

Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Mendoza, Argentina



**FACULTAD DE
CIENCIAS
AGRARIAS**

TESIS DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES INDUSTRIALES Y
PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR EL USO DEL
RECURSO HÍDRICO EN LA FÁBRICA DE CERVEZA DE
23 RÍOS CRAFTBEER**

Autor: CALISE SÁNCHEZ, Juan Francisco

Director: ECHEVARRÍA, Santiago

Codirector: CASTRO, Fernando

2021



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

Título

CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES INDUSTRIALES Y PROPUESTAS PARA
OPTIMIZAR EL USO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA FÁBRICA DE CERVEZA DE 23
RÍOS CRAFTBEER.

Autor

CALISE SÁNCHEZ, Juan Francisco

juanfrancalise@gmail.com

Director

ECHEVARRÍA, Santiago

eechevarria@fca.uncu.edu.ar

Codirector

CASTRO, Fernando

fcastro@fca.uncu.edu.ar

Comisión evaluadora

LONGO, Ana Clara

alongo@fca.uncu.edu.ar

BARBUZZA, Carolina

cfbarbuzza@gmail.com

REARTE, Emilio

erearte@fca.uncu.edu.ar



RESUMEN

23 Ríos CraftBeer (23R) busca tratar y reutilizar los efluentes derivados de la elaboración de cerveza artesanal de manera tal de cumplir con la normativa determinada por el Departamento General de Irrigación (Resolución N°52/20 y Resolución N°627/00) que reglamenta sobre los parámetros para reuso agrícola.

En el presente trabajo, se desarrolla la caracterización cuantitativa y cualitativa de los efluentes generados a partir de la elaboración de cerveza, integrando al estudio de los mismos la generación de propuestas de mejora que tengan que ver con el tratamiento de los residuos industriales líquidos y el uso del agua.

En primera instancia, se estudiaron y analizaron todos los procesos que involucran la fabricación de cerveza, propios de la Fábrica de 23R. Los mismos fueron plasmados en diagramas de flujos que permitieron identificar cada vuelco que conforma al efluente de producción (EP) y agruparlos para su medición.

Luego, se midieron y calcularon los valores de los volúmenes de vuelco de cada proceso. Además, se especificaron las variables relacionadas a la caracterización físico-química de los efluentes, incluyendo el sitio donde se recolectaron las muestras, el número de muestras extraídas, y los parámetros a determinar.

El resultado obtenido de la caracterización cuantitativa, muestra que el principal componente del EP son los rechazos derivados del tratamiento del agua de red (equipo desalinizador- ED). Los rechazos del ED tienen valores de pH y conductividad eléctrica que se encuentran dentro de los rangos aceptados por la normativa de referencia. Es por ello, que surge como propuesta el almacenaje de estos rechazos en el reservorio ubicado dentro del predio de 23R para su posterior reutilización. A ello se le suman otras medidas que tienen que ver con una reducción en el consumo hídrico dentro de la Fábrica de cerveza que, en conjunto a lo anterior, disminuirían los caudales de vuelco y optimizarían el uso del agua.

La caracterización cualitativa mostró que, en la mayoría de los días de muestreo, el efluente se encuentra por fuera de los valores determinados por la normativa vigente; principalmente en los valores de pH y sólidos sedimentables. En base al análisis de los resultados, se propone un sistema de tratamiento que involucra un pretratamiento y un tratamiento primario, que permitiría estabilizar estos parámetros para el posterior reuso.

Palabras clave: cerveza artesanal, agua, propuestas de mejora, efluentes, tratamiento.



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

AGRADECIMIENTOS

A mi familia: madre, padre, hermana, tías, tíos, primos, primas, abuelos y abuela; por acompañarme con todo el amor y la mejor predisposición en este largo camino.

A Brunella, compañera que me apoyó en todo momento y me enseñó la confianza en mí mismo.

A Juanchi, por escucharme y valorar mis virtudes.

A mis compañeros de hockey sobre patines del Club Banco Mendoza (los de siempre, ellos saben quiénes son), por ser desconexión necesaria, risas y enseñanzas deportivas que sirvieron para mi vida.

A Julián, Joaquín y Franco, amigos incondicionales desde la escuela secundaria hasta hoy.

A mis compañeros y compañeras de la facultad, por compartir conmigo este camino y brindarme momentos que siempre voy a recordar.

A Santiago Echevarría y Fernando Castro, por su labor como directores de este trabajo.

A 23 Ríos CraftBeer, por las grandes personas que conocí que allí trabajan, con excelente predisposición y buena onda. Además, por permitirme desarrollar mi tesina.

A las Facultad de Ciencias Agrarias y Universidad Nacional de Cuyo, por darme la oportunidad de formarme en una institución con gran envergadura. Además, por garantizar la educación pública y gratuita, con docentes con enormes capacidades y grandes valores.

Al que siempre está presente de alguna manera para quienes pudimos compartir con él, que nos marcó para toda la vida y que todos (TODOS) los días recuerdo.



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	2
3.	MARCO TEÓRICO	3
3.1.	MATERIAS PRIMAS NECESARIAS PARA LA ELABORACIÓN DE CERVEZA	3
3.2.	IMPORTANCIA DEL AGUA	4
3.3.	PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA	4
3.4.	ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA FABRICACIÓN DE CERVEZA	8
3.5.	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	9
3.6.	TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	10
3.6.1.	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	10
3.6.2.	TRATAMIENTO PRILIMINAR	10
3.6.3.	TRATAMIENTO PRIMARIO	10
3.6.4.	TRATAMIENTO SECUNDARIO	10
3.6.5.	TRATAMIENTO TERCARIO	11
3.7.	MARCO LEGAL	12
4.	ÁREA DE ESTUDIO	14
4.1.	RELEVAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS	15
4.1.1.	TRATAMIENTO DE AGUA DE RED	16
4.1.2.	COCCIÓN	18
4.1.3.	FERMENTACIÓN Y EMBARRILADO	19
5.	MATERIALES Y METODOLOGÍA	20
5.1.	ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE VUELCO	20
5.1.1.	EFLUENTES DE LIMPIEZA DE EQUIPOS - CIP (ECIP)	20
5.1.2.	EFLUENTES DE LIMPIEZA DE BARRILES (EBAR)	21
5.1.3.	EFLUENTES DE COCCIÓN (ECOC)	21
5.1.4.	EFLUENTES DE EQUIPOS DESALINIZADORES (ED)	22
5.2.	CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL EFLUENTE	23
5.2.1.	MUESTREOS	23
5.2.1.1.	SITIO DE INTERVENCIÓN DE LA CAÑERÍA	23
5.2.1.2.	INTERVENCIÓN DE LA CAÑERÍA	24
5.2.1.3.	METODOLOGÍA DE MUESTREO	24
5.2.1.4.	DETERMINACIONES A REALIZAR	24
5.2.1.5.	ÍNDICE DE PELIGROSIDAD	25
6.	RESULTADOS	26
6.1.	ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE VUELCO	26
6.1.1.	EFLUENTES DE LIMPIEZA DE EQUIPOS - CIP (ECIP)	26
6.1.2.	EFLUENTES DE LIMPIEZA DE BARRILES (EBAR)	27



6.1.3.	EFLUENTES DE COCCIÓN (ECOC)	29
6.1.4.	EFLUENTES DE EQUIPOS DESALINIZADORES (ED)	32
6.1.5.	EFLUENTES DE PRODUCCIÓN (EP)	35
6.1.6.	CAUDALES HISTÓRICOS DE VUELCO	37
6.1.7.	BALANCE DE AGUA – COEFICIENTE DE USO ESPECÍFICO DE AGUA	39
6.2.	CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL EFLUENTE	41
7.	PROPUESTAS DE MEJORA	43
7.1.	SEPARACIÓN DE LAS CORRIENTES DE VUELCO	43
7.2.	PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO	44
7.3.	REDUCCIÓN DEL CONSUMO HÍDRICO DENTRO DE LA FÁBRICA	45
7.3.1.	LAVADO INTERNO DE BARRILES	45
7.3.2.	INCORPORACIÓN DE PISTOLA ROCIADORA	46
7.3.3.	UTILIZACIÓN DE HIDROLAVADORA	46
7.4.	TRATAMIENTO DE LA CORRIENTE DE PRODUCCIÓN	46
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
9.	BIBLIOGRAFÍA	51
10.	ANEXOS	52
10.1.	ANEXO I – Resultados del análisis de los diagramas de flujo	52
10.2.	ANEXO II - Planos de desagües de 23 Ríos CraftBeer	54
10.3.	ANEXO III - Intervención de la cañería	56
10.4.	ANEXO IV - Detalle de variables que conforman el IP	57
10.5.	ANEXO V - Mediciones de CE y pH de los rechazos de ED	58
10.6.	ANEXO VI - Implementación de hidrolavadora	60



1. INTRODUCCIÓN

La Provincia de Mendoza es una provincia de tierras secas, la misma se ubica en el centro oeste argentino, al pie de los Andes centrales y en la denominada “diagonal árida sudamericana”. Esta localización la define como una provincia mediterránea y continental, de clima árido a semiárido con un promedio anual de precipitaciones de alrededor de 200 mm. Los aportes hídricos que se utilizan en las tierras secas irrigadas, es decir, los oasis, provienen casi en su totalidad de la fusión de las nieves y glaciares ubicados en la Cordillera de los Andes Centrales. Estos ríos de régimen nivo-glacial han definido importantes cuencas que alimentan grandes centros urbanos y superficies bajo riego (Grosso Cepparo, 2014).

El habitante de Mendoza vive en un estado de escasez hídrica, sabe de lo que se trata y el Estado provincial (junto a su aparato institucional) es el encargado de diagnosticarla, de difundirla y de pensar e instrumentar políticas tendientes a minimizarla (Grosso Cepparo, 2014).

Aproximadamente el 50% de los establecimientos industriales de la provincia se concentra en los rubros de alimentos y bebidas. En zonas áridas como ésta, el consumo y la eficiencia en el uso del agua requieren de especial atención en todos los sectores de la demanda: doméstico, riego, industrial y ambiental. El conocimiento del volumen de agua que utilizan tales industrias es importante para diversas aplicaciones, como el cálculo del agua virtual de los productos, y para la realización de balances hídricos que incorporan los usos sectoriales en el nivel de cuenca (Duek y Fasciolo, 2014). Por otro lado, el tratamiento de los Residuos Industriales Líquidos (RIL) también es importante teniendo en cuenta el contexto anteriormente mencionado.

El agua juega un rol muy importante en el procesamiento de alimentos. La industria manufacturera la utiliza en diversas etapas del proceso: como elemento de transferencia de calor (para calentar o enfriar), como elemento para la limpieza o como componente del propio producto. Según ello, puede ser uso consuntivo o bien puede ser desechado y vertido como agua residual, luego de ser utilizada (Duek y Fasciolo, 2014).

La industria elaboradora de cerveza, es uno de los sectores industriales que utiliza grandes cantidades de agua. La nueva legislación promueve que las empresas tengan que adaptarse y usar herramientas para la auto-evaluación ambiental evitando posibles sanciones y a su vez, optimizar su rendimiento. La herramienta más utilizada es la auditoría o evaluación ambiental, que detecta errores y propone la solución de éstos (Castro Aravena, 2003).

En consonancia con la evolución a nivel mundial, el mercado cervecero argentino ha experimentado un marcado dinamismo en las últimas dos décadas, caracterizado, por un lado, por un fuerte proceso de globalización y concentración en el mercado de cervezas industriales y, por otro, por el surgimiento a nivel local de cervezas de producción artesanal y de pequeña escala. Según datos de la Cámara de la Industria Cervecera Argentina y del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), entre 1990 y 2011 la venta de cervezas en Argentina registró un incremento del 247%, pasando de poco menos de 6.2 a 21.4 millones de hectolitros anuales. En tanto, el sector productor de cervezas artesanales, a pesar de tratarse de un segmento pequeño dentro del volumen producido a nivel nacional, creció a un ritmo del 20% anual durante el año 2013, mientras que la oferta total (mayormente industrial) se expandió sólo al 1% anual (Civitaresi et al, 2017).

La producción de cerveza artesanal se identifica por ser de pequeña escala, tener procesos de producción relativamente cortos, combinar la elaboración de recetas tradicionales con la



búsqueda de diferenciación y calidad, incorporando ingredientes novedosos que resultan en nuevos estilos. En el caso de la Argentina, en febrero de 2017 se incorporó la producción de cerveza artesanal en el Código Alimentario Argentino (Art. 1082 bis), planteando que podrá incluirse la leyenda Elaboración Artesanal en el rótulo de aquella cerveza que: a) no utilice en su producción aditivos alimentarios; b) se encuentre adicionada únicamente con ingredientes naturales; c) tenga una elaboración manual o semiautomática; y d) en el caso que se le agregue jugos o extractos de frutas, éstos sean previamente pasteurizados. Pero esta definición, de carácter más técnico, deja de lado aspectos como la escala de producción y el origen del capital (Civitaresi et al, 2017).

El sector cervecero artesanal está compuesto por una gran diversidad de actores, incluyendo personas que producen en forma casera, en su propia vivienda, con productos de calidad variable y, en términos generales, poco estandarizados, hasta cervecerías artesanales que elaboran un importante volumen mensual. Esta heterogeneidad interna dificulta la disponibilidad de datos rigurosos sobre la producción y, a su vez, no se encuentran trabajos previos en Argentina que hayan intentado avanzar en la comprensión de estas diferencias (Civitaresi et al, 2017).

23Ríos CraftBeer (23R) es una empresa gastronómica que se encarga de la producción y venta de cerveza artesanal y otros productos alimenticios. Su actividad se centra en la producción de cerveza, la cual en los últimos años ha sido premiada en diferentes concursos y le ha dado a la empresa un gran crecimiento de la demanda del producto. La Cervecería 23 Ríos busca ser un ejemplo en términos ambientales, ocupándose de todas las aristas que involucran a la sustentabilidad empresarial y teniendo en cuenta la realidad ambiental que atraviesa la provincia. En base a esto, uno de los aspectos fundamentales de la misma es una adecuada gestión del recurso hídrico, la cual es crucial para el desarrollo socioeconómico en la región.

2. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Objetivos generales:

- Caracterizar los efluentes derivados de la fabricación de cerveza en la Fábrica de 23 Ríos CraftBeer, y generar propuestas para un uso eficiente del recurso hídrico dentro la misma.

Objetivos específicos:

- Releva todos los procesos productivos involucrados en la fabricación de cerveza que se desarrollan en la Fábrica.
- Determinar los caudales de vuelco diarios, semanales y mensuales, cuantificando los volúmenes de agua utilizados en cada proceso involucrado de forma directa en la fabricación de cerveza.
- Determinar parámetros físico-químicos del efluente derivado de la fabricación de cerveza de la Fábrica de 23 Ríos.
- Generar herramientas para un uso eficiente del recurso hídrico, acorde a los métodos de producción de cerveza propios de la Fábrica de 23 Ríos.



3. MARCO TEÓRICO

3.1. MATERIAS PRIMAS NECESARIAS PARA LA ELABORACIÓN DE CERVEZA

Cebada

En la elaboración de cerveza la cebada es transformada en malta, responsable de otorgarle el sabor y el color de la bebida, por lo que la calidad del grano es fundamental. Las enzimas que contiene el grano convierten el almidón en azúcares fermentables para la producción de la cerveza. El almidón durante el proceso de fabricación de la cerveza se desdobra en maltosa y dextrina. La maltosa a su vez en el proceso de fermentación pasa a alcohol, anhídrido carbónico, aportando a la cerveza las características deseadas (Ibarzabal Diaz, 2020).

Adjuntos

El cual se entiende como la materia prima que sustituye parcialmente a la malta, o al extracto de malta en la elaboración de la cerveza. Su empleo no podrá ser en su conjunto superior al 45% en relación al extracto primitivo (cantidad de sustancia disuelta del mosto que dio origen a la cerveza). Esto tiene como finalidad reducir el costo de producción y equilibrar la composición del mosto; en general se utilizan arroz, maíz, trigo, tapioca y azúcar (Ibarzabal Diaz, 2020).

Azúcar

Se utiliza para endulzar la cerveza y también para darle color cuando se utiliza azúcar caramelizada.

Lúpulo

Se cultiva exclusivamente para la utilización de sus flores femeninas en la industria cervecera. Originaria de las zonas templadas del hemisferio Norte. Tiene una vida productiva de 15 años. Una vez que finaliza su crecimiento vertical aparecen las ramas laterales, donde se desarrollan las flores. El primer año del cultivo no se cosecha y hacia el cuarto año alcanza su máximo nivel de producción. Brota anualmente, a mediados de diciembre, donde las flores comienzan a madurar incrementando su contenido de alfa ácidos y materia seca hasta el momento de cosecha, desde mediados de febrero hasta mediados de marzo.

Existen diferentes tipos de lúpulos, que brindan aromas y amargores diferentes a la cerveza. Sus acciones benéficas son:

- Equilibra el dulzor de la malta
- Imparte el típico sabor amargo.
- Promueve la formación de espuma y luego coopera en su mantenimiento.
- Ayuda a conservar la cerveza por su fuerte acción antiséptica.

En nuestro país el lúpulo se produce principalmente en la Comarca Andina del Paralelo 42, que comprende la ciudad rionegrina de El Bolsón y varias localidades de Río Negro y Chubut eslabonadas principalmente por la ruta 40 (Ibarzabal Diaz, 2020).

Agua

Componente básico en el proceso de producción de cerveza. El agua de forma natural, contiene una cierta cantidad de sales que influyen de forma definitiva en la cantidad final de la cerveza. En muchas ocasiones esa influencia es enorme, llegando a determinar las típicas características de cerveza como la Pilsen, Burton, etc. La dureza del agua es uno de los parámetros fundamentales. Las cervezas ligeras necesitan aguas con bajo contenido de sales carbonatadas. Las cervezas oscuras admiten aguas más duras (Ibarzabal Diaz, 2020).



Levadura

Son microorganismos que al crecer y multiplicarse en el mosto toman los azúcares del mismo transformándolos en alcohol y anhídrido carbónico.

Hay cientos de levaduras de uso cervecero distintas, pero se pueden diferenciar según la forma de utilización en dos tipos:

- A. Levadura de fermentación alta conocida como *ale*, se alimenta de maltosa a temperatura entre los 13 y 24°C y permanece flotante en el tanque de fermentación.
- B. Levadura de fermentación baja o *lager* que actúa mejor a temperaturas de entre 7-13°C y consumen grupos más pequeños de azúcares por lo que precipitan y se mantienen en el fondo del tanque de fermentación.

Por lo general, se utilizan más las levaduras de tipo Lager, ya que las variedades son más estándar y baratas. En cambio, cuando se utiliza levadura tipo Ale se complejiza la operación, aunque tienen mayor variedad de aromas. Esto hace que el uso de la levadura Ale sea más caro, pero crea un producto de mayor calidad (Ibarzabal Diaz, 2020).

3.2. IMPORTANCIA DEL AGUA

El agua es un elemento fundamental en la fabricación de la cerveza, llegando a constituir entre el 85 y el 90 % de esta bebida (Flórez Benito, 2020). Sin embargo, solamente una parte del agua requerida es usada directamente en la cerveza, otra atraviesa por un largo proceso que incluye extracción, preparación o acondicionamiento para utilizarse luego como disolvente, como medio de calentamiento o de enfriamiento, como agua de lavado, o de reposición.

Según el agua de la cual se dispone, se determinará el tipo de cerveza que se quiera producir. Así por ejemplo, el alto contenido en sulfato cálcico resulta ideal para las cervezas de tipo "pale ale" (fermentada con levaduras altas y de color claro). En contraste con esto, las aguas blandas resultan ideales para la elaboración de cerveza tipo "lager" (fermentada con levaduras bajas). Además, el agua rica en bicarbonato cálcico resulta excelente para la producción de las cervezas más oscuras. En función de la calidad del agua de partida, puede ser necesario establecer un tratamiento del agua para eliminar todas aquellas sustancias que puedan interferir en la calidad de la cerveza o en su estandarización (Muñoz Lucas et al, 2018).

Evia (2017) y Ramírez (2009), indican que para producir un litro de cerveza se necesitan 5 litros de agua como promedio internacional. Este indicador no incluye la huella hídrica para obtener el producto final, es decir, el agua necesaria para el cultivo de la cebada y del lúpulo. Algunas instituciones administradoras del agua y especialistas sobre la industrialización de bebidas, aseguran que las plantas cerveceras deben hacerse responsables de su uso racional y devolver la que no se consuma a las cuencas hidrológicas (Corrales, 2020).

3.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA

El proceso de elaboración de cerveza se puede dividir en 3 etapas principales, presentadas en la Figura 1: elaboración del mosto, fermentación y maduración, y finalmente la filtración y envasado.

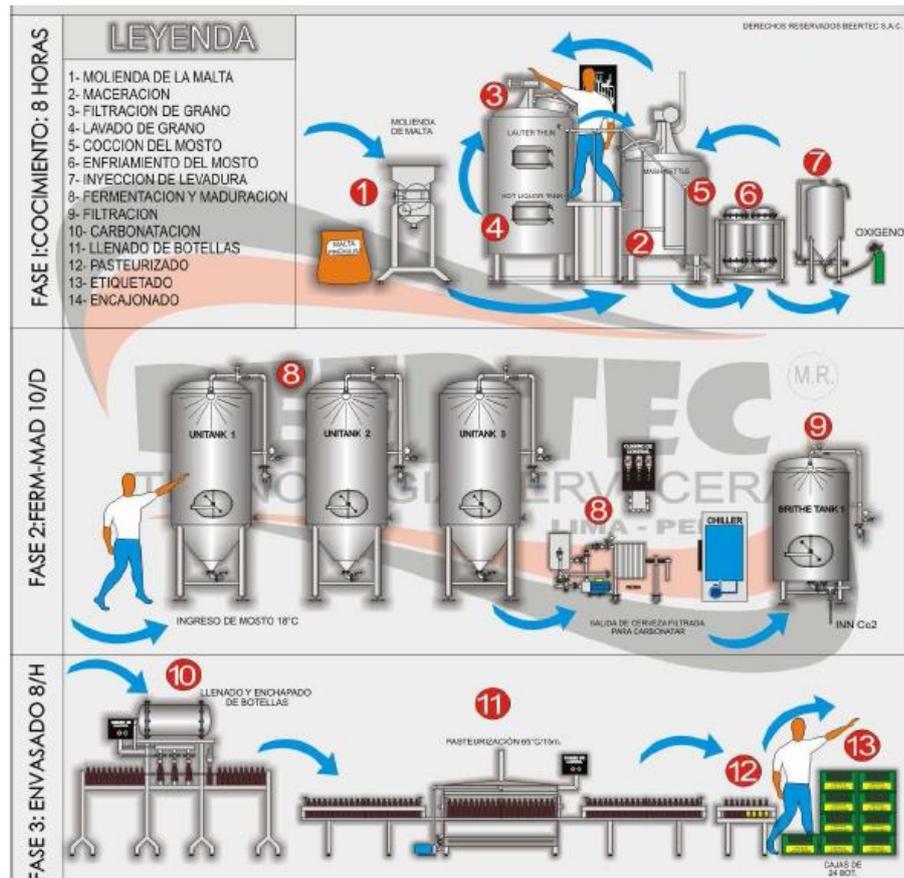


Figura 1. Proceso de producción de cerveza. Etapas principales. Fuente: <http://beertec.galeon.com>.

Se enumeran a continuación, todos los procesos contenidos en estas 3 fases importantes:

1. Trituración de malta

Se utilizan diversas variedades de malta, dado que para cada tipo de cerveza se requieren mezclas particulares de las mismas. Éstas se dosifican según el tipo de cerveza que se quiera lograr y se las vuelca en una tolva, donde pasan a ser trituradas y preparadas para el proceso de macerado. La malta es triturada, separándose las cáscaras de la harina. El rendimiento de la molienda depende del tipo de máquina que se utiliza (Ibarzabal Diaz, 2020).

2. Maceración

El macerado es el proceso de impregnado en agua caliente, el cual hidrata la cebada, activa las enzimas de la malta y convierte los almidones del grano en azúcares fermentables. El mismo puede calentarse de dos maneras: por el agregado de agua caliente (Infusión) o directamente calentando el recipiente que contiene el macerado. Ciertos estilos de cerveza requieren un método particular de macerado para lograr el mosto apropiado para ese estilo (Ibarzabal Diaz, 2020).

3. Drenaje y lavado

El drenaje del mosto es el método que la mayoría de los cerveceros usan para separar el mosto dulce del macerado. Un tonel de drenaje consiste en un recipiente grande para contener el macerado y un falso fondo o un tubo colector múltiple para permitir que el mosto se escurra y deje atrás al grano. El drenaje puede ser llevado a cabo de muchas maneras, pero



generalmente consta de tres pasos: bloqueo del macerado (mashout), recirculación y lavado (sparge).

1. Bloqueo del macerado (mashout): consiste en aumentar la temperatura del macerado a 76.5°C antes del drenaje propiamente dicho. Esta etapa detiene toda la actividad enzimática (preservando el perfil de azúcares fermentables) y hace a las cáscaras del grano filtrantes y al mosto más fluido. Se deja reposar el macerado durante unos 20 minutos, donde las cáscaras de la malta se depositan en el falso fondo, sirviendo como filtrantes (denominado "lecho filtrante").
2. Recirculado: el drenaje del mosto es extraído del tonel de drenaje y volcado nuevamente sobre el lecho filtrante. Los primeros litros son casi siempre turbios con proteínas y partículas de granos, esta etapa filtra el material indeseable para evitar que llegue a la olla de hervido.
3. Lavado: enjuague con agua caliente del lecho filtrante para extraer la mayor cantidad posible de azúcares. Típicamente, se usan 1.5 veces más agua para el lavado que para el macerado. La temperatura del agua de lavado es importante. El agua de lavado no debe superar los 75°C (Ibarzabal Diaz, 2020).

4. Cocción

El mosto filtrado se lleva a la olla de cocción, donde se calienta a temperatura de ebullición (100°C) durante una hora y media aproximadamente, en presencia del lúpulo, el cual puede ser agregado en diferentes etapas durante este proceso. Durante la etapa de cocción se alcanza:

- Esterilización del mosto, ya que los microorganismos presentes no sobreviven a esas temperaturas.
- Extracción de sustancias amargas del lúpulo que darán el clásico sabor amargo a la cerveza.
- Parte del agua se evapora, consiguiendo así la densidad para el mosto.
- Las proteínas no estables al calor coagulan.

Aunque ya tenemos un mosto bastante limpio durante la cocción, las proteínas sensibles al calor precipitan, por lo que es necesario centrifugar el mosto para eliminar estos sólidos en suspensión o turbio caliente.

Según el tipo de equipos que se dispone y del tipo de lúpulo que se haya utilizado (extracto, comprimidos o flores) la filtración/centrifugación/separación de estos se realizará de manera diferente. Cuando se manipula lúpulo en flor es necesaria la separación, donde la olla de cocción cuenta con un falso fondo, sobre el cual los pétalos de las flores serán retenidos y se formará un filtro que evitará que las proteínas coaguladas pasen a través de él. Otra técnica es el proceso de centrifugación o *whirlpool*, utilizando una centrífuga o más comúnmente en las cervecerías artesanales en la misma olla de cocción, en la cual se imprime al mosto un movimiento de rotación originando una fuerza que produce la sedimentación de los sólidos. El tercer sistema, es el uso de máquina de filtración por medio de placas basadas en el principio de centrifugación, el cual es un método caro para las pequeñas cervecerías artesanales (Ibarzabal Diaz, 2020).

5. Enfriamiento

En general, se procede al enfriamiento del mosto en un equipo de placas o tubular, en primera sección, y por último en contracorriente con agua helada (1-2°C) en la segunda. Durante el enfriamiento aparece un precipitado de proteínas que se conoce como "turbio frío" y que también es separado por filtración (Ibarzabal Diaz, 2020).



6. Aireado y adición de levadura

El mosto ha de ser aireado para que el oxígeno contenido en el aire se disuelva en el mosto, el cual favorece a la multiplicación de la levadura. La aireación del mosto se hace en frío (si se hiciera en caliente provocaría una oxidación del mosto, oscureciendo su color y haciéndolo más amargo).

La adición de levadura se realiza sobre un mosto con una temperatura dada para el tipo de levadura que vayamos a utilizar y suficientemente oxigenado para que la levadura se multiplique antes de empezar su proceso de metabolización de los azúcares (Ibarzabal Diaz, 2020).

7. Fermentación

La fermentación de los azúcares contenidos en el mosto es realizada con levaduras. Éstas transforman los azúcares principalmente en etanol y dióxido de carbono, como así también en otros compuestos minoritarios que forman parte del aroma y sabor característicos de cada cerveza. Cuando la mayor parte de los azúcares fueron consumidos, en los procesos de fermentación baja, las levaduras sedimentan y son separadas del fondo de los tanques de fermentación, generalmente cónicos. Esta primera etapa de fermentación suele durar entre 7 y 10 días dependiendo el tipo de cerveza (Seluy, 2015).

8. Maduración

Una vez terminada la etapa de fermentación, la mezcla es enfriada hasta temperaturas entre 0 y 2 °C. Esto produce la sedimentación de la levadura, por lo que, se realizan purgas de fondo a las 48 horas y varias más según sea requerido. Durante el tiempo de residencia de la cerveza en los tanques (tiempo de almacenaje), continúan las reacciones químicas de los productos orgánicos contenidos en ella. Los sabores y aromas maduran, se entremezclan entre sí de forma que se crea un espectro aromático más uniforme donde, en teoría, no debería destacar ningún aroma o sabor por encima de los demás en exceso.

Una vez ya fermentada la cerveza y sedimentada la levadura, la etapa de maduración depende de la variedad de cerveza producida. Esta etapa puede durar desde una semana hasta incluso más de veinte días. El proceso total de fermentación/maduración puede ir de 10 a 30 días (Ibarzabal Diaz, 2020).

9. Filtración

La cerveza es filtrada utilizando tierra de diatomeas, o a través de tecnología de membranas de manera de obtener una cerveza clara y brillante (Seluy, 2015).

10. Envasado

Una vez filtrada la cerveza, se embarrila o embotella para su venta. La mayoría de las fábricas pasteurizarán la cerveza para aumentar su estabilidad biológica y para que no pierda su sabor o se produzcan reacciones biológicas no deseadas (la pasteurización, a su vez, produce sabores a madera cocida no deseables).

La producción de espuma se puede realizar de dos maneras:, a partir de una segunda fermentación en botella, la cual consiste en el agregado de azúcar o dextrosa en momento de envasar; o mediante carbonatación forzada, inyectando gas carbónico en la cerveza en condiciones de presión y temperatura determinada, el cual se disuelve o mezcla en la cerveza. El gas en estas condiciones de alta presión se disuelve en la cerveza, y cuando se sirve desde barril se reduce bruscamente la presión, que el dióxido de carbono atrapado en el líquido se vuelve a expandir creando burbujas. Según el estilo de cerveza que se elabora es el grado de carbonatación (Ibarzabal Diaz, 2020).



3.4. ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA FABRICACIÓN DE CERVEZA

Dada la complejidad existente en las diversas etapas de producción de la cerveza y la naturaleza de las materias primas utilizadas, la composición química y microbiológica del efluente de una cervecería es muy variada.

En forma general, gran parte de los efluentes se producen en el lavado de equipos, tales como tanques de cocimiento, filtros prensa, intercambiadores de calor, tanques de fermentación y maduración, lavado del circuito de filtración, lavado de botellas, barriles, pisos y tuberías en general.

A continuación, se indican las principales operaciones donde se generan los efluentes, resaltando el hecho de que se realizan los lavados de los equipos luego de cada lote de producción:

- Preparación de mosto (caldera de cocción-maceración, cuba-filtro, estanque decantador).
- Lavado del piso del área de producción del mosto.
- Lavado de tanques CIP.
- Lavado de los intercambiadores de calor.
- Lavado de materiales, pisos y tuberías en general.
- Lavado de los tanques de fermentación, maduración.
- Lavado de los tanques de almacenamiento de la cerveza.
- Llenado de botellas y de barriles.
- Lavado de pisos de las áreas de llenado de botellas y embotellamiento.
- Residuos del proceso de llenado de botellas y mermas (vidrio, tapas).

ULMANN (1951), menciona que estas aguas residuales, se caracterizan por una elevada proporción de materias orgánicas fácilmente descomponibles, y por la presencia de grandes cantidades de gérmenes de la fermentación (bacterias) y otros microorganismos.

Es característico que los efluentes contengan sólidos en suspensión o sólidos sedimentables, provenientes de las impurezas (cáscaras y granos) de la materia prima. Poseen color y turbiedad bastante elevadas y un pH variado, desde 3.5 a 4.6, pudiendo llegar a valores de 10 a 11 durante el lavado con soda cáustica de los tanques (Castro Aravena, 2003).

Además de los residuos mencionados, pueden encontrarse restos de etiquetas de las botellas, almidón, levadura decantada o centrifugada, tierra filtrante y una cantidad de cerveza y levadura proveniente de las purgas y de las botellas que se rompen durante la pasteurización.

Todos estos efluentes se caracterizan por presentar una DBO_5 alta y son ricos en proteínas que se descomponen rápidamente, produciendo olores significativos (Castro Aravena, 2003).



Tabla 1. Origen y composición de los efluentes en la producción de cerveza. Fuente: Castro Aravena, 2003.

FASE DE PRODUCCIÓN	ORIGEN DEL RESIDUO	COMPOSICIÓN
Cocción	Residuos de mosto y lavado de equipos	Solución acuosa de azúcares, dextrina, proteínas, taninos y resinas
Fermentación	Lavado de tanques	Alcohol etílico, ácidos, aldehídos, cetonas, ésteres, bacterias
Maduración	Fondo de los tanques	Líquido enriquecido de proteínas y productos derivados de su degradación

3.5. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Resulta esencial, como primera medida orientada a la optimización del uso de agua en la industria de procesos, conocer, medir y cuantificar el origen y la composición tanto física como química de los RILES.

Los efluentes presentan una gran variabilidad en su composición química, física, biológica, y sus contaminantes, debido a su origen y/o procedencia. Para la industria cervecera en general, hay ciertos tipos de contaminantes de las aguas residuales que son de suma importancia por el impacto que producen en el ambiente y por tanto es recomendable estudiar (Castro Aravena, 2003).

A continuación, se listan los principales contaminantes de interés en el tratamiento y su importancia:

- **Materia orgánica biodegradable:** compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas animales. La descomposición anaeróbica de la misma genera olores desagradables.
- **Sólidos en suspensión:** pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fangos y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno. Obstruye operaciones, conducciones y equipos.
- **Patógenos:** pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
- **Nutrientes:** fundamentalmente nitrógeno y fósforo. Cuando se vierten al entorno acuático, pueden generar eutrofización.
- **Sólidos inorgánicos:** tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al efluente como consecuencia del uso del agua. Es posible que deban eliminarse si se reutiliza el agua residual.
- **Metales pesados:** son frecuentemente añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales. Puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el efluente (Castro Aravena, 2003).



3.6. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

3.6.1. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales consisten generalmente en una secuencia de procesos que dependen de las características del agua residual a tratar y del grado de purificación requerido según los niveles de contaminación permitidos por la legislación, lo que depende fuertemente del lugar de descarga y cuerpo receptor. La secuencia de procesos consiste básicamente en una serie de tratamientos denominados tratamiento preliminar, primario, secundario y, eventualmente, terciario y cuaternario (Alasino, 2009).

3.6.2. TRATAMIENTO PRILIMINAR

Es la primera etapa de un sistema de tratamiento de residuos industriales líquidos, tiene como objetivo la reducción de la carga orgánica, mediante la reducción de sólidos gruesos y finos. Además, protege las instalaciones, el funcionamiento de las obras de tratamiento y elimina o reduce sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas principalmente con la apariencia estética de las plantas de tratamiento (Rojas, 2002).

Los procesos que conforman este tratamiento son:

- Rejas o tamices
- Trituradores
- Desarenadores
- Desengrasadores
- Preaeración (Rojas, 2002).

3.6.3. TRATAMIENTO PRIMARIO

Esta etapa consiste normalmente en la eliminación de sólidos y material no disuelto (Castro Aravena, 2003). Además, pueden buscar estabilizar el caudal o ajustar el pH. Dentro de este sistema de tratamiento se encuentran las siguientes operaciones:

- Sedimentación primaria (clarificación)
- Flotación
- Filtración primaria
- Ecuación.

3.6.4. TRATAMIENTO SECUNDARIO

Conocido también como tratamiento biológico, el cual tiene por objetivo reducir la demanda biológica de oxígeno usando procesos biológicos, es decir utiliza la acción degradativa de microorganismos o plantas, antes de eliminar o descargar los efluentes al receptor final. Las operaciones pueden ser clasificadas según las condiciones ambientales de operaciones en:

- A. Procesos aeróbicos: constituyen el mecanismo clásico de tratamiento para residuos líquidos con alta carga orgánica logrando reducciones de hasta el 95% de la DBO₅ y SST (Castro Aravena, 2003).

Los procesos aerobios requieren un diseño que garantice la correcta aireación del efluente, con el adecuado tiempo de residencia y la instalación de cámaras de ecuación, cribas mecánicas, estanques de oxidación y sedimentación; además del equipo mecánico con el correspondiente suministro de energía y la instalación de paletas aireadoras en los fondos.



Este mecanismo permite una drástica reducción de la DBO_5 en cortos períodos de tiempo, pero necesita mucha energía y produce muchos fangos. Cada planta industrial, deberá evaluar sus posibilidades de posterior utilización del agua tratada que se obtiene como producto final, así como de las opciones de disposición final de los lodos utilizados y el destino del material sólido recuperado (Castro Aravena, 2003).

- B. Procesos anaeróbicos: estos sistemas funcionan produciendo gas metano o biogás que puede recuperarse, y menores cantidades de lodo; estando diseñados para soportar mayores cargas de DBO_5 que las utilizadas para los lodos aeróbicos. Sin embargo, este tipo de tratamiento produce variaciones en el pH del residuo (Castro Aravena, 2003).

El proceso de tratamiento con lodos anaerobios permite tratar mayores cargas de DBO_5 en tiempos similares y la eficiencia depende del diseño aplicado. Sin embargo, debe tenerse en cuenta las necesidades de espacio físico, facilidades de construcción y equipo auxiliar, equipo de monitoreo y neutralización de pH, así como las facilidades de ingeniería que sean necesarias para poner en operación una planta de tratamiento de esta naturaleza. Los costos asociados suelen ser muy similares a los requeridos en el proceso de lodos activados aeróbicos (Castro Aravena, 2003).

3.6.5. TRATAMIENTO TERCARIO

Los tratamientos terciarios y cuaternarios son procesos de refinamiento, se utilizan en caso de necesidad e incluyen tratamientos como filtración, desinfección con cloro u ozono, precipitación química de fósforo con sales de hierro, etc. (Alasino, 2009). Dependen de la utilización que se le dé al efluente.



3.7. MARCO LEGAL

Tabla 2. Marco legal Nacional y Provincial. Fuente: Elaboración propia.

TIPO DE MARCO	LEY/ARTÍCULO/DECRETO	AUTORIDAD DE APLICACIÓN	CONTENIDO
Nacional	Artículo 41	Tribunal constitucional	Promueve la existencia de normas que contengan los presupuestos mínimos de protección ambiental.
	Artículo 124	Tribunal constitucional	Regula el aprovechamiento y uso de los recursos naturales atribuyendo potestades a las provincias. De esta manera favorece la autocalidad de las provincias para su desarrollo económico y social.
	Ley 25.688 Régimen de Gestión Ambiental de Aguas	Comité de cuenca correspondiente	Establece los presupuestos mínimos ambientales, para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional.
	Ley 25.675 General del Ambiente	Poder judicial	Establece los presupuestos mínimos para una gestión sustentable y adecuada del ambiente.
	Ley 24.051 Residuos Peligrosos	Dirección de Residuos Peligrosos	Establece los presupuestos mínimos para regular la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos.
	Artículo 82 del Código Alimentario Argentino	Autoridad Sanitaria Nacional	Fija las concentraciones permitidas para parámetros físicos, químicos y microbiológicos para determinar la potabilidad del agua.



Provincial	Ley 5.961 General del Ambiente	Ministerio de Medio Ambiente	Promueve la preservación del ambiente en territorio provincial para resguardar el equilibrio ecológico y desarrollo sustentable.
	Ley General de Aguas	Departamento General de Irrigación	Regular el uso, aprovechamiento y distribución del agua en Mendoza.
	Leyes 4.035 y 4.036 Administración de Aguas Subterráneas del DGI Mendoza	Departamento General de Irrigación	Establecen el régimen jurídico del agua subterránea en la provincia de Mendoza.
	Ley 6.044 Reordenamiento del Institucional del sector Agua Potable y Saneamiento	Ente Provincial del Agua y Saneamiento	Establece el reordenamiento institucional de la prestación de los servicios de la provisión de agua potable y saneamiento y la protección de la calidad de agua en la provincia de Mendoza.
	Ley 6.405 Administración y preservación de canales, hijuelas y desagües de riego de la provincia.	Departamento General de Irrigación	Administra el uso, control, conservación, mantenimiento y preservación de los canales, hijuelas, sistemas de riego y desagües.
	Resolución 778	Departamento General de Irrigación	Establece los límites para el vertido directo e indirecto a los cuerpos receptores (“máximo permitido” y “máximo tolerable”). También detalla sobre el otorgamiento de autorizaciones y permisos.
	Resolución 627	Departamento General de Irrigación	Establece los parámetros que deben tener los vertidos industriales y cloacales para reuso agrícola.
	Resoluciones 51 y 52	Departamento General de Irrigación	Regula la protección de la calidad de las aguas de Mendoza, el vuelco de los efluentes y las áreas de reúso.
Ley 5.917 Residuos Peligrosos	Ministerio de Medio Ambiente	Establece las normas generales para la manipulación, transporte, tratamiento y disposición de residuos peligrosos en el territorio provincial.	

4. ÁREA DE ESTUDIO

23 Ríos CraftBeer se encuentra ubicada en la lateral de Boedo y Acceso Sur n°079 en Carrodilla, departamento de Luján de Cuyo, Mendoza. [23 Ríos Craftbeer](#)



Figura 2. Ubicación del predio de 23 Ríos CraftBeer con rutas y calles principales. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3 pueden observarse los distintos sectores que conforman a 23R en su totalidad. Se destaca el sector que corresponde a la Fábrica de Cerveza, ya que es donde se desarrolló el presente trabajo.



Figura 3. Mapa del predio de 23R con sus distintos sectores. Fuente: Elaboración propia.

4.1. RELEVAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

Para obtener una primera aproximación, fue necesario conocer todos los procesos involucrados en la elaboración de cerveza que se desarrollaban dentro de la fábrica de 23R. Con la colaboración del personal que se desempeña en la misma, se plasmaron todos en los diagramas de flujo que se presentan a continuación (Ver Fig. 4, 6 y 7). Se identificaron tres bloques: Tratamiento del agua, cocción y fermentación y embotellado.

4.1.1. TRATAMIENTO DE AGUA DE RED

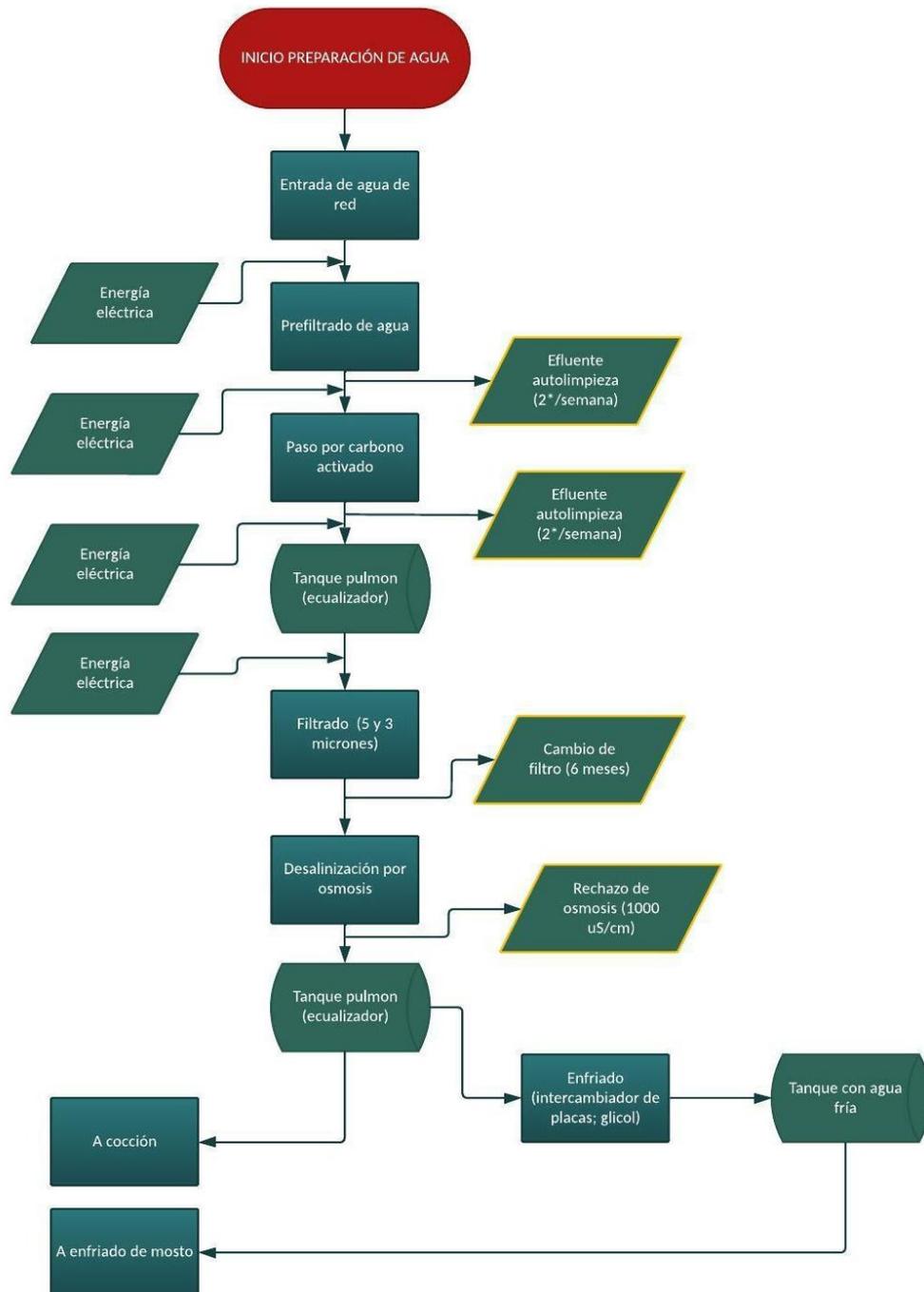


Figura 4. Diagrama de flujo de proceso de tratamiento o desalinización del agua de cocción. Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó con anterioridad, las diferentes industrias elaboradoras de cerveza utilizan diferentes métodos para el tratamiento del agua de red. El agua de red tratada se utilizará para múltiples procesos, pero es fundamental en la elaboración de cerveza.

Fue de vital importancia contar con la información brindada por el personal encargado de la instalación y mantenimiento del equipo. Con ello se determinaron tres (3) procesos que conforman el tratamiento, cada uno tiene su respectivo rechazo:

1. Prefiltrado: independiente, produce un total de vuelco de 300-400 litros cada 3 días durante un tiempo de 75 minutos.
2. Purificación: independiente, el rechazo es entre 100-150 litros cada 3 días durante 19 minutos.
3. Ósmosis: dependiente, produce vuelcos en continuo; dependerá de las cocciones (dentro de ellas si corresponde a variedad Stout o No Stout, y si es una cocción simple, doble o triple) y del lavado interno de barriles.

Además, con la información brindada por la responsable de Calidad de la fábrica, pudo diferenciarse la utilización de diferentes proporciones de agua blanda y agua de ósmosis en las cocciones de cerveza. Se diferenciaron los vuelcos en dos grupos binarios: i) Stout y ii) No Stout. Esta diferenciación se debe a que el estilo Stout utiliza cierto porcentaje (40%) de agua blanda en lugar del total de agua proveniente de ósmosis (a diferencia del resto de los estilos que utilizan el 100% agua de ósmosis), por lo tanto, las cocciones de Stout representan un menor consumo de agua que debió ser contemplado y ajustado.



Figura 5. Equipo similar al que se utiliza en la Fábrica de cerveza de 23R. Fuente: <https://ingsiri.com.ar/productos/osmosis-inversa/> .

4.1.2. COCCIÓN

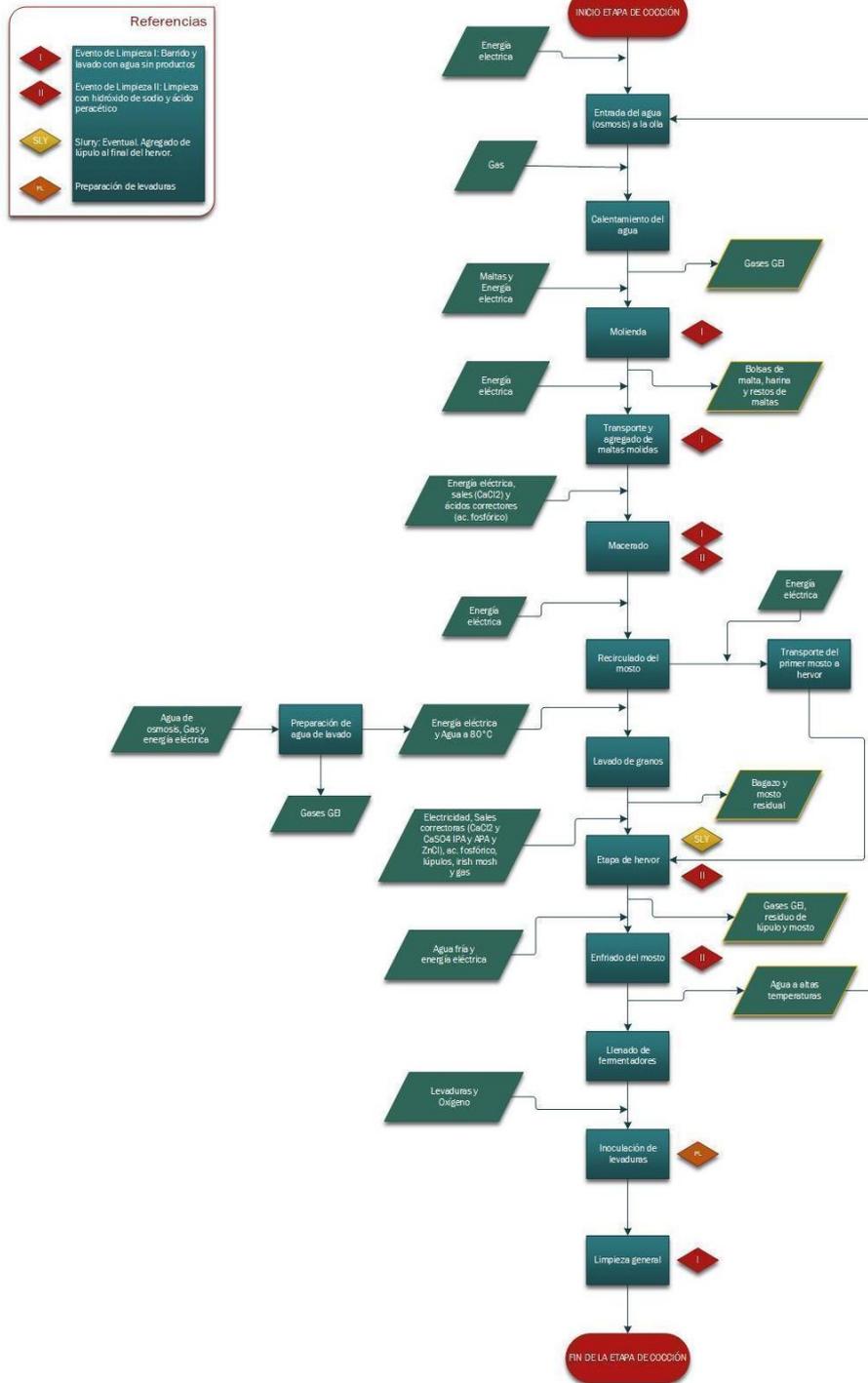


Figura 6. Diagrama de flujo de proceso de cocción. Fuente: Elaboración propia

4.1.3. FERMENTACIÓN Y EMBARRILADO

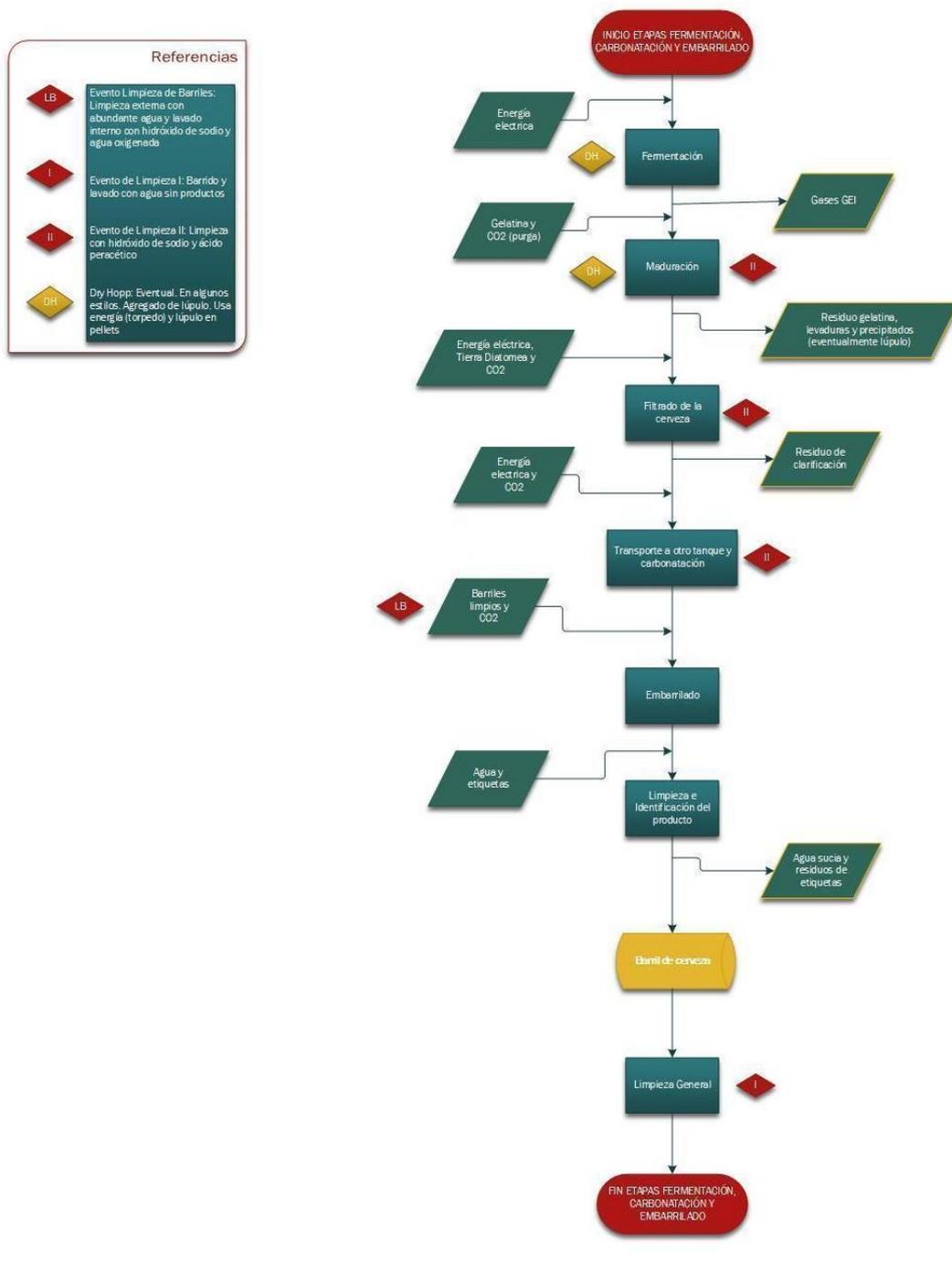


Figura 7. Diagrama de flujo de proceso de fermentación y envasado. Fuente: Elaboración propia.



La identificación de entradas y salidas en los diferentes procesos de la cervecería, resultó indispensable para el análisis de los aspectos ambientales relevantes de la empresa. En este caso, el foco estuvo puesto en las salidas de proceso que involucran residuos industriales líquidos (RIL).

Se identificó un total de nueve (9) procesos que generan efluentes relevantes de un total de 16 procesos analizados. A nivel general, se observaron como principales aspectos de importancia:

- A. Conductividad eléctrica en las salidas correspondientes al bloque de desalinización.
- B. Ácidos y bases fuertes, y volúmenes de agua considerables en el bloque de cocción.
- C. Alta carga orgánica, ácidos y bases fuertes, e importantes volúmenes de agua en el bloque correspondiente a la fermentación, carbonatación y embotellado.

En el ANEXO I – Tabla 20, se destacan las salidas de efluentes líquidos de mayor relevancia teniendo en cuenta el volumen relativo de vuelco y las propiedades del mismo.

5. MATERIALES Y METODOLOGÍA

En este apartado se detalla la metodología empleada para la caracterización cuantitativa y cualitativa de los RILES derivados de la fabricación de cerveza. La misma se concentra en dos ejes fundamentales: la medición y cálculo de los caudales de vuelco propios de cada proceso, y la caracterización fisicoquímica del efluente.

5.1. ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE VUELCO

Para la cuantificación de los caudales de consumo y/o vuelco de la fábrica, se optó por utilizar el método de medición directa (o método volumétrico). El mismo consta de la medición de volúmenes de vuelco de cada proceso antes de que el efluente entre a las canaletas de recolección. La cuantificación se realiza midiendo el caudal de cada proceso (evento de limpieza, lavado de piso, vuelcos de remanentes de cocción, etc.) y registrando el tiempo durante el cual se produce el vertido.

Se elaboró la siguiente fórmula para la determinación del caudal “total” de efluente generado, elaborada luego del análisis de los diagramas de flujo de proceso:

$$EP = ECIP + EBAR + ECOC + ED \quad (1)$$

EP = Efluentes de producción

ECIP = Efluentes de limpieza de equipos (CIP)

EBAR = Efluentes limpieza de barriles

ECOC = Efluentes de cocción

ED = Efluentes de equipos desalinizadores.

A continuación, se desarrolla como fue la obtención de cada término:

5.1.1. EFLUENTES DE LIMPIEZA DE EQUIPOS - CIP (ECIP)

Estos efluentes son los derivados de la limpieza de equipos utilizados en la producción. Se involucraron en esta medición: Filtro, Hervidor, Intercambiador, Lupulador, TCC chicos (TCC-03 y TCC-04), TCC grandes (TCC-01, 02, 05, 06 y 07).



En ECIP, se diferenciaron los volúmenes de vuelco por evento CIP de cada equipo utilizado en el proceso de fabricación de cerveza; al mismo tiempo se diferenciaron CIP en cáusticos y peracéticos, ya que no solo son compuestos químicos que se utilizan de manera diferenciada, sino que también utilizan diferentes volúmenes de agua. Se realizaron como mínimo tres (3) mediciones para cada equipo y cada CIP, para obtener caudales promedio y máximos.

Para calcular ECIP, se elaboró la siguiente fórmula:

$$ECIP = \sum i (n_i * V_i) \quad (2)$$

Donde

i = evento CIP determinado

n_i = número de eventos (CIP/día)

V_i = volumen de vuelco por cada evento (L/CIP)

5.1.2. EFLUENTES DE LIMPIEZA DE BARRILES (EBAR)

En el caso de EBAR, fue necesario diferenciar dos modalidades de medición para los subprocesos que lo conforman:

- A. Lavado externo y lavado post-etiquetado: se cronometró el tiempo que estaba en funcionamiento la hidrolavadora (lavado externo) y manguera (lavado post-etiquetado); ya que estos tipos de lavado se realizan con dichas herramientas. Con el caudal obtenido previamente y el tiempo en que estaba funcionando cada herramienta, se calculó el volumen de agua utilizado por barril, que luego finaliza en la canaleta colectora.
- B. Lavado interno: consta de dos enjuagues, consiste en recircular agua a alta temperatura (60°C aproximadamente; proveniente del equipo desalinizador) dentro de cada barril utilizando una bomba centrífuga. Para determinar el volumen de efluente generado por barril, se realizaron sucesivas mediciones con un recipiente (palangana) con el cual se colectaba el efluente producido luego de cada lavado interno. Posteriormente se medía el volumen de efluente colectado y se obtuvieron valores promedio y máximo por barril.

Se calcula como:

$$EBAR = n_b * V_b \quad (3)$$

n_b = número de barriles utilizados (barril/día)

V_b = volumen de vuelco por barril (L/barril)

5.1.3. EFLUENTES DE COCCIÓN (ECOC)

Para ECOC, es necesario distinguir (al igual que en EBAR), diferentes tipos de mediciones para cada proceso involucrado en la cocción. En este caso, se determinaron una serie de procesos de limpieza que se repiten en las cocciones: enjuague de la línea de hervor-placas, remanente del macerador (mosto), enjuague tipo 1 del macerador, enjuague tipo 2 del macerador, enjuague post-hervor, limpieza de pisos (bloque caliente o bloque de cocción), y vuelco de mangueras.

Fue necesario realizar sucesivas mediciones de los caudales de agua utilizados y/o volcados ya que las diferentes cocciones (simple, doble y triple) involucran distintos volúmenes. Para estimar los volúmenes de vuelco, se realizaron las siguientes mediciones:



- A. Mediciones cronometrando el tiempo en que se llena un recipiente de volumen conocido: éste se aplicó en el caso del vuelco del remanente del macerador y vuelco de torta (vuelco que se da al finalizar la cocción).
- B. Mediciones cronometrando el tiempo de funcionamiento de las mangueras e hidrolavadora: se utilizó para el enjuague de la línea de hervor-placas, enjuague tipo I y II del macerador, enjuague post-hervor, limpieza de pisos y vuelco de mangueras.

Se elaboró la siguiente fórmula para su cálculo:

$$ECOC = n_c * V_c \quad (4)$$

n_c = número de cocciones (cocción/día)

V_c = volumen de vuelco por cocción (L/cocción)

5.1.4. EFLUENTES DE EQUIPOS DESALINIZADORES (ED)

En base a lo establecido en el apartado de tratamiento de agua de red, el ED está conformado por tres procesos: prefiltrado, purificación y ósmosis. Los primeros dos independientes y el último dependiente. Por lo tanto, para su obtención, se elaboró la siguiente fórmula:

$$ED = EA + EP + EO \quad (5)$$

Donde:

EA = Efluente derivado del equipo de prefiltrado. Es constante, debido a la programación del equipo (Litros/evento).

EP = Efluente derivado del equipo de purificador. Es constante, debido a la programación del equipo (Litros/evento).

EO = Efluente derivado del equipo de ósmosis. Es dependiente de los procesos que ocurren dentro de la fábrica (Litros/evento).

EO se obtiene como:

$$EO = V_{ap} * \alpha \quad (6)$$

Donde:

V_{ap} = volumen de agua de producto (Litros/evento).

α = relación entre el agua de producto y el rechazo generado por equipo desalinizador. Toma un valor de 3,3773077 (por cada litro de agua de producto utilizada, el equipo desalinizador rechaza 3,3773077 litros).



V_{ap} se obtiene como:

$$V_{ap} = (\Sigma(N_{coc})) + (N_{bar(interno)} * fv) \quad (7)$$

Donde:

N_{coc} = número de cocciones; es función del tipo de cocción (simple, doble o triple) y del estilo (Stout, No Stout).

$N_{bar(interno)}$ = número de barriles lavados internamente.

fv = es el factor de vuelco, dado por el volumen de vuelco por cada barril asociado al rechazo de ósmosis.

Para determinar ECIP, subprocesos de EBAR y ECOC, se midió previamente los caudales de salida de los elementos utilizados para limpieza (principalmente manguera e hidrolavadora).

- Manguera: conectada a una canilla ubicada en el interior de la fábrica, de 20 mm de diámetro. Su caudal de salida es de 51 L/min.
- Hidrolavadora: marca TEKMAQ, se utilizaba una sola unidad para el sector de fábrica. Su caudal de salida es de 5.57 L/min.

Una vez obtenidos los resultados de cada término, se realizó una reunión con la responsable de calidad y el responsable de producción de la cervecería, con el fin de comunicar, revisar y corroborar que las mediciones sean coherentes. Posteriormente, con los datos brindados por el personal de la fábrica, se determinó la frecuencia de todos los eventos en temporadas productivas anteriores. Teniendo esta información, podemos multiplicar las frecuencias por los volúmenes de vuelcos obtenidos, y calcular de esta manera los volúmenes de vuelco mensuales y anuales de las distintas temporadas.

5.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EFLUENTE

El presente apartado contiene la información involucrada en el plan de muestreo para la determinación de parámetros físico- químicos y biológicos, sitio de intervención y metodología de muestreo. Además, involucra el detalle en la obtención del Índice de Peligrosidad.

5.2.1. MUESTREOS

5.2.1.1. SITIO DE INTERVENCIÓN DE LA CAÑERÍA

Para la realización del muestreo, en primer lugar se relevaron planos de desagües del establecimiento (ANEXO II – Figura 21) con el fin de identificar el flujo de los efluentes, la ubicación características de las cañerías, los puntos de vuelco y las conexiones sanitarias.

A partir de esta información se procedió a diseñar una cámara de muestreo en un lugar estratégico para realizar la toma de muestras.

El sitio donde se realizó la intervención de la cañería para la toma de muestras, se encuentra en la zona oeste de la fábrica, cercana a la conexión que antiguamente unía el efluente con los biodigestores (ANEXO II - Figura 22). Se eligió este sitio ya que, a esa altura en la cañería, se transporta la totalidad de los efluentes generados en los diferentes procesos de producción de la cervecería. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las características de las muestras dependerán de las actividades que se realicen aguas arriba, por lo tanto, resulta indispensable el registro y coordinación de las actividades que allí se realicen. El sitio se caracteriza por ser una zona de escasa circulación, tanto de personal como de visitantes, además de estar



protegida por el viento y otros factores climáticos, que pueden ser influyentes a la hora de la toma de muestras.

5.2.1.2. INTERVENCIÓN DE LA CAÑERÍA

En primera instancia se cavó un pozo para descubrir la cañería y generar un espacio de trabajo adecuado (ANEXO III -Figura 23). Se produjo un corte en una sección de la cañería, a la cual se le agregó un acople en la zona final de trabajo, con el objetivo de instalar una canilla que permitió la extracción correcta de muestras, siendo un método sencillo y aséptico que permita trabajar de la mejor manera posible.

5.2.1.3. METODOLOGÍA DE MUESTREO

Debido a la heterogeneidad que presentan los efluentes de la cervecería (causados por la diversidad de procesos) se llenó un tanque de agua de 1100 L con los efluentes generados en un día de trabajo para obtener una muestra compuesta. De esta forma, se homogeneizaron los efluentes de los diferentes procesos y se alcanzó mayor representatividad de las muestras por día de trabajo.

El muestreo se realizó en tres (3) días diferentes y se colectaron un total de dos (2) muestras por día. Por lo tanto, se colectaron un total de seis (6) muestras (n=6), las cuales fueron enviadas a la Dirección de Estudios Tecnológicos e Investigaciones (DETI) (perteneciente a la Universidad Nacional de Cuyo) para efectuar las determinaciones correspondientes. Se coordinó con el personal de la fábrica para que se realizaran determinados procesos de interés en los días en que se iba a desarrollar el muestreo; los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Listado de procesos involucrados en la toma de muestras para realizar las determinaciones paramétricas del efluente de la fábrica de cerveza de 23 Ríos.

DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3
Vaciado de TCC-04 + CIP	Cocción Triple Belga	Cocción simple APA
Enjuague CIP Lupulador	CIP Intercambiador	Enjuague soda Intercambiador
Vaciado de barriles	Efluente desalinización	Efluente desalinización
CIP Completo Filtro	CIP TCC-06	Lavado de piso
Lavado de piso y bines	Lavado de piso	
Efluente desalinización		

5.2.1.4. DETERMINACIONES A REALIZAR

Se solicitó la determinación de los parámetros pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, sólidos sedimentables en 10´ y 2 horas, demanda biológica de oxígeno (DBO₅) y demanda química de oxígeno (DQO). Esto se determinó en base a la bibliografía consultada y a los principales parámetros requeridos por el ente regulador, determinados en la Resolución N°52/20-HTA y Resolución 627/00-HTA.

Si bien en las resoluciones no se establece la necesidad de controlar los valores de DBO₅ y DQO, la determinación de los mismos se realiza pensando en el posterior reuso del efluente



tratado para riego en el predio de 23 Ríos. La generación de malos olores es un aspecto determinante a tener en cuenta en una empresa gastronómica. Además, es importante considerar estos dos parámetros en caso de ser necesario un tratamiento secundario.

5.2.1.5. ÍNDICE DE PELIGROSIDAD

Se determinó el Índice de Peligrosidad (IP) del efluente, siguiendo los pasos establecidos por el Departamento General de Irrigación (DGI) en la Resolución N°51/20.

El IP sirve para categorizar los vuelcos industriales según su peligrosidad final (baja, media, alta). Esta estandarización de la peligrosidad de los efluentes industriales va a depender de una serie de parámetros determinados en la resolución y que se detallan a continuación junto con su cálculo:

$$IP_{ind} = \left[1 + \left(\frac{Vol}{20000} \right) \right] + [Est \times Tsc \times Ge \times (1 + Df)] \quad (8)$$

Donde:

IP_{ind} = Índice de Peligrosidad del vertido.

Vol = Volumen anual del efluente generado.

Est = Estacionalidad del vertido.

Tsc = Tipo de sustancia contaminante.

Ge = Gestión del efluente.

Df = Disposición final.

En el ANEXO IV - Tabla 21, se observa el detalle de cada variable que conforma y su determinación, tal como lo establece la resolución.



6. RESULTADOS

6.1. ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE VUELCO

A continuación, se procede a analizar los resultados obtenidos término por término.

6.1.1. EFLUENTES DE LIMPIEZA DE EQUIPOS - CIP (ECIP)

Se muestran, en primera instancia, los volúmenes (medios y máximos) por CIP para cada equipo:

Tabla 4. Datos de volúmenes de agua utilizados, que son volcados a la red del efluente, en los diferentes eventos CIP (cáustico y peracético) de cada equipo.

EQUIPO	TIPO DE CIP	VOLUMEN MEDIO DE AGUA UTILIZADA (L)	VOLUMEN MÁXIMO DE AGUA UTILIZADA (L)
Filtro	Cáustico	1985.03	2062.5
Filtro	Peracético	413.83	439.75
Hervidor	Cáustico	212.90	212.90
Hervidor	Peracético	-	-
Intercambiador	Cáustico	563.55	691.9
Lupulador	Cáustico	265.23	387.2
Lupulador	Peracético	-	-
TCC-Chicos (3 y 4)	Cáustico	697.83	746.3
TCC-Chicos (3 y 4)	Peracético	64.95	92.37
TCC-Grandes (1, 2, 5, 6 y 7)	Cáustico	788.80	947.75
TCC-Grandes (1, 2, 5, 6 y 7)	Peracético	95.49	119
TCC-Grandes (1, 2, 5, 6 y 7)*	Pre-cáustico TIPO A	145.78	212.5
TCC-Grandes (1, 2, 5, 6 y 7)*	Pre-cáustico TIPO B	608.76	608.76

*Los enjuagues pre-cáusticos se diferencian en dos tipos (A y B) en función de los volúmenes de agua involucrados. El enjuague tipo B se realiza cada vez que un tanque (TCC – Grande) ha tenido cerveza en procesos de fermentación y, por lo tanto, requiere mayores volúmenes de agua para limpieza de sólidos y levaduras remanentes. Mientras que el enjuague tipo A se realiza en aquellos tanques que han tenido cerveza en proceso de carbonatación (previamente filtrada), por lo que la cantidad de sólidos es sustancialmente menor, y con ello el volumen de agua de lavado.

Como se detalló anteriormente, con los valores de ECIP por equipo y las frecuencias históricas de cada evento, se pueden obtener los valores de vuelcos mensuales. En función de los

meses de mayor actividad (noviembre, diciembre y enero) y de los años que se cuenta con registros (2018, 2019 y 2020), se procedió al cálculo de los mismos. Se utilizaron los valores máximos por evento CIP.

Tabla 5. Volumen de agua utilizado para ECIP (l/mes), para los diferentes años en los meses de temporada alta.

AÑO	MESES	ECIP (m³/mes)
2018	Noviembre	13.10
	Diciembre	11.10
2019	Enero	15.97
	Noviembre	19.98
	Diciembre	15.98
2020	Enero	31.85

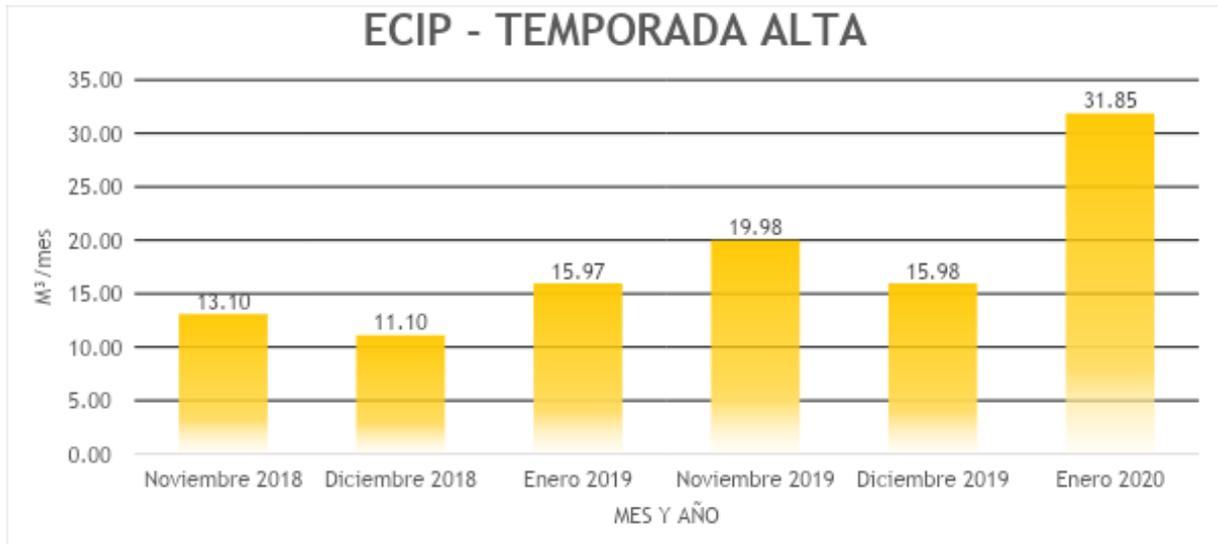


Figura 8. Gráfico de barras donde se observa los caudales totales en los meses de alta producción, para cada año, en los procesos de CIP.

Corresponde aclarar que, si bien se cuenta con los resultados de todos los meses de producción, se tuvieron en cuenta los resultados para los meses de temporada alta dado que son los momentos del año donde el volumen de vuelco es mayor.

6.1.2. EFLUENTES DE LIMPIEZA DE BARRILES (EBAR)

En primer lugar, se obtuvieron los volúmenes máximos de vuelco por barril involucrado en cada proceso que conforma EBAR:



Tabla 6. Volumen de efluente generado (l/barril) en los diferentes tipos de lavado de barriles (externo, interno y post-etiquetado).

PROCESO	VOLUMEN MÁXIMO DE VUELCO (L/barril)
Lavado externo	1.37
Lavado interno (1° enjuague)	7.00
Lavado interno (2° enjuague)	14.00
Limpieza post-etiquetado	0.96
LITROS TOTALES VUELCO	23.33

Puede observarse que el volumen máximo de efluente generado en el proceso total de lavado de barriles es de 23,33 l/barril. Con este dato, podemos calcular el EBAR mensual; para ello se tienen en cuenta los volúmenes de cerveza producidos por mes en distintos años. Si se conocen los volúmenes producidos de los diferentes estilos de cerveza, se conoce el número de barriles que se llenarán luego de la producción, los cuales, después de consumida la cerveza, deberán ser lavados para su posterior rellenado. Como se mencionó anteriormente, se utilizó la siguiente fórmula (3) para obtener EBAR, los resultados se expresan en Tabla 7:

Tabla 7. EBAR, en litros por mes, para los diferentes meses de temporada alta de los años 2018, 2019 y 2020. Se tienen en cuenta los volúmenes producidos de las diferentes marcas de cervezas.

AÑO	MES	EBAR (m ³ /mes)
2018	Noviembre	9.52
	Diciembre	7.07
2019	Enero	9.03
	Noviembre	11.55
	Diciembre	8.31
2020	Enero	11.20

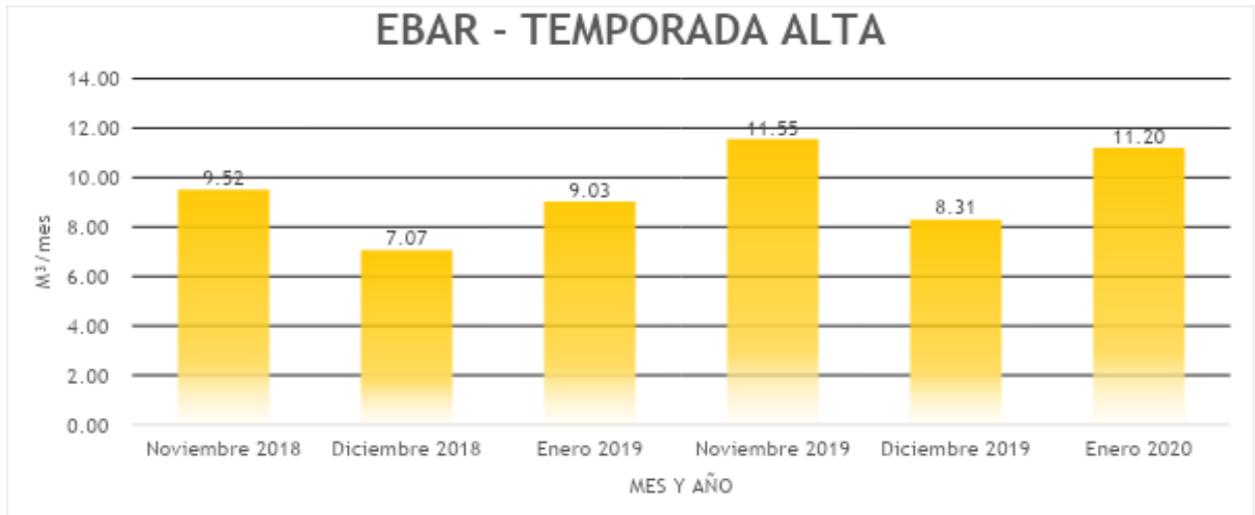


Figura 9. Gráfico de barras donde se observa los caudales totales en los meses de alta producción, para cada año, vinculados al término EBAR.

Puede observarse una cierta homogeneidad en los datos obtenidos en el EBAR mensual para los distintos años, siendo la media de 9.44 m³/mes.

6.1.3. EFLUENTES DE COCCIÓN (ECOC)

En la siguiente Tabla, se observan los litros de vuelco total para cada tipo de cocción. Además, se detalla lo mismo para cada proceso involucrado en las distintas cocciones.



Tabla 8. Volumen de efluente generado (en litros), para cada proceso involucrado en la cocción, en los diferentes tipos de cocción.

PROCESO	COCCIÓN SIMPLE (L)	COCCIÓN DOBLE (L)	COCCIÓN TRIPLE (L)
Enjuague línea hervor - placas	200.00	200.00	200.00
Remanente mosto (macerador)	189.61	189.61	568.83
Enjuague Tipo I (macerador)	-	-	179.52
Enjuague Tipo II (macerador)	471.75	471.75	943.5
Enjuague (Hervor)	187.85	187.85	563.55
Limpieza de pisos (bloque caliente)	189.55	189.55	568.65
Vuelco de agua caliente mangueras antes de entrar al tanque	12.50	12.50	12.50
LITROS DE VUELCO POR COCCIÓN	1251.26	1251.26	3036.55

En el caso de la cocción simple, no se lleva a cabo el enjuague tipo I del macerador, por eso se deja vacía la celda. El enjuague tipo I corresponde a una limpieza de menor intensidad que el enjuague tipo II (como se aprecia en los resultados de la Tabla 8). Durante el evento enjuague tipo I se limpia con manguera el macerador sin desarmar el falso fondo, ni destapar las cañerías por donde circula el mosto, a diferencia del tipo II.

Conociendo las cocciones realizadas en los meses de alta demanda de los años 2018, 2019 y 2020 podemos obtener la cantidad de agua involucrada en el término ECOC y, a su vez, discriminar la participación relativa de cada tipo de cocción (simple, doble o triple).

Tabla 9. Número de cocciones según el tipo (simple, doble, triple), para cada mes y año correspondiente.

COCCIONES						
	NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO	
	2018	2019	2018	2019	2019	2020
SIMPLE	2	2	1	1	0	2
DOBLE	3	1	2	5	3	4
TRIPLE	5	8	4	3	6	5
Cantidad de cocciones	23	19	20	26	21	25
% Simple	20.0	18.2	14.3	11.1	0.0	18.2
% Doble	30.0	9.1	28.6	55.6	33.3	36.4
% Triple	50.0	72.7	57.1	33.3	66.7	45.5

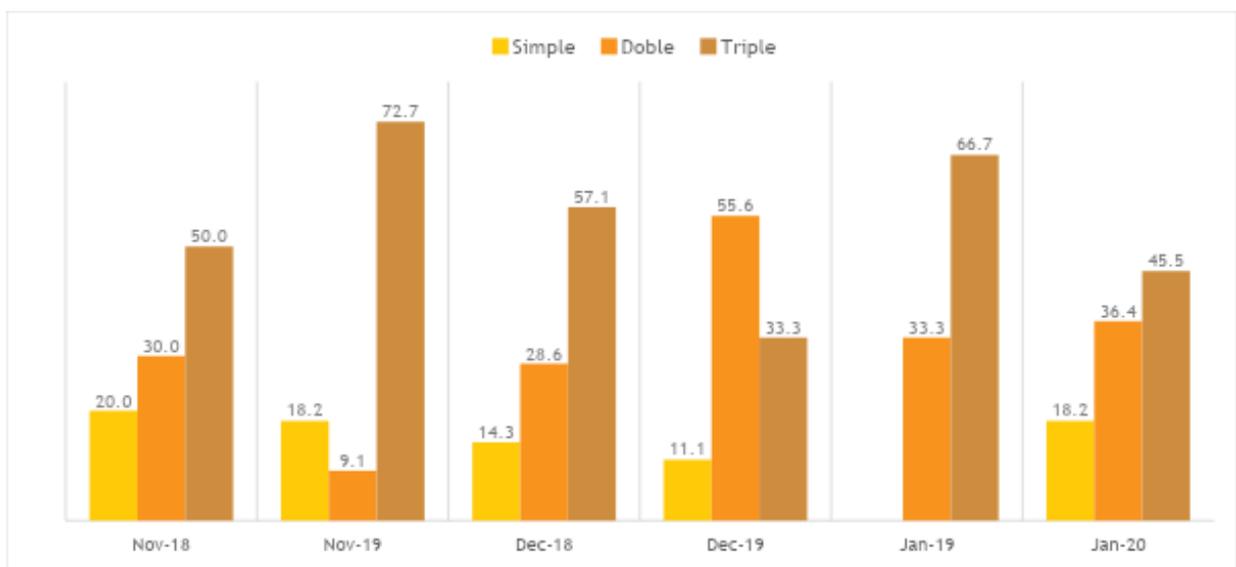


Figura 10. Gráfico de barras donde se observa el porcentaje de cocciones realizadas para el correspondiente mes y año.

Una vez obtenidos los volúmenes de vuelco y la frecuencia de cada evento, se aplica la fórmula (4), y de esta manera podemos observar lo sucedido para los meses alta producción:



Tabla 10. Volúmenes de vuelco vinculados a ECOC para los meses de alta producción.

AÑO	MESES	ECOC (m³/mes)
2018	Noviembre	24.48
	Diciembre	17.69
2019	Enero	22.21
	Noviembre	28.79
	Diciembre	20.64
2020	Enero	27.76

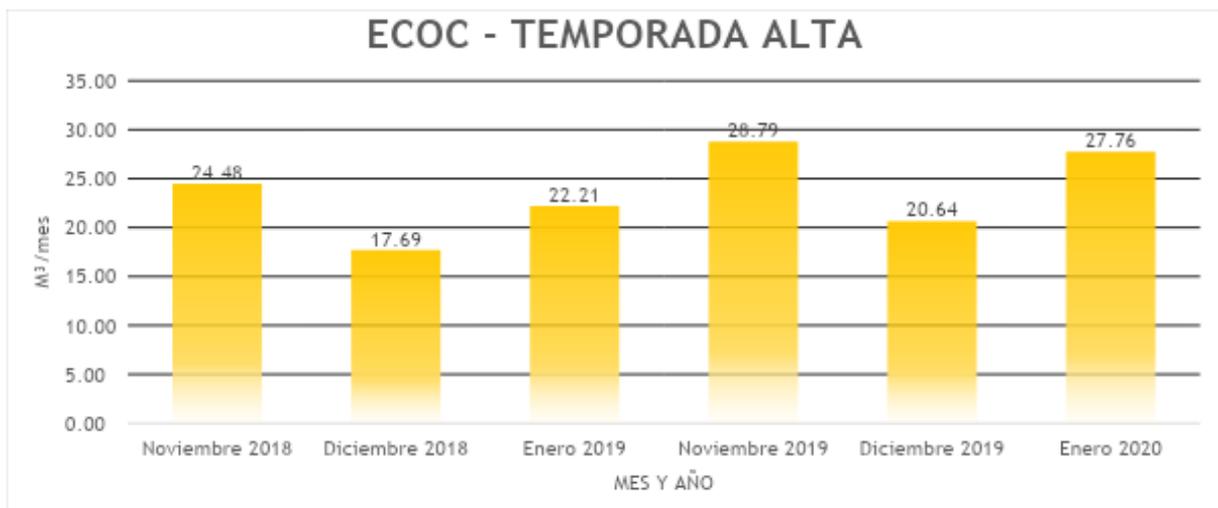


Figura 11. ECOC generados para los meses de alta producción. Se diferencian los generados por las distintas cocciones.

6.1.4. EFLUENTES DE EQUIPOS DESALINIZADORES (ED)

Los efluentes del equipo desalinizador se conforman por los siguientes componentes:



Tabla 11. Fórmulas para el cálculo de los volúmenes de vuelco de los diferentes equipos, teniendo en cuenta las variables involucradas en cada término.

EFLUENTES DESALINIZACIÓN		
Prefiltro	Purificador	Osmosis
$V_v = (d * 400)/3$	$V_v = (d * 150)/3$	$V_v = V_{ap} * 3,3773077$
Vv: Volumen de vuelco	Vv: Volumen de vuelco	Vv: Volumen de vuelco
d: días	d: días	$V_{ap} = (SUMA (N coc)) + (N bar (interno) * fv)$
		V _{ap} : Volumen de agua de producto
		N coc: número de cocciones; es función del tipo de cocción (simple, doble o triple) y del estilo
		N bar (interno): número de barriles lavados internamente
		fv: es el factor de vuelco, dado por el volumen de vuelco por cada barril asociado al rechazo de osmosis

Como se mencionó en la metodología, se diferenciaron los vuelcos en dos grupos: Stout y No Stout, debido a las diferencias en los consumos de agua.



Tabla 12. Volúmenes (litros) obtenidos para los distintos procesos que involucran la utilización de agua de producto y su vinculación relativa (por barril, por cocción o frecuencia diaria). Los términos contemplados en la tabla son: Efluentes de desalinización vinculados al lavado interno de barriles (ED BAR), A cocciones (simples, dobles y triples) Stout (ED MAX STOUT), y para el resto de los estilos (NO STOUT), sumado a los efluentes de autolimpieza del prefiltro y purificador.

VOLUMEN TOTAL DE ED A PARTIR DE ESTIMACIONES			
ED BAR		70,92	Por Barril
ED MAX (STOUT)	Simple	3465,12	Por cocción
	Doble	6261,53	
	Triple	9321,37	
ED MAX (NO STOUT)	Simple	6416,88	Por cocción
	Doble	11584,17	
	Triple	17325,59	
PURIFICADOR		150,00	Cada 3 días
PREFILTRO		400,00	

Conocidos estos datos y la frecuencia de los eventos en los meses de alta producción, se puede obtener el ED total, como se observa en el siguiente gráfico:

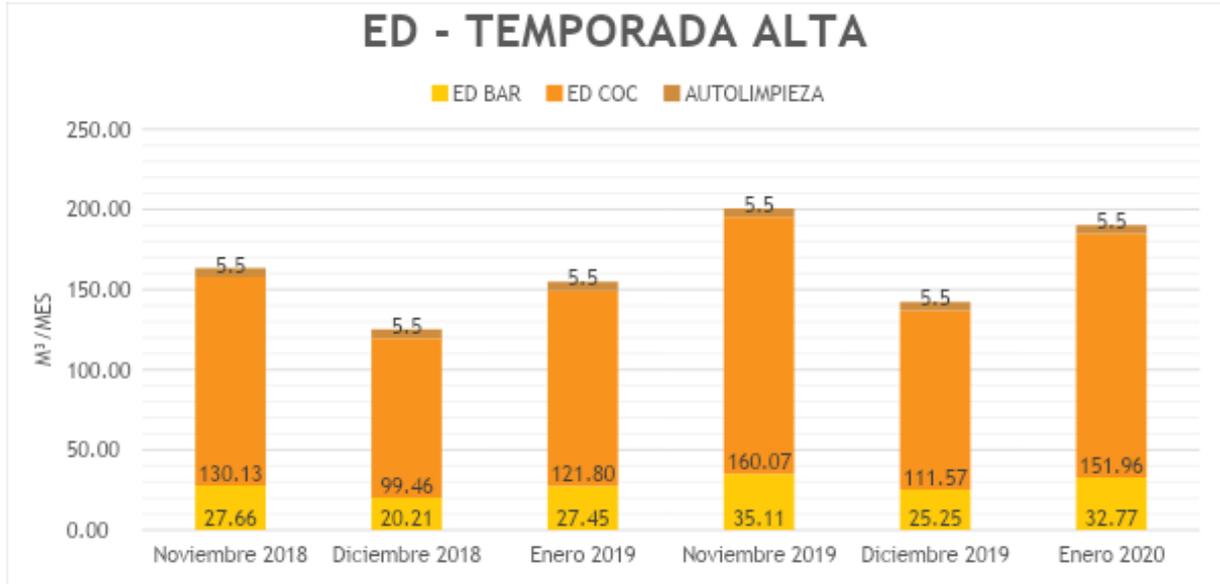


Figura 12. Efluentes de desalinización derivado del lavado de barriles (ED BAR), de cocciones (ED COC) y los vuelcos programados de autolimpieza de los equipos de prefiltrado y purificación; también se puede ver el ED TOTAL para los meses de temporada alta.

6.1.5. EFLUENTES DE PRODUCCIÓN (EP)

Obtenidos los efluentes procedentes de los distintos procesos productivos que formarán parte del efluente total, se pudo calcular el efluente de producción, que es aquel que será sometido al proceso de tratamiento. Haciendo la sumatoria de los distintos componentes podemos obtener ED, como se muestra en la fórmula (1):

$$EP = ECIP + EBAR + ECOC + ED$$

Tabla 13. EP en metros cúbicos por mes (m³/mes) para los meses de alta producción.

Mes	Año	ECIP	ECOC	EBAR	ED-BAR	ED-COC	AUTOLIMPIEZA	TOTAL
Noviembre	2018	13.10	24.48	9.52	27.66	130.13	5.5	210.39
Diciembre	2018	11.10	17.69	7.07	20.21	99.46	5.5	161.03
Enero	2019	15.97	22.21	9.03	27.45	121.80	5.5	201.96
Noviembre	2019	19.98	28.79	11.55	35.11	160.07	5.5	261.00
Diciembre	2019	15.98	20.64	8.31	25.25	111.57	5.5	187.25
Enero	2020	31.85	27.76	11.20	32.77	151.96	5.5	261.03
PROMEDIO		18.00	23.60	9.44	28.07	129.17	5.50	213.78
MÁXIMO		31.85	28.79	11.55	35.11	160.07	5.50	261.03
MÍNIMO		11.10	17.69	7.07	20.21	99.46	5.50	161.03

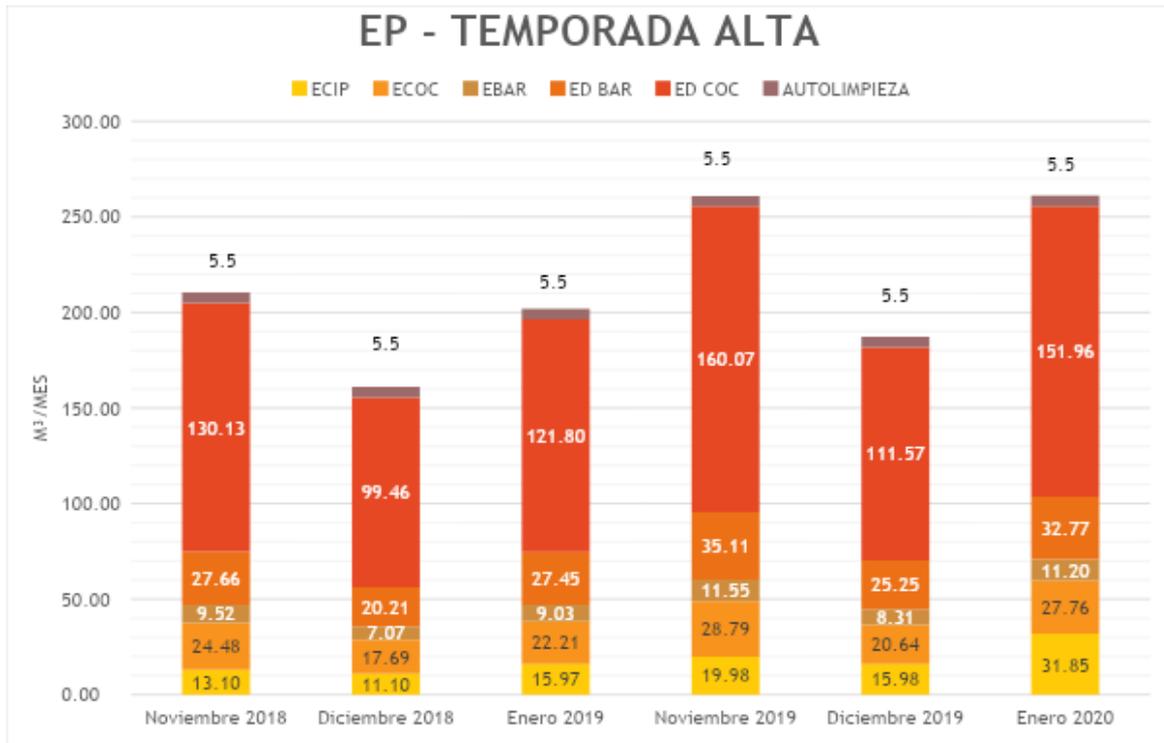


Figura 13. Efluentes de producción (EP) en metros cúbicos por mes teniendo en cuenta los aportes de cada término, para los meses de alta producción.



Figura 14. EP en metros cúbicos por temporada (18-19 y 19-20) durante los meses de alta producción.

En primera instancia, se pudo observar en los gráficos anteriores un incremento en los volúmenes de vuelco para las últimas temporadas, de 135 m³ aproximadamente (Figura 14); esto responde a un incremento en la producción de cerveza vinculado a una mayor demanda. Además, se observa que el término ED es el componente que tiene mayor participación en la conformación del EP (Figura 15).

Efluentes de producción (EP)

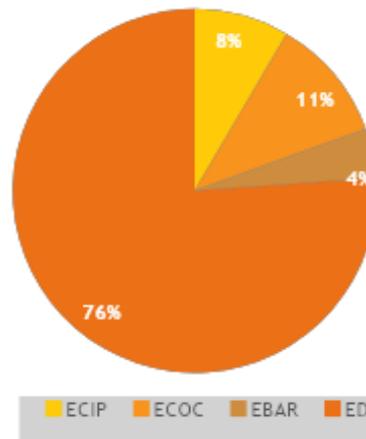


Figura 15. Participación relativa de cada término en los efluentes de producción (EP). La participación de cada término fue estimada en función de los promedios de cada término para los datos de temporada alta.

Efluentes de desalinización (ED)

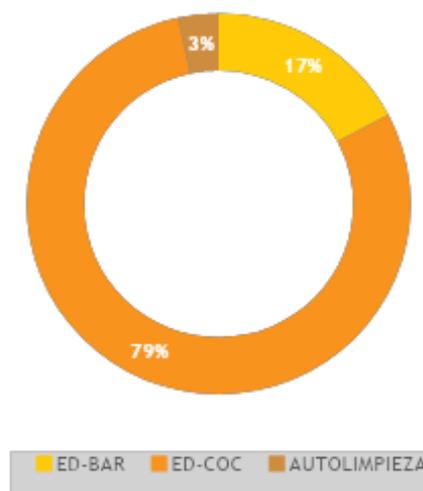


Figura 16. Participación relativa de los componentes del equipo desalinizador (ED).

6.1.6. CAUDALES HISTÓRICOS DE VUELCO

Los datos brindados por el personal de la Fábrica de Cerveza de 23 Ríos en donde se refleja el historial de todos los eventos que tienen que ver con la producción de cerveza, para los años 2018, 2019 y 2020, fueron fundamentales para obtener información acerca de cómo ha sido la fluctuación de los vuelcos de efluentes de producción históricamente. Esto puede verse plasmado en los siguientes gráficos:

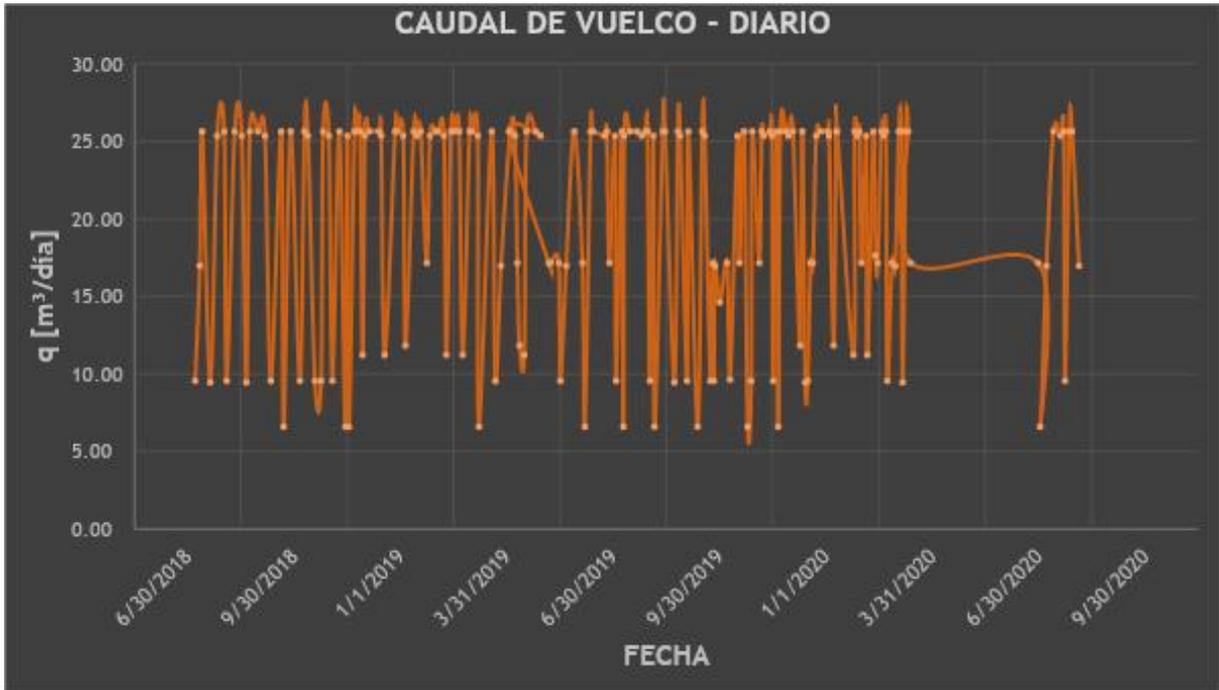


Figura 17. Volúmenes de vuelco diario (m³) de los efluentes generados por la Fábrica de Cerveza de 23 Ríos, para los años 2018, 2019 y 2020.

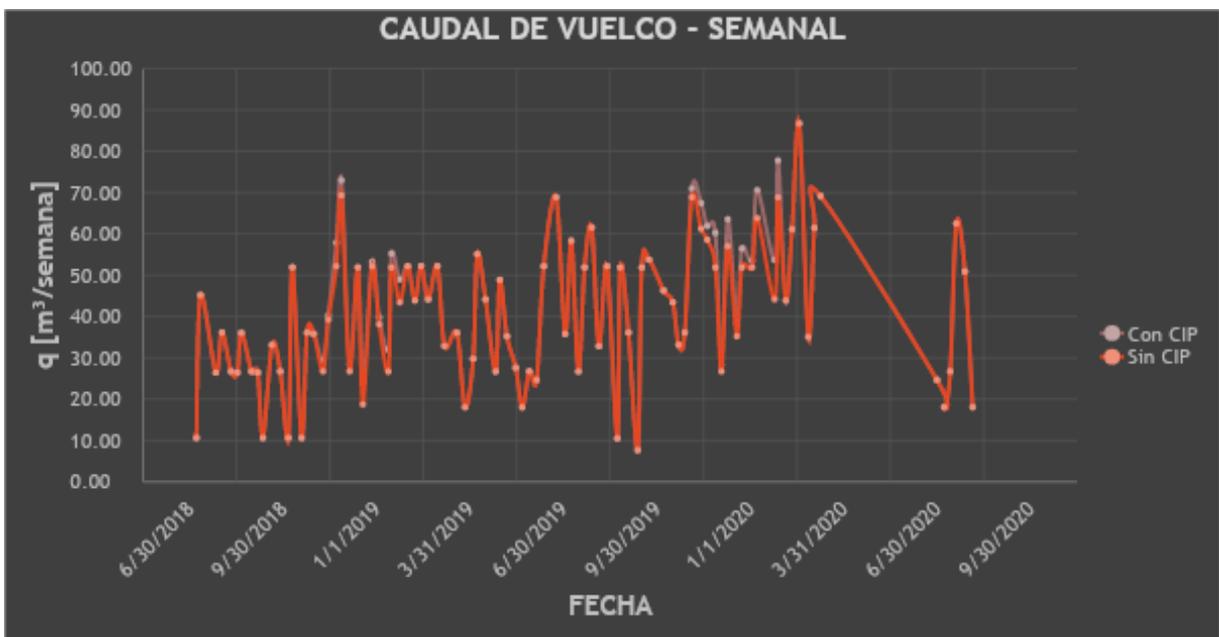


Figura 18. Volúmenes de vuelco semanales (m³) de los efluentes generados por la Fábrica de Cerveza de 23 Ríos, para los años 2018, 2019 y 2020. Nótese un vacío de información vinculado a los efectos de la pandemia en los meses de marzo, abril, mayo, y junio del año 2020.

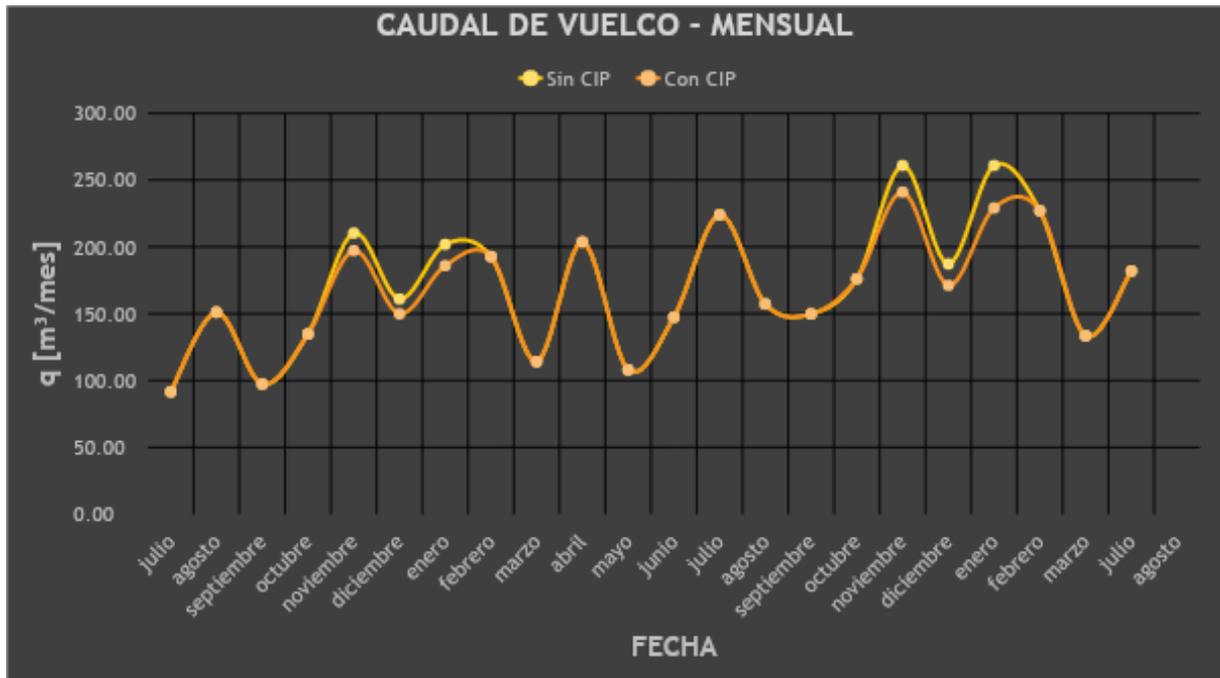


Figura 19. Volúmenes de vuelco mensuales (m³) de los efluentes generados por la Fábrica de Cerveza de 23 Ríos. Nótese un vacío de información vinculado a los efectos de la pandemia en los meses de abril, mayo, y junio del año 2020.

El máximo caudal de vuelco diario encontró sus valores máximos en 25,5 m³/día aproximadamente, dato que tiene la particularidad de ser repetido en varias fechas a lo largo del historial analizado. Los valores mínimos se encuentran alrededor de 7 m³/día, con una menor frecuencia que el caudal de vuelco máximo.

En lo que respecta a caudales de vuelco mensuales, se observa que los valores máximos se obtienen para los meses de noviembre, diciembre y enero, en concordancia con los meses de mayor demanda por parte de quienes consumen el producto.

6.1.7. BALANCE DE AGUA – COEFICIENTE DE USO ESPECÍFICO DE AGUA

A partir de los valores de vuelco de producción y el volumen de producto obtenido, se realizó el balance de agua teniendo en cuenta el agua implicada de manera directa. También se determinó el consumo mensual de agua de la fábrica, contemplando el volumen de producto y el volumen de efluente generado. A continuación, se presentan los resultados:



Tabla 14. Balance de agua mensual (y mensual promedio) para temporada alta junto con los consumos mensuales del sector fábrica de 23 Ríos.

TEMPORADA ALTA					
MES	AÑO	TOTAL MENSUAL EFLUENTE (m ³)	TOTAL MENSUAL CERVEZA (m ³)	BALANCE DE AGUA (m ³ /m ³)	CONSUMO MENSUAL (m ³)
Noviembre	2018	210.39	20.40	10.31	230.79
Diciembre	2018	161.03	15.15	10.63	176.18
Enero	2019	201.96	21.05	9.59	223.01
Noviembre	2019	261.00	24.75	10.55	285.75
Diciembre	2019	187.25	17.80	10.52	205.05
Enero	2020	261.03	22.30	11.71	283.33
PROMEDIO MENSUAL				10.6	234.0

Tabla 15. Balance de agua mensual (y mensual promedio) para temporada baja junto con los consumos mensuales del sector fábrica de 23 Ríos.

TEMPORADA BAJA					
MES	AÑO	TOTAL MENSUAL EFLUENTE (m ³)	TOTAL MENSUAL CERVEZA (m ³)	BALANCE DE AGUA (m ³ /m ³)	CONSUMO MENSUAL (m ³)
mayo	2019	115.59	11.70	9.88	127.29
junio	2019	157.70	15.30	10.31	173.00
agosto	2019	168.25	16.20	10.39	184.45
PROMEDIO MENSUAL				10.2	161.6

En lo que respecta al consumo hídrico, en promedio la cervecería consume cerca de 234 m³ por mes en temporada alta y 161.6 m³ por mes en temporada baja.

Para entender los valores obtenidos en el balance de agua, se utiliza como indicador el coeficiente de uso específico del agua (CUEA). Duek y Fasciolo (2014), establecen que este coeficiente hace referencia a la cantidad de agua utilizada por volumen de materia prima procesada o por producto terminado.



En este caso, para la Fábrica de cerveza de 23 Ríos, el valor aproximado del CUEA es de 10 litros de agua utilizada por cada litro de cerveza producido (relación 1:10).

6.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EFLUENTE

Los resultados obtenidos durante los tres días de muestreo, para los procesos detallados en Tabla 3, son los siguientes:

Tabla 16. Resultados de los análisis de laboratorio para los tres días en que se tomaron muestras y su comparación con los valores establecidos por la Resolución 52/20.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO					VALORES ESTABLECIDOS EN LA RESOLUCIÓN 52/20. Anexo I-b)
Determinaciones	Unidad	Día 1	Día 2	Día 3	Vertidos controlados en ACRES
pH	-	5.2	11	5.4	6.5 a 8.5
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1260	1840	1610	1400*
DBO	mg/l	6377	9192	24342	No especifica
DQO	mg/l	10360	17720	42900	No especifica
Sólidos sedimentables (10 min)	ml/l	3	70	200	No especifica
Sólidos sedimentables (2 horas)	ml/l	6	27	115	10
Sólidos totales	mg/l	4050	13550	14508	No especifica
Sólidos totales fijos	mg/l	1298	4132	1218	No especifica
Sólidos totales volátiles	mg/l	2752	9418	13290	No especifica

* Valor de conductividad eléctrica máximo para un IP medio y una conductividad de entrada entre 600-1000 uS/cm (ANEXO V – Figura 26), según resolución 52/20 – HTA.

Para los parámetros: sólidos sedimentables (10 min), sólidos totales, sólidos totales fijos y sólidos totales volátiles, no hay especificaciones para reuso agrícola en las Resoluciones N°627/00 y N°52/20



A partir de los resultados obtenidos anteriormente, se calculó el Índice de Peligrosidad utilizando la fórmula extraída de la Resolución N°51/20 – HTA:

Tabla 17. Valor del Índice de Peligrosidad del efluente generado por la Fábrica de Cerveza de 23 Ríos, sin realizar el ajuste de ubicación, con el detalle del valor de todas las variables.

ÍNDICE DE PELIGROSIDAD (IP)		
VARIABLE	VALOR	UNIDAD
Vol	2212	m ³
Est	1.5	
Tsc	3	
Ge	0.45	
Df	0.15	
IP	3.44	

Realizando ajuste por ubicación:

Tabla 18. IP con el ajuste por ubicación, en base a los establecido por la Resolución N°51/2020 establecida por el DGI.

ÍNDICE DE PELIGROSIDAD FINAL (IPf)	
FI (Libre 50 -100m)	1.5
IPfinal	5.16
EFLUENTE DE PELIGROSIDAD MEDIA	



7. PROPUESTAS DE MEJORA

Luego de un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos, tanto de la determinación de caudales aguas arriba como de las determinaciones paramétricas, surgen una serie de puntos en los cuales se debe focalizar y trabajar. A partir de ello, se elaboran una serie de recomendaciones y propuestas para la mejora en la gestión hídrica dentro de la Fábrica de Cerveza de 23 Ríos.

7.1. SEPARACIÓN DE LAS CORRIENTES DE VUELCO

En función del análisis efectuado, se recomienda la separación de los efluentes de la cervecería 23 Ríos en dos corrientes:

- A. Corriente de producción: conduce todos los efluentes resultantes de los procesos de producción de la fábrica (Efluentes de Cocción, Barriles y CIP; ECOC, EBAR y ECIP).
- B. Corriente de desalinización: incluye únicamente los efluentes derivados de los equipos de prefiltrado y desalinización (Efluentes de Desalinización; ED).

Esta división de aguas se fundamenta en la disminución de costos de tratamiento, la factibilidad de reuso, la potencialidad de dirigir esta corriente al reservorio y en las características de cada corriente.

La corriente de desalinización, además de representar el mayor volumen del total de los efluentes, no contiene derivados de materia orgánica, tiene un pH neutro y la carga salina se encuentra dentro de los rangos aceptables según la Resolución N°52/2020, tal como se observa en la Tabla 19 y en las mediciones que se muestran en el ANEXO V - Figuras 24 y 25.

Tabla 19. Resultados de los parámetros de la corriente de desalinización y los establecidos por la Resolución N°52/20. Los valores de pH y conductividad eléctrica fueron medidos en campo (ANEXO V - Figura 24 y 25).

PARÁMETROS CORRIENTE DE DESALINIZACIÓN			VALORES ESTABLECIDOS EN LA RESOLUCIÓN 52/20. Anexo I-b).
Determinaciones	Valor	Unidad	Valor
Conductividad eléctrica	750-1250	μS/cm	1400*
pH	7-8	-	6.5 a 8.5
Caudal de vuelco	17.5	m³/d	-

* Valor de conductividad eléctrica máximo para un IP medio y una conductividad de entrada entre 600-1000 uS/cm (AMEXO V – Figura 26), según resolución 52/20 – HTA.

Teniendo en cuenta estos valores, se propone dirigir esta corriente al reservorio del predio de 23R para el posterior reuso directo para riego.

Se sugiere la construcción de una cámara de bombeo, debido a que el reservorio se encuentra a una cota mayor que las salidas del equipo desalinizador. La misma será de hormigón, de 1.5 m³ de volumen útil (el caudal de la corriente de desalinización es de 810 l/h); esta capacidad es suficiente para almacenar y luego bombear el agua de forma segura. La cámara deberá instalarse por debajo del nivel de rechazo de la ósmosis, para conducir



gravitacionalmente (sin gasto de energía) la corriente de desalinización desde la ósmosis hasta la misma.

La bomba a utilizar, puede ser una bomba sumergible de 1HP monofásica, que funcionará de manera controlada a través de un flotante.

La planta de tratamiento de efluentes se diseñaría exclusivamente para la corriente de producción, la cual si posee parámetros que deben ser corregidos como se observa en la Tabla 16. Esto se desarrollará en un apartado posterior.

7.2. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

A partir de la variabilidad observada en los gráficos de caudales de vuelco diario y semanal (Figuras 18 y 19), se plantea la necesidad de mejorar la planificación de los procesos que ocurren dentro de la Fábrica de cerveza, con el fin de reducir al máximo la variabilidad de volumen de vuelco diario. La planificación permitirá administrar los procesos productivos en base a la oferta hídrica total para la Fábrica de cerveza; es decir, conociendo la cantidad de agua que recibe la fábrica diaria, semanal y/o mensualmente, y conociendo el consumo hídrico que involucra cada actividad relacionada a los procesos de producción de cerveza, se logrará una mejor gestión del agua.

En base a lo anteriormente expuesto, se generó una calculadora de planificación, elaborada junto con el equipo de trabajo. En la misma se detallan todos los procesos involucrados en la producción de cerveza. Conociendo el número de repeticiones en que se realizará el proceso a lo largo del día y los volúmenes de vuelco que conlleva cada proceso, se puede determinar el caudal de vuelco diario (o cualquier intervalo de tiempo). En la misma, como se observa en la Figura 20, se agruparon los procesos de la misma manera en que se viene trabajando a lo largo de este trabajo (ECIP, EBAR, ECOC, ED).

CALCULADORA EFUENTES DE PRODUCCION													DETALLE					
Tipo	Caudal máximo diario (l)																	
Año	2020																	
Componente	ECIP			EBAR				ECOC			ED			EP (m ³)				
	Tipo	Equipo	Val. MAX	n (externo)	Val. MAX (externo)	n (interno)	Val. MAX (interno)	Tipo	n	Val. MAX	Variable	Val. MAX	n					
Componente	Caustico Peracético	BTT	947.75					Simple	1251.26	1251.26	N bar (simple)	NO STOUT	6416.88	25.79				
	Peracético	BTT	119.00										STOUT		3465.12			
	Caustico Peracético	Filtro	2062.50										N bar (doble)		NO STOUT	11584.17		
	Peracético	Filtro	439.75									STOUT			6261.53			
	Caustico	Hervidor	212.90								Doble	1997.79	1997.79		NO STOUT	17325.59	1.00	
	Peracético	Hervidor														STOUT	9321.37	
	Caustico	Intercambiador	691.90								Triple	1.00	3036.55		3036.55	N bar (interno)	N bar (interno)	70.92
	Peracético	Lupulador	387.20														Ablandador [d (días)]	133.33
	Caustico	Macerador									Triple	1.00	3036.55		3036.55	3036.55	3036.55	1.00
	Peracético	Macerador																
	Caustico	TCC-Chicas (3 y 4)	746.30	70.00	2.33		21.00											
	Peracético	TCC-Chicas (3 y 4)	92.37															
	Caustico	TCC-Grandes (1, 2, 5, 6 y 7)	947.75															
	Peracético	TCC-Grandes (1, 2, 5, 6 y 7)	119.00															
	Br. caustico TIPO A	TCC-Grandes (1, 2, 5, 6 y 7)	212.5															
Br. caustico TIPO B	TCC-Grandes (1, 2, 5, 6 y 7)	608.76																
TOTAL (L)	5082.16			163.1				3036.55			17508.92							

Figura 20. Calculadora de planificación. En la misma se observan todos los procesos que conforman al EP. Solo se carga la frecuencia del evento que se va a realizar en el intervalo de tiempo deseado. Fuente: Elaboración propia.

Esta herramienta también sería determinante en el caso que se desarrolle la planta de tratamiento de los efluentes de producción. Una vez dimensionada e instalada la planta, y conociendo la capacidad volumétrica que tiene la misma para el tratamiento de los RILES, la calculadora de planificación ayudaría a precisar el volumen que se verterá a la planta, colaborando con el correcto funcionamiento de la misma.

7.3. REDUCCIÓN DEL CONSUMO HÍDRICO DENTRO DE LA FÁBRICA

Como se observó en la Figura 17, el valor máximo de volumen de vuelco diario es aproximadamente de 25 m³. En base a estos resultados, es necesario implementar una serie de medidas que tienen que ver con mejorar la eficiencia del agua dentro de la cervecera. Las mismas involucran pequeños cambios en algunas de las actividades que tienen que ver con el proceso productivo, a continuación, se las desarrolla de manera detallada.

7.3.1. LAVADO INTERNO DE BARRILES

Actualmente, para el lavado interno de barriles se utiliza agua de producto proveniente del equipo de desalinización, la cual se calienta en la olla de cocción (imposibilitando un evento de cocción y un lavado interno de barriles en simultáneo) hasta alcanzar una temperatura de



aproximadamente 80°C. Este proceso implica 23.3 litros de agua sumado a el rechazo del agua de producto que es de 70.92 litros, por lo que el lavado completo de un solo barril representa un total de 94.22 litros.

Se propone, en lugar de utilizar agua de producto, utilizar agua de red que es calentada en una olla que se encuentra fuera de la línea de cocción. Esto significa que puede producirse eventos de cocción y de lavado de barriles en simultáneo y, además, desaparecería el componente de rechazo de la ósmosis asociado a la limpieza de barriles, logrando una reducción aproximada del 75% del agua involucrada en el proceso. Dado que la metodología de lavado no se modifica, se calcula que el consumo de agua del lavado de barriles disminuiría de 94.22 litros a 23.3 litros por barril.

7.3.2. INCORPORACIÓN DE PISTOLA ROCIADORA

Para los eventos de limpieza, ya sea de pisos o de equipos, se utiliza la hidrolavadora y/o la manguera de 20 mm de diámetro. Dado que algunas limpiezas ocurren de manera simultánea, o que algunas actividades se tornarían más complejas de realizar con tanta presión de agua al utilizar la hidrolavadora, surge la propuesta de implementar una pistola rociadora en la terminal de la manguera.

La implementación de esta herramienta presentaría una reducción de un 80% del agua utilizada, para un mismo intervalo de tiempo. La manguera eroga un caudal de 51 litros/minuto, mientras que la pistola eroga 10 litros/minuto. Para aquellos eventos de limpieza general, limpieza de filtro desarmado y de falso fondo de macerador (en cocciones intermedias), representaría una mejora sustancial en la eficiencia del uso del agua.

7.3.3. UTILIZACIÓN DE HIDROLAVADORA

Además de la incorporación de la pistola rociadora, la implementación del uso de la hidrolavadora (en lugar de la manguera) en procesos como la limpieza pre-CIP de los tanques, el lavado de la olla de cocción y macerador (en cocciones finales), resultaría una buena alternativa para el uso eficiente del agua.

Este cambio representaría una reducción aproximada del 90% del agua utilizada actualmente, para un mismo intervalo de tiempo. La manguera eroga un caudal de 51 litros/minuto, mientras que la hidrolavadora 5.57 litros/minuto. En la Tabla 22 del ANEXO VI, se presentan los procesos en que podría aplicarse la utilización de la hidrolavadora y los volúmenes de agua utilizada en caso de implementar esta herramienta.

7.4. TRATAMIENTO DE LA CORRIENTE DE PRODUCCIÓN

Observando los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica del efluente (especificados en la Tabla 16), en dos de los tres días de muestreo, los parámetros dieron valores fuera de lo establecido por la reglamentación del DGI. El mismo establece límites en los valores de pH, conductividad eléctrica y sólidos sedimentables, mientras que no establece valores límites para DBO y DQO.

En base a esto, la propuesta de tratamiento de la corriente de producción contempla la construcción y puesta en régimen del tándem de pretratamiento y tratamiento primario. El objetivo de este proceso, sería corregir los parámetros pH y sólidos sedimentables, además disminuiría la carga orgánica (DBO y DQO); esto permitiría cumplir con los parámetros establecidos por las resoluciones provinciales en cuanto al reuso agrícola en ACRE.



Es importante aclarar, que una vez implementada la separación de corrientes y puesta en marcha la planta de tratamiento de la corriente de producción, se debería realizar una nueva medición de los parámetros del efluente tratado. De esta manera, se conocerá si la planta esta corrigiendo los valores de los parámetros que dieron por fuera de lo establecido por las resoluciones para reuso agrícola, y además se podrá determinar si es necesario desarrollar un tratamiento secundario.

Pretratamiento

Los efluentes de producción se conducirían hasta un sistema de desbaste, el cual retendría los sólidos de mayor granulometría (>2 mm). El mismo debería tener un diámetro de poro de 2 mm, para que pueda captar aquellos sólidos derivados de los eventos de cocción (restos de malta por ejemplo) y elementos derivados de limpiezas generales o de barriles (restos de etiquetas, papeles, etc.). Se propone el diseño de un tamiz o canasto móvil que sea práctico para el mantenimiento y fácil de operar.

Tratamiento primario

El proceso siguiente al desbaste es el sistema de tratamiento primario, el cual estaría compuesto por dos sedimentadores y un sistema de neutralización.

Para este caso, se propone la implementación de un primer tanque sedimentador, el cual, además de retener sólidos sedimentables, funcionaría como amortiguador para los pulsos de ingreso y estabilizaría la corriente para el siguiente sedimentador, el cual cumpliría principalmente la función de retener los sólidos sedimentables. Además, dado que gran parte de esos sólidos están compuestos de materia orgánica, reduciría los parámetros de DBO y DQO.

En caso de ser necesario, se agregará un floculante (aniónico, catiónico o poli-electrolítico) para optimizar el funcionamiento del tratamiento.

Ambos sedimentadores funcionarían de manera continua. Luego de atravesar el tamiz, el efluente ingresaría en una tubería que descarga en el primer sedimentador, el cual, por medio de un vertedero, conduciría al segundo sedimentador. Se sugiere que los sedimentadores sean tanques de polietileno verticales tricapa, de 1750 litros de capacidad, enterrados a nivel del suelo.

Posteriormente, luego de finalizado el tratamiento primario, el efluente tratado será dirigido a una cisterna, la cual, por medio de una bomba, será depositado en el reservorio ubicado dentro del predio (en conjunto con la corriente de desalinización explicada anteriormente). El objetivo final es el reuso agrícola en ACRE dentro del predio de 23 Ríos.

Respecto a los sólidos (o barros) que se acumularán en el fondo de los decantadores, se plantean dos alternativas de gestión:

- A. Retiro de lodos con bomba y gestión dentro del predio: implicaría la instalación de una bomba peristáltica, que retire el lodo sedimentado y derive a un proceso de compostaje dentro del predio. Debe considerarse la instalación de una compostera en el sitio más alejado posible de las zonas donde hay clientes (dado que, ante una falla en el proceso, puede generar olores). Esta alternativa presentaría la ventaja de permitir el control de extracción de lodos por parte del personal, lo que podría evitar o reducir procesos anaeróbicos por grandes acumulaciones de sedimentos en el decantador. Por otro lado, los lodos una vez compostados pueden utilizarse dentro del predio como



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

fertilizante. La desventaja es que requeriría de una persona capacitada encargada de ejecutar la tarea de extracción y disposición en compost, además del controlar el proceso de compostaje (airear y mantener la humedad el mismo).

- B. Retiro de lodos con camiones atmosféricos: consistiría en solicitar el servicio de extracción de lodos con un camión atmosférico cada cierta cantidad de tiempo. La ventaja es que no requeriría de personal para ejecutar la tarea, sino que simplemente debe llamarse y coordinar con la empresa que prestaría el servicio.



8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo, surge de la necesidad de la empresa 23 Ríos CraftBeer (23R) en tratar los efluentes generados por la fabricación de cerveza y reutilizarlos en el riego. Para llevar adelante este desafío, se buscó un abordaje integral, dirigiéndose “aguas arriba” (qué procesos generan la mayor cantidad de efluentes, de donde provienen) en lo que respecta a la generación de residuos industriales líquidos (RILES) y no solo enfocándose en lo que ocurre “aguas abajo” (calidad del efluente que se vierte y volúmenes), es decir, en el punto de disposición final.

Debido a esto, tener una visión sistémica de la manera en que se trabaja dentro de la fábrica fue el primer paso a desarrollar. El resultado de estas observaciones, permitió conocer todos los procesos involucrados en la fabricación de cerveza, propios de la Cervecería de 23R, y agruparlos pensando en la posterior medición y cálculo de los vertidos que conformarán los RILES que deben ser tratados. Esta agrupación, derivó en la conformación de cuatro grupos que contienen a todos los procesos: i) Efluentes derivados de la limpieza de equipos - CIP (ECIP), ii) Efluentes derivados del lavado de barriles (EBAR), iii) Efluentes derivados de la cocción (ECOC), iv) Efluentes derivados del equipo desalinizador (ED).

La medición directa de los volúmenes de vuelco de cada proceso permitió, en conjunto con el cálculo por medio de fórmulas previamente elaboradas y derivadas del análisis anteriormente realizado, cuantificar volumétricamente a los cuatro (4) grupos nombrados. Paralelamente, se intervino en la cañería que contenía a la totalidad de los vertidos generados, de la cual se obtuvieron las muestras que fueron llevadas a analizar y serían el resultado de la caracterización cualitativa de los mismos. Todas las especificaciones que tienen que ver con esto, se determinaron de acuerdo a lo establecido en la Resolución N°52/20-HTA y Resolución 627/00-HTA.

Los resultados obtenidos en la cuantificación, mostraron que el ED es el componente que tiene mayor participación en la conformación total del efluente de producción (76% del total); las mejoras que se apliquen sobre este término serían determinante para reducir el caudal total de efluente. Es por ello que surge la propuesta separar las corrientes de vuelco generadas por el equipo desalinizador, las cuales tienen parámetros fisicoquímicos aptos (medidos y comparados con los establecidos en las resoluciones) y dirigirla a un reservorio, evaluando su posterior reuso en el predio.

Por otra parte, gracias al registro de todas las actividades que se desarrollaron en los últimos años, se pudo obtener los caudales de vuelco semanales y mensuales de los años 2018, 2019 y 2020. Esta información, permitió observar una amplia variabilidad en los volúmenes de vuelco, tanto diarios como semanales y mensuales. Esta variabilidad responde a los procesos productivos que ocurren dentro de la fábrica, los cuales marcan el pulso de vuelco según como se los planifica. Es por ello que la planificación es fundamental pensando en reducir la variabilidad de vuelco; de esto surge la calculadora de planificación, la cual detalla los volúmenes de vuelco en base a los procesos que se pretenden desarrollar y la frecuencia de los mismos.

Duek y Fasciolo (2014) establecen que el valor del coeficiente de uso específico de agua (CUEA) para la elaboración de cerveza se encuentra entre 3.8 y 4.5 litros de agua por litro de cerveza producida para las industrias de la provincia. El CUEA obtenido para 23R es aproximadamente de 10 litros de agua utilizados por cada litro de cerveza producido. Estos valores indican que la empresa se encuentra actualmente en un escenario de baja eficiencia en el aprovechamiento del agua. Como primera aproximación al uso eficiente del agua, sería



conveniente plantear como objetivo inicial, llegar al valor de 5 litros de agua utilizados por litro de cerveza producido.

El conocimiento de la forma en que se trabaja en la fábrica, también dio lugar a la generación de propuestas que tiene que ver con cambios menores en algunas actividades. La implementación de herramientas como pistolas rociadoras e hidrolavadoras en algunos procesos, colaboraría tanto en la reducción de los caudales de vuelco como en la reducción de los consumos hídricos, permitiendo aproximarnos al valor promedio de CUEA anteriormente nombrado.

Los resultados obtenidos en la caracterización cualitativa y en el cálculo del Índice de Peligrosidad del Efluente, mostraron que el mismo se encuentra por fuera de los valores establecidos por la legislación en dos parámetros importantes: pH y sólidos sedimentables. Se elabora entonces una propuesta que contiene un pretratamiento y un tratamiento primario, el mismo permitiría controlar los valores de los parámetros nombrados anteriormente y reducir los valores de otros, como DBO y DQO.

Retomando lo dicho al comienzo de esta sección, el presente estudio busca generar una manera distinta de abordar el tratamiento de efluentes, aportando a la misma la optimización del uso del agua en un proceso productivo, con propuestas claras, concretas y realizables, acorde a la realidad hídrica que atraviesa la Provincia de Mendoza.



9. BIBLIOGRAFÍA

Alasino, N. (2009). *Síntesis y diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales*. (Tesis de Grado, Universidad Nacional del Litoral - Facultad de Ingeniería Química) <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/119>.

Castro Aravena, M. F. (2017). *Estudio de los residuos industriales líquidos y evaluación de las alternativas de mejoras para la Industria Cervecerá Valdivia*. (Tesis de Grado, Universidad Austral de Chile). <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/366472>.

Civitaresi, M., Niembro, A., y Dondo Buhler, M. (2017). Desafíos para desarrollar una agroindustria local. Hacia una tipología de productores de cerveza artesanal en Bariloche. *Revista Pymes, Innovación y Desarrollo*. V (5), 41-62.

Corrales, C. S. (2020). El uso industrial del agua en la cervecería Heineken en Monterrey, México. *Región y sociedad*, 32, e1298.

Fasciolo, G. E., y Duek, A. E. (2014). Uso industrial del agua en Mendoza, Argentina: coeficientes para la industria alimenticia. *Tecnología y Ciencias del Agua*. V (3), 51-62.

Flórez Benito, J. J. (2020). *Planta de acondicionamiento de agua para fabricación de cerveza artesanal*. (Tesis de Grado, Universidad de Sevilla - Departamento de Ingeniería Química y Ambiental). <https://idus.us.es/handle/11441/101366>.

Grosso Cepparo, M. V. (2014). La escasez hídrica en tierras secas: un estudio territorial sobre la apropiación, gestión y uso del agua en la cuenca del Río Mendoza, Argentina. *Boletín de Estudios Geográficos*. V (104), 53-81.

Ibarzabal Diaz, A. E. (2020). *Cervezas Artesanales: Estudio comparativo de IBUS obtenidos por el cálculo de tablas y los cuantificados por espectrofotometría*. (Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ciencias Agrarias). https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/15568/tesis-ibarzabal.pdf.

Muñoz Lucas, S.; Sánchez García, R. (2018). El agua en la industria alimentaria. *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*. V (33), 157-171.

Rojas, R. (2002). Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Gestión integral de tratamiento de aguas residuales, 1(1), 8-15.

Seluy, L. G. (2015). *Procesos de tratamiento y valorización de efluentes líquidos de la industria cervecera*. (Tesis de Grado, Universidad Nacional del Litoral). <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/905>



10. ANEXOS

10.1. ANEXO I – Resultados del análisis de los diagramas de flujo

Tabla 20. Análisis exploratorio de efluentes de cervecería 23 Ríos.

BLOQUE	PROCESOS	ENTRADA	SALIDA	ASPECTO RELEVANTE
Prefiltrado y desalinización	Prefiltrado de agua	No relevante (NR)	Efluente autolimpieza	C.E.
	Filtrado (carbón activado)	NR	Efluente autolimpieza	Cloro
	Desalinización por ósmosis	NR	Rechazo ósmosis	C.E.
Cocción	Molienda	Maltas	Efluente de CIP I	NR
	Transporte y agregado de maltas	NR	Efluente de CIP I	NR
	Macerado	NaOH, ac. Peracético, CaCl ₂ y ácido fosfórico	Efluente de CIP I y CIP II	Ácidos y bases fuertes. Volumen de agua.
	Lavado de granos	NR	Mosto residual	NR
	Hervor	NaOH, ac. Peracético, CaCl ₂ y ácido fosfórico, lúpulo, CaSO ₄ e irish mosh	Efluente de CIP I, CIP II, residuo lúpulo y mosto residual	Ácidos y bases fuertes. Volumen de agua. Carga orgánica



	Enfriado de mosto	NaOH, ac. Peracético	CIP II	Ácidos y bases fuertes. Volumen de agua.
	Limpieza general	Detergente	CIP I	NR
Fermentación, carbonatación embarrilado	Maduración	NaOH, ac. Peracético, lúpulo y gelatina	Residuo gelatina, efluente CIP II, levadura y lúpulo	Ácidos y bases fuertes. Volumen de agua. Carga orgánica
	Filtrado de cerveza	NaOH, ac. Peracético y tierra diatomea	Residuo de clarificación, efluente CIP II	Ácidos y bases fuertes. Volumen de agua. Carga orgánica.
	Transporte y carbonatación	NR	Efluente CIP II	Ácidos y bases fuertes. Volumen de agua.
	Lavado de barriles	NaOH, ac. Peracético y agua oxigenada	Efluente CIP II	Ácidos y bases fuertes. Volumen de agua. Agua a altas temperaturas.
	Limpieza e identificación del producto	NR	Efluente de CIP I	NR
	Limpieza general	Detergente	CIP I	NR

10.2. ANEXO II - Planos de desagües de 23 Ríos CraftBeer

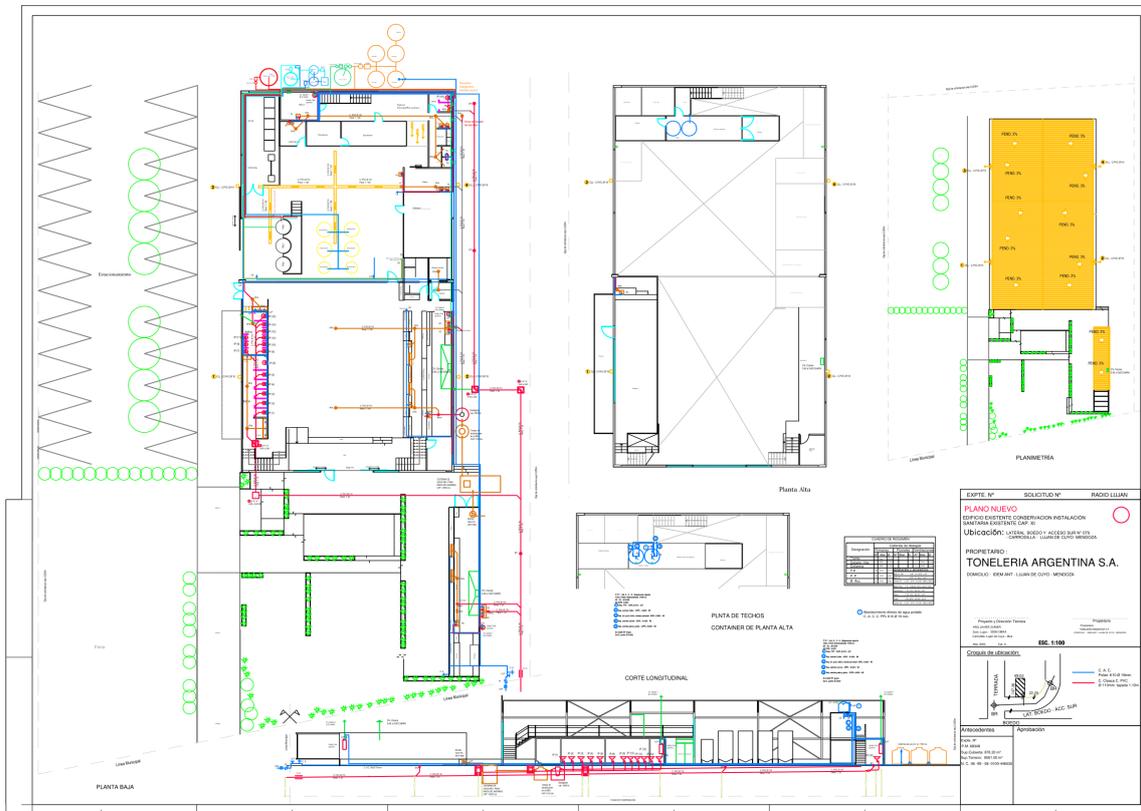


Figura 21. Plano de las conexiones sanitarias de la cervecera 23 Ríos. Fuente: Personal 23 Ríos CrafBeer.

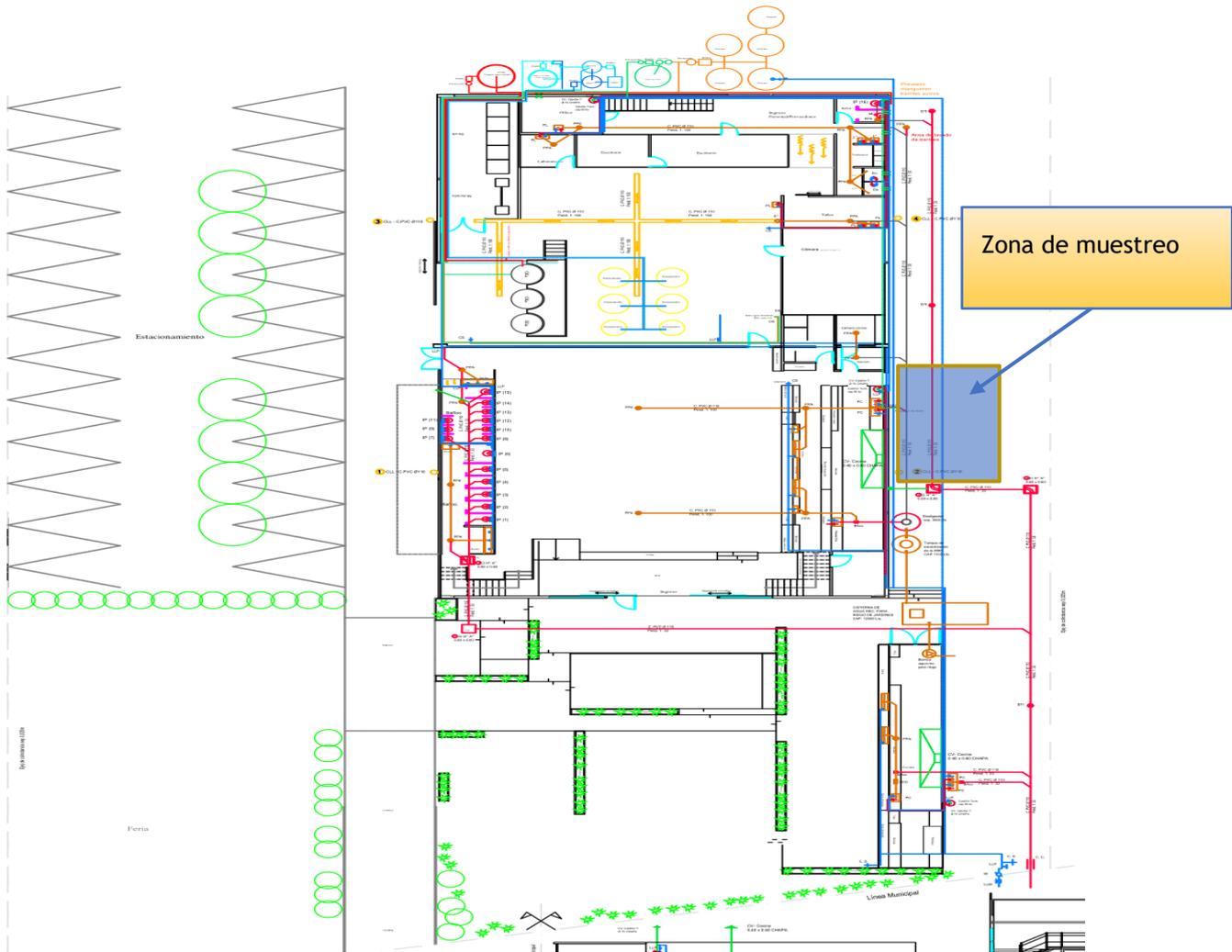


Figura 22. Planos sanitarios del predio de la empresa 23 Ríos. En amarillo se indica el área donde se realizó la intervención de la cañería y para la toma de muestras del efluente. Fuente: Personal de 23 RíosCraftBeer.

10.3. ANEXO III - Intervención de la cañería



Figura 23. Espacio de trabajo para la intervención de la cañería. Pozo de muestreo, con la intervención realizada (Izquierda); descubrimiento inicial de la cañería (Derecha). Fuente: Elaboración propia.



10.4. ANEXO IV - Detalle de variables que conforman el IP

Tabla 21. Detalle de cada variable que forma parte del Índice de Peligrosidad y su determinación. Fuente: Resolución N°51/2020 - HTA.

VARIABLE	DETERMINACIÓN
Volumen anual del efluente generado	$[1 + (\frac{Vol}{20000})]$ (9)
Estacionalidad	< 9 meses: 1,25
	> 9 meses: 1,5
Tipo de sustancia contaminante	<ul style="list-style-type: none">● G I:2: incluye aquellos efluentes que aportan sólidos y/o● modificaciones en la temperatura● G II:3: incluye aquellos efluentes que aportan modificaciones en los● parámetros químicos● G mixto:4,5: incluye aquellos efluentes que aportan sustancias del● grupo I, II y III de manera conjunta● G III:6,75: incluye aquellos efluentes que aportan sustancias para las● cuales existe evidencia teórica o práctica de su efecto tóxico o● peligroso
Gestión del efluente	<ul style="list-style-type: none">● 0,15: posee tratamiento óptimo funcionamiento● 0,3: posee tratamiento ineficiente● 0,45: no posee
Disposición final	<ul style="list-style-type: none">● 0,05: reúso con convenio en terreno propio o al terreno de un tercero● 0,15: extracción en camiones atmosféricos – Conexión a cloaca● 0,3: Desagüe/drenaje con permiso de vuelco● 3,9: vuelco a cauce público con permiso de vertido

10.5. ANEXO V - Mediciones de CE y pH de los rechazos de ED



Figura 24. Medición de conductividad (izquierda) y pH (derecha) de los rechazos derivados del prefiltrado.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 25. Medición de conductividad (izquierda) y pH (derecha) de los rechazos derivados de la ósmosis.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 26. Medición de conductividad (izquierda) y pH (derecha) del agua de entrada. Fuente: Elaboración propia.



10.6. ANEXO VI - Implementación de hidrolavadora

Tabla 22. Comparación de los valores obtenidos de los volúmenes de agua utilizados en cada proceso por medio de la metodología actual y los valores obtenidos con la mejora. Se agrega la diferencia en los volúmenes consumidos al implementar la mejora.

PROCESO		ACTUAL		MEJORA		DIFERENCIA (LITROS POR EVENTO)
		HERRAMIENTA	VOLUMEN DE AGUA UTILIZADO POR PROCESO (LITROS)	HERRAMIENTA	VOLUMEN DE AGUA UTILIZADO POR PROCESO (LITROS)	
BLOQUE FRÍO	Limpieza bloque frío después de CIP cáustico	Manguera	206.55	Hidrolavadora	24.3	182.25
	Limpieza de pisos fin del día	Manguera	104.55	Hidrolavadora	12.3	92.25
	Limpieza filtro desarmado	Manguera	570.35	Hidrolavadora	67.08	503.27
	Enjuague previo al CIP cáustico	Manguera	460.53	Hidrolavadora	54.18	406.35
BLOQUE CALIENTE	Limpieza de hervidor post cocción	Manguera	21.25	Hidrolavadora	2.52	18.73
	Limpieza general bloque caliente	Manguera	189.55	Hidrolavadora	22.32	167.23