamado *Tk Elevado*, el cual a su vez recupera agua de operaciones de limpieza del área de elaboración. El *Tk elevado* envía esta agua a los equipos que la requieren en el salón de envase tales como lavadoras, pasteurizadoras, bombas de vacío y ciertos sistemas de limpieza.

Para mejorar la calidad de agua recuperada almacenada se instaló un medidor de PH en línea a la entrada del tanque *Tk elevado* para descartar el agua por fuera de las especificaciones.

Respecto al volumen de agua almacenada en el sistema de agua recuperada, realizando inspecciones al sistema se evidenció un mal cascadeo del sistema, debido a que los tanques *Tk fibra* y *Tk Meta* rebosaban a pesar de que el tanque *Tk elevado* se evidenciaba con bajo nivel como se observa en la imagen 5. Se encuentra que la bomba de envío del *Tk fibra* a *Tk elevado* estaba energizada de una línea de envasado de poco uso, por lo que se pasó a independizar esta bomba. Además, la bomba de envío de *Tk meta* era de muy baja capacidad por lo que se realizó el cambio de esta por una mayor para evitar los reboces. Estas dos acciones permitieron aprovechar 27000 HI al mes que se estaban perdiendo, esta cifra es basada en la estimación de volumen que se recupera de los CIP de las líneas, tomando como referencia los tiempos de envío de agua establecidos en las recetas de los

CIP y el caudal nominal de las bombas por la cantidad de aseos reportados en el mes, además del volumen de agua recuperado del pasteurizador de PET debido a sus reboces (se cuenta con un caudalímetro para su medida).



Imagen 5. Reboce de tanques de agua recuperada (tk meta izq. Y tk fibra der.)

Siguiendo con el sistema de agua recuperada también se evidenció un mal control sobre el uso de agua en el sistemas de bombas de vacío, se encontró que el tanque de almacenamiento de agua de refrigeración de los sellos de las bombas tenían un problema con los sensores de nivel que activaban las válvulas neumáticas tanto de la línea de agua potable como de agua recuperada para la reposición del nivel, de forma tal que las válvulas siempre se encontraban activas, permitiendo el paso constante de agua potable y recuperada tal y como se observa en la imagen 6.

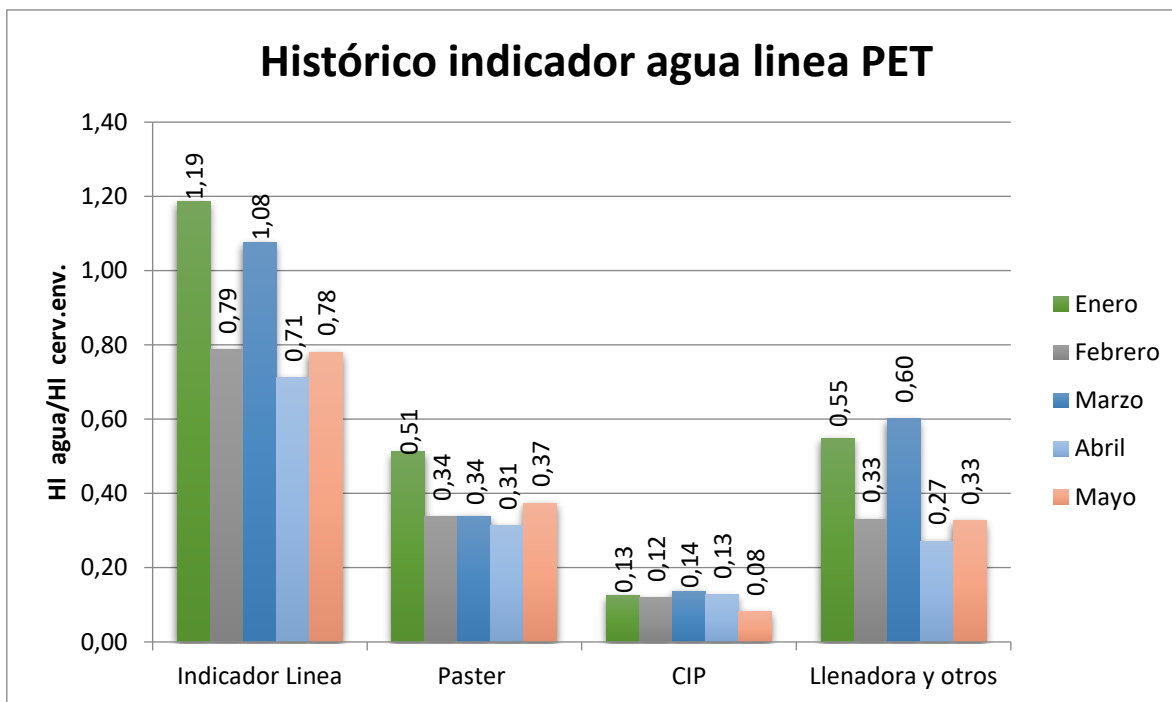


Imagen 6. Foto del sistema de enfriamiento de las bombas de vacío.

Al corregir la programación de los sensores de este sistema se pudo evidenciar un mejor nivel en el tanque de agua recuperada y una disminución promedio de 350 HI de agua al día si se comparaba con el consumo diario que la línea 5 traía antes de la solución de este problema. Esto significa un ahorro de alrededor de 0.05 en el indicador de la línea.

Otra de las líneas de alto consumo como se mencionó anteriormente es la Línea PET. La malta envasada en PET tiene unas condiciones especiales debido a la permeabilidad del envase, por lo que esta línea solo utiliza agua potable en sus procesos y realiza un gran número de aseos para evitar malas condiciones microbiológicas.

Para identificar las fuentes de alto consumo y que tanto pueden variar, se realizó un seguimiento mes a mes de la línea identificando y discriminando el consumo de cada equipo y su aporte al indicador como se observa en la gráfica 4. Las estimaciones de consumo se realizaron utilizando el contador general que tiene la línea y el pasteurizador, además se calculó el consumo de agua en CIP contabilizando el número de ases realizados durante cada mes y sacando el volumen con las recetas de cada CIP. Por ende el consumo de agua restante pertenece a la llenadora y demás equipos de la línea.



Gráfica 4. Histórico del indicador de agua en línea PET discriminado por equipos.

Como se observa en la gráfica 4, el pasteurizador, la llenadora y otros son las principales fuentes de consumo, igualmente se observa en el historial que el aporte de los CIP al indicador es constante y pequeño en comparación con los demás consumos.

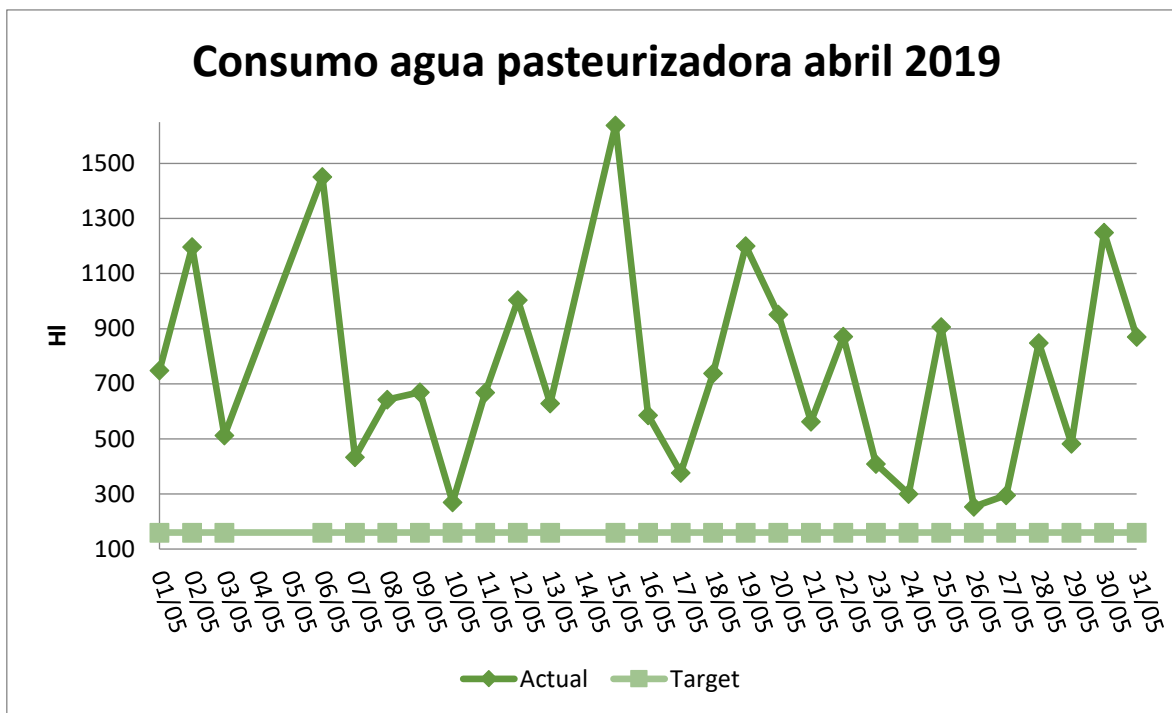
Optimizar el consumo de la llenadora y otros equipos es complicado por la falta de contadores, pero evidenciando el alto consumo en el mes de marzo se encontró una válvula de agua en un intercambiador de calor con pase, por lo que se procedió a cambiarla. Además se propuso automatizar duchas de agua en los transportes para que funcionen solo cuando pase botella. Estas acciones redujeron el consumo de agua en los meses posteriores a marzo como se observa en la gráfica 4.

Por el lado del sistema de pasteurización (imagen 7), según datos entregados por el proveedor el consumo de agua debe ser de alrededor de 0.7 m³/h, es decir aproximadamente 160 HI en un día de producción.



Imagen 7. Sistema de pasteurización de la línea 9. En ese equipo la malta en PET es sometida a altas temperaturas por un tiempo determinado con el objetivo de garantizar un producto libre de microorganismos.

Sin embargo, según el seguimiento realizado al equipo en el mes de abril el consumo real está por encima como se observa en la gráfica 5.

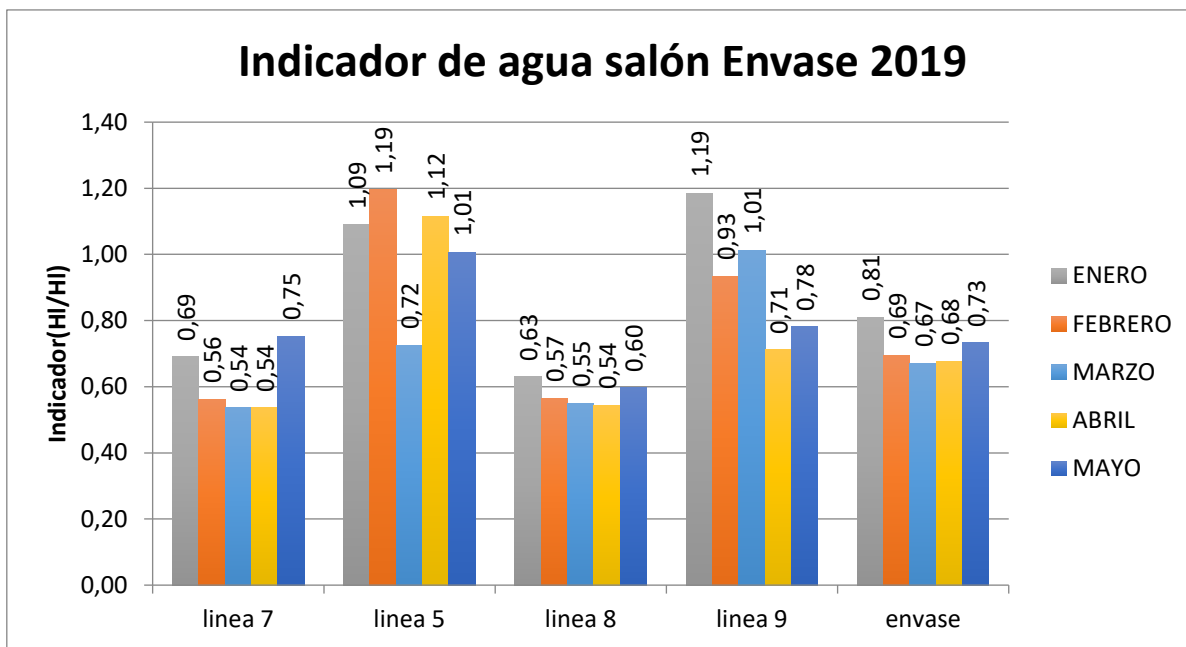


Gráfica 5. Consumo diario de agua pasteurizadora línea PET para el mes de abril 2019.

Este alto consumo presentado en la pasteurizadora es debido a la baja eficiencia mecánica de la línea, ya que al ser la pasteurizadora un sistema regenerativo, cuando la línea para por ciertos periodos se pierda esa transferencia de calor entre las duchas de agua y la botella PET, por ende el equipo necesita agua fresca para terminar el ciclo de pasteurización, evacuando agua (que se recupera para otros procesos) a 40°C e ingresando agua potable a 22°C. Además el consumo de agua se ve afectado con formatos pequeños debido a que hay menor volumen para la transferencia de calor, siendo estos formatos más susceptibles a los paros. El caudal de entrada de agua potable actualmente está entre (2.5-3) m³/h, muy por encima del valor dado por el proveedor.

Para disminuir el consumo de agua en el pasteurizador se propone la instalación de un intercambiador de calor para utilizar los rebocos de la pasteurizadora a 40°C y bajar su temperatura a 25°C aprovechando las líneas de agua glicolada en el salón. De esta forma el equipo funcionaria en un ciclo cerrado ahorrando alrededor de 18000 HI mes o un 0.35HI/HI. Actualmente la propuesta se encuentra en evolución.

Por último en la gráfica 6 observa el progreso del indicador de agua por líneas y general del salón durante los meses de la práctica.



Gráfica 6. Progreso indicador de agua de las líneas y el salón de envase durante el periodo de práctica.

Se puede evidenciar una tendencia positiva del consumo de agua para el salón y de las líneas en general hasta el mes de abril comparado con el mes de inicio de la práctica en enero. Debido a que en mayo se iniciaron varios proyectos en distintas líneas de envasado esto genero una menor eficiencia del salón aumentando el indicador. Para la línea 5 con los avances realizados se logró llegar hasta 0.72 HI/HI, sin embargo al tener otros consumos del salón asociados es una línea más propensa a tener problemas como el encontrado en el sistema de refrigeración de los sellos de las bombas de vacío generando un aumento en el mes de abril y mayo, sin embargo con la corrección de este se espera que se normalice en el mes de junio.

Conclusiones.

- Se realizó seguimiento a procesos de alto consumo de agua en el área de envase de la Cervecería Unión obteniendo resultados significantes para el ahorro del recurso en estos procesos.
- Se estimó y verifico el uso de agua en equipos y procesos de alto consumo, proponiendo planes y acciones de mejora que generaron una ganancia rápida en el salón.
- Se mejoró significativamente el sistema de agua recuperada del salón de envase garantizando la disponibilidad de este recurso para su uso en los procesos requeridos evitando el uso de agua fresca cuando no es necesario.
- Se propusieron nuevas configuración de parámetros en el proceso de envasado como la presión y caudal de trabajo de las lavadoras de envase que significaron una reducción del consumo de agua en este proceso.
- Se redujo sustancialmente el indicador de agua en el salón de envase desde la fecha de inicio de la práctica, siendo este el objetivo esperado dentro de la práctica por parte de la compañía.

Referencias Bibliográficas.

- International Finance Corporation. (2007). Environmental, Health, and Safety Guidelines for Breweries. <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/a1b1ce8048855d0e8dc4df6a6515bb18/final-breweries.pdf?mod=ajperes>
- Brewers Association. (2013). Water and Wastewater: Treatment/Volume Reduction Manual. [https://www.brewersassociation.org/attachments/0001/1517/Sustainability - Water Wastewater.pdf](https://www.brewersassociation.org/attachments/0001/1517/Sustainability_-_Water_Wastewater.pdf)
- Cervunión S.A. (2017) Procedimiento de operación estándar, Lavadora L5.
- Cervunión S.A. (2017) Procedimiento de operación estándar, Pasteurizadora L9.
- MAPER S.A. manual lavadora botellas MAPER LMB 46120-81i.
- Gebo cermex. Swing sld 70/161 equipment manual.