



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL
DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE
ESCUELA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE

**DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE RILES PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE**

AUTORES:

**AVILÉS VÁSQUEZ, LORETO ESTER
VERA VALLEJOS, PATRICIO ALBERTO**

PROFESOR GUÍA:

MG. ING. CACERES CRUZ, GUSTAVO ADOLFO

SANTIAGO – CHILE

2021

CALIFICACIONES

NOTA OBTENIDA:

6,3

A handwritten signature in blue ink is positioned to the left of a circular official stamp. The stamp contains the text 'UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA' around the perimeter and 'ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA' in the center. A horizontal line is drawn across the page below the signature and stamp.

Firma y timbre autoridad responsable

Autorización para la Reproducción del Trabajo de Titulación

1. Identificación del trabajo de titulación

Nombre del alumno: Loreto Ester Avilés Vásquez

Rut: 19.316.542-7

Dirección: Primera Avenida 144, Padre Hurtado, Región Metropolitana

Email: loreto.avilesv@utem.cl

Teléfono: +56 9 92748101

Nombre del alumno: Patricio Alberto Vera Vallejos

Rut: 19.132.913-9

Dirección: Isla Picton 400, departamento 408D, Caldera, Región de Atacama

Email: patricio.verav@utem.cl

Teléfono: +56 9 63742569

Título de la tesis: Diseño para la Implementación de una Planta de Tratamiento de RILES Provenientes de la Producción de Cerveza

Escuela: Escuela de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente

Carrera: Ingeniería Civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente

Título al que opta: Ingeniero Civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente

2. Autorización de Reproducción

Se autoriza la reproducción total o parcial de este trabajo de titulación, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y a su autor.

En consideración a lo anterior, se autoriza su reproducción de forma:

<input checked="" type="checkbox"/>	Inmediata
<input type="checkbox"/>	A partir de la siguiente fecha: ____ (mes/año)

Fecha: 12/07/2021

Firma:



Loreto Ester Avilés Vásquez

Patricio Alberto Vera Vallejos

Esta autorización se otorga en el marco de la ley N°17.336 sobre Propiedad Intelectual, con carácter gratuito y no exclusivo para la Institución.

DEDICATORIA

Queremos dedicar este trabajo de titulación a nuestras familias, ya que sin ustedes no hubiera sido posible recorrer este camino, gracias por la inspiración y motivación para seguir adelante y no desistir durante los momentos difíciles en este proceso.

Loreto Avilés Vásquez

Patricio Vera Vallejos

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todos quienes de diferentes formas aportaron a la realización de este trabajo de titulación. A nuestro profesor guía Gustavo Cáceres por la dedicación y el apoyo que nos ha brindado a lo largo de todo este proceso, por sus valiosas y constructivas sugerencias durante la planificación y el desarrollo de este trabajo.

También queremos agradecer el apoyo y disposición recibida por parte de cervecería Back House, quienes colaboraron y contribuyeron desinteresadamente a la realización de este proyecto.

Muchas Gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes Generales	1
1.2 Justificación del Problema.....	2
1.3 Alcance.....	6
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo general	7
1.4.2 Objetivos específicos	7
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Marco Conceptual	9
2.1.1 Consideraciones generales	9
2.1.2 Proceso productivo	11
2.1.3 Caracterización de los RILES	13
2.1.3.1 Descripción Física y Química.....	15
2.2.1 Resumen de la normativa chilena	16
2.2.2 Normas relacionadas con el manejo y descarga de RILES.....	18
2.2.3 Normativa para la instalación de una planta de tratamiento	21
3. METODOLOGÍA	24
3.1 Metodología de Trabajo	24
3.2 Caracterización de la Situación Actual	26
3.2.1 Obtención de antecedentes de la empresa	26
3.2.2 Identificación de fuentes de aguas cercanas.....	26
3.3 Identificación del Tipo de Efluente Generado en la Elaboración de Cerveza y los Procesos Involucrados en los Tratamiento de RILES	27
3.3.1 Identificación de los procesos productivos que generan residuos.....	27
3.3.2 Realización de análisis químico de los RILES generados.....	27
3.3.3 Elaboración de una evaluación de los RILES que se generan.....	28
3.4 Identificación de Alternativas Tecnológicas Disponibles	29
3.4.1 Identificación de los tipos de tratamientos utilizados en las plantas de tratamiento de RILES cerveceros en Chile.....	29
3.5 Determinación de Opciones para Sistema de Tratamiento de RILES y Alternativas de Producción Limpia.....	29
3.5.1 Identificación de principales características de la empresa.....	29
3.5.2 Definición y análisis de tratamientos que se adapten a las características de la empresa.....	30
3.5.3 Definición de condiciones básicas y selección de alternativa de riego para la reutilización del efluente tratado	31
3.5.3.1 Demanda Hídrica	33
3.5.3.1.1 Evapotranspiración de cultivo ETC.....	33
3.5.3.1.2 Demanda hídrica neta.....	35
3.5.3.1.3 Método de regadío	36

3.5.3.1.4	Demanda hídrica bruta o tasa de riego (TR)	37
3.5.3.2	Oferta Hídrica Disponible para Riego.....	37
3.5.3.3	Superficie de Riego Mínima.....	38
3.6	Determinación de Costos y Beneficios Económicos, así como la Documentación Legal para la Implementación de una Planta de RILES.....	39
3.6.1	Determinación de costos de inversión y operación para la planta de tratamiento de RILES y sistema de reutilización del efluente.....	39
3.6.2	Determinación de beneficios económicos del sistema de tratamiento de RILES	40
3.6.3	Identificar la documentación requerida para la etapa de construcción y el proceso de operación.....	40
4.	RESULTADOS.....	42
4.1	Situación Actual.....	42
4.1.1	Antecedentes de la empresa.....	42
4.1.2	Fuentes de aguas cercanas	44
4.2	Tipo de Efluente Generado en la Elaboración de Cerveza y Procesos Involucrados en el Tratamiento de RILES	47
4.2.1	Procesos productivos que generan residuos	47
4.2.2	Características químicas de los RILES generados	54
4.2.3	Evaluación de los RILES que se generan	55
4.3	Alternativas Tecnológicas Disponibles	56
4.3.1	Tratamientos utilizados en plantas de tratamiento de RILES cerveceros en Chile	56
4.3.1.1	Cervecería Kunstmann, Región de los Ríos	56
4.3.1.2	Cervecería Kross, Región Metropolitana	60
4.3.1.3	Cervecería AEC, Región Metropolitana	62
4.3.1.4	Comparación de Eficiencias y Costos.....	65
4.4	Opciones para Sistema de Tratamiento de RILES y Alternativas de Producción Limpia	66
4.4.1	Principales características de la empresa	66
4.4.2	Tratamiento que se adapta a las características de la empresa	68
4.4.2.1	Tratamiento Preliminar.....	69
4.4.2.2	Tratamiento Físico Químico	71
4.4.2.3.	Tratamiento de Lodos	78
4.4.3	Condiciones básicas y alternativa de riego para la reutilización del efluente proveniente del tratamiento.....	81
4.4.3.1	Demanda Hídrica	82
4.4.3.1.1	Evapotranspiración de cultivo ETc	82
4.4.3.1.2	Demanda hídrica neta	83
4.4.3.1.3	Método de regadío	85
4.4.3.1.4	Demanda hídrica bruta o tasa de riego (TR).....	86
4.4.3.2	Oferta Hídrica Disponible para Riego.....	87
4.4.3.3	Superficie de Riego Mínima	88

4.5	Costos y Beneficios Económicos, así como la Documentación Legal para la Implementación una Planta de RILES	89
4.5.1	Costos de inversión y operación para la planta de tratamiento y sistema de reutilización del efluente	89
4.5.2	Beneficios económicos del sistema de tratamiento de RILES.....	91
4.5.3	Documentación requerida para la etapa de construcción y el proceso de operación.....	93
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
5.1	Conclusiones.....	103
5.2	Recomendaciones.....	105
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
ANEXOS		111

Anexo 1:	Extracto del Informe Mecánica de Suelos, Cervecería Back House	111
Anexo 2:	Caracterización de RILES de la Cervecería Back House	112
Anexo 3:	Dimensiones de la cámara de rejillas. Memoria de cálculo de Back House	113
Anexo 4:	Cálculo del ecualizador. Memoria de cálculo de Cervecería Back House	114
Anexo 5:	Cálculo del tanque físico químico. Memoria de cálculo de Cervecería Back House.....	115
Anexo 6:	Cálculo del tanque polímero. Memoria de cálculo de Cervecería Back House.....	116
Anexo 7:	Cálculo del estanque de almacenamiento. Memoria de cálculo de Cervecería Back House	117
Anexo 8:	Cálculo del estaque de acero. Memoria de cálculo de Cervecería Back House.....	118
Anexo 9:	Cotización de la Planta de Tratamiento de RILES	119
Anexo 10:	Cotización de Tanque en Base a la Producción de Lodos.....	120
Anexo 11:	Dimensiones de la Zona de Acopio.....	121
Anexo 12:	Estándares de Operación para la Unidad de Tratamiento FQ	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Producción de cerveza por continente periodo 2013 - 2018	10
Tabla 2. 2: Principales contaminantes en el agua residual	14
Tabla 2. 3: Parámetros de concentración media en el residuo líquido cervecero	15
Tabla 2. 4: Características de los parámetros en el efluente	16
Tabla 2. 5: Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego.....	20
Tabla 3. 1: Límites máximos permisibles.....	32
Tabla 3. 2: Evapotranspiración del cultivo seleccionado.....	35
Tabla 3. 3: Eficiencia de diseño (%) de diferentes métodos de riego	36
Tabla 3. 4: Consideraciones legales	41
Tabla 4. 1: Caudal del RIL.....	54
Tabla 4. 2: Resultados del muestreo de RIL	55
Tabla 4. 3: Comparación de concentraciones.....	56
Tabla 4. 4: Reducción de concentraciones de contaminantes - Eficiencia de los procesos	60
Tabla 4. 5: Reducción de concentraciones de contaminantes - Eficiencia de los procesos	62
Tabla 4. 6: Reducción de concentraciones de contaminantes - Eficiencia de los procesos	65
Tabla 4. 7: Comparación de eficiencia y costos.....	66
Tabla 4. 8: Dimensiones cámara de rejillas.....	69
Tabla 4. 9: Diseño del ecualizador	70
Tabla 4. 10: Bombas del ecualizador	71
Tabla 4. 11: Dimensiones de la Unidad de Tratamiento Físico Químico	72
Tabla 4. 12: Operación de la Unidad de Tratamiento FQ	73
Tabla 4. 13: Bombas de descarga de lodos.....	77
Tabla 4. 14: Producción de lodos.....	78
Tabla 4. 15: Parámetros de diseño de deshidratador	79
Tabla 4. 16: Dimensiones de la Zona de Acopio.....	80
Tabla 4. 17: Evapotranspiración de cultivo	83
Tabla 4. 18: Precipitación media mensual - Precipitación efectiva	84
Tabla 4. 19: Demanda hídrica neta.....	85
Tabla 4. 20: Demanda hídrica bruta o tasa de riego (TR)	86
Tabla 4. 21: Oferta hídrica Cervecería Back House.....	87

Tabla 4. 22: Superficie de riego	88
Tabla 4. 23: Sanciones de la Superintendencia del Medio Ambiente	92
Tabla 4. 24: Documentación requerida para la etapa de construcción y operación de la planta de tratamiento de RILES	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Consumo per cápita de cerveza por país	10
Figura 2. 2: Diagrama operacional de la producción de cerveza	12
Figura 3. 1: Esquema metodológico.....	25
Figura 3. 2: Etapas seguidas para la elección de un tratamiento más conveniente a implementar.....	30
Figura 4. 1: Ubicación geográfica de Cervecería Back House.....	43
Figura 4. 2: Cervecería Back House	44
Figura 4. 3: Cuerpos de agua presentes en la comuna de Talagante	45
Figura 4. 4: Bocatomas y canales de regadío, comuna de Talagante	46
Figura 4. 5: Canal Limonada.....	46
Figura 4. 6: Proceso productivo de la Cervecería Back House.....	47
Figura 4. 7: Fase de captación de agua.....	48
Figura 4. 8: Primera fase - Preparación inicial	48
Figura 4. 9: Tornillo de Arquímedes.....	49
Figura 4. 10: Tercera fase - Preparación final.....	50
Figura 4. 11: Tanques de cocción.....	51
Figura 4. 12: Cuarta Fase - Limpieza de equipos	53
Figura 4. 13: Diagrama de flujo, sistema de tratamiento de RILES Cervecería Kunstmann.....	59
Figura 4. 14: Diagrama de flujo, sistema de tratamiento de RILES Cervecería Kross.....	61
Figura 4. 15: Diagrama de flujo, sistema de tratamiento de RILES Cervecería AEC	63
Figura 4. 16: Plano frontal de la planta	66
Figura 4. 17: Diagrama de sistema de tratamiento	68
Figura 4. 18: Prueba de jarras	75
Figura 4. 19: Prueba de jarras - Flocculación y sedimentación	76
Figura 4. 20: Sacos filtrantes	79
Figura 4. 21: Costos de inversión	90
Figura 4. 22: Costos operacionales	91

RESUMEN

La elaboración de cerveza conlleva elevados consumos de agua, no sólo en lo que respecta al producto final sino también en las operaciones de limpieza de equipos, filtrado y envasado. El residuo industrial líquido (RIL) resultante, contiene una elevada concentración de DBO_5 , sólidos suspendidos totales y nitrógeno Kjeldahl, por lo que resulta necesario tratar los efluentes líquidos según lo establece la normativa legal vigente.

Con el objetivo de abordar la necesidad de tratamiento del efluente es que se plantea el diseño para la implementación de una planta de tratamiento de RILES mediante un estudio de campo descriptivo en base a información que brinde fundamentos necesarios para determinar la viabilidad de la construcción de la planta y un sistema de reutilización del efluente, para la empresa cervecera Back House, ubicada en la comuna de Talagante.

Finalmente, el costo para implementar una planta de tratamiento de RILES en una cervecería que está comenzando su producción es elevado considerando que no genera un retorno económico. Sin embargo, los beneficios de su implementación se ven reflejados mediante el ahorro de multas y sanciones al cumplir con la normativa nacional vigente.

Palabras Claves:

Residuo industrial líquido RIL, planta de tratamiento de RILES, DBO_5 , sólidos suspendidos totales, nitrógeno Kjeldahl.

ABSTRACT

The elaboration of beer involves high water consumption, not only regarding the final product but also on the cleaning operations of equipment, filtering and packing. The resulting liquid industrial waste (LIW) contains an elevated concentration of BOD₅, total suspended solids and Kjeldahl nitrogen, so it's necessary to treat the effluent liquids according to what is established by the current legal regulations.

With the objective to address the need for effluent treatment, the design for the implementation of a LIW treatment plant is proposed, through a descriptive field study based on the information that provides necessary fundamentals in order to determine the viability of the construction of the plant and an effluent reuse system, for the Back House Brewery, located in Talagante city.

Finally, the cost to implement a LIW treatment plant in a brewery, that is starting its production considering that it does not generate an economic return. However, the benefits of its implementation are reflected through the saving of fines and penalties when complying with current national regulations.

Key Words:

Liquid industrial waste (LIW), LIW treatment plant, BOD₅, total suspended solids, Kjeldahl nitrogen.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes Generales

En la industria, todo proceso de producción que resulta de la transformación de materias primas requiere la utilización de algún recurso natural y por consecuencia genera un impacto en el ambiente. El aumento en la generación diaria de estos residuos representa un gran problema para el desarrollo.

En Chile, el consumo de cerveza aumenta año tras año, lo que ha llevado a un crecimiento y desarrollo exponencial que se ha visto reflejado en los últimos años. El País ha experimentado un aumento en el consumo per cápita de cerveza, pasando de 53 litros anuales en el año 2012 a 69,8 litros en el 2018, convirtiéndose en un mercado altamente atractivo para posibles productores (Red de oficinas económicas y comerciales de España, 2018).

Dado el favorable escenario de la industria, ha proliferado el surgimiento de un gran número de nuevos productores, en la actualidad en el país existen más de 300 cervecerías artesanales, las cuales producen una variedad cercana a mil tipos de cervezas distintas que son distribuidas en botillerías y bares a lo largo de todo el país, lo anterior ha llevado al mercado artesanal a crecer sobre el 15% (ACECHI, 2018) en promedio cada año, logrando abarcar al año 2020 cerca del 4% del mercado nacional (Emol, 2020).

La industria cervecera, es uno de los procesos industriales que utiliza grandes cantidades de agua, el mayor consumo de agua se suele producir en las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones utilizados para la fabricación. En la línea de envasado se dan elevados consumos de agua en el

acondicionamiento de los envases reutilizables, los túneles de pasteurización y la lubricación.

La legislación promueve la adaptación y utilización de herramientas para la autoevaluación ambiental por parte de las empresas, con la finalidad de cumplir con la normativa, evitar sanciones y optimizar su rendimiento.

Con el propósito de reducir los niveles de contaminantes en los residuos líquidos generados en el proceso de producción de la cerveza, se identifican las tecnologías disponibles para el tratamiento de estos efluentes, con el objetivo de determinar el diseño para la implementación de una planta de tratamiento de RILES.

1.2 Justificación del Problema

El agua es un recurso esencial para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta. La escasez y contaminación plantean graves amenazas para la salud y calidad de la vida humana, por lo que resulta indispensable cuidarla y hacerse responsable de los residuos que se generan día a día, sobre todo en los procesos industriales que requieren grandes cantidades de agua al día.

El mercado de la cerveza artesanal en el país ha ido expandiéndose de manera robusta en los últimos años, anotando un crecimiento del 33% sólo en el año 2019 (Henríquez, 2020). Debido al considerable aumento registrado, es importante considerar el impacto ambiental que genera la instalación de medianos y pequeños productores de cerveza en las comunas de Talagante e Isla de Maipo, demarcadas por la autoridad como zona rural y agrícola. Dichos impactos se ven reflejados en el consumo de agua y energía, generación de

aguas residuales, residuos y subproductos sólidos, emisiones de olores y polvo, que deben ser tratados para dar una solución amigable con el medio ambiente (Euromonitor Internacional, 2020).

Se puede observar que, a nivel mundial el problema de la gran proporción de residuos generados por la industria cervecera en comparación con la cerveza producida ha sido abordado en función de encontrar una forma de convertir los residuos en productos que generen valor para las compañías. Grupos de investigadores de distintas partes del mundo han encontrado diferentes formas de aprovechar estos residuos y poder convertirlos en materia prima de diferentes productos, siendo unos más eficientes que otros, en términos de aprovechar el residuo (Cubillos, Mejía y Gutiérrez, 2013). De esta forma, la adaptación a la utilización de herramientas y procesos que disminuyan la carga ambiental contribuye a optimizar el rendimiento, además de enfocarse en una economía circular que retribuya a los recursos utilizados, donde los desechos generados puedan ser aprovechados, obteniendo nuevos productos.

Las industrias deben tener el compromiso de adoptar metodologías que minimicen el consumo y generación de residuos, ya que su acción se verá reflejada en un impacto ambiental menor del que podrán hacer uso para fines publicitarios bajo el eslogan de una cervecería comprometida con el cuidado del medio ambiente, además de lograr una reducción en el consumo de recursos materiales y darle utilidad a los subproductos generados como lo son bagazo, los brotes de malta, la masa de levadura y la cascarilla de la cebada generados en el proceso de elaboración. Estos productos tienen un impacto directo en la economía y grado de contaminación ambiental ya que, al ser utilizados entregan una ganancia económica y ahorro de los costes de eliminación teniendo como objetivo final la producción de cerveza sostenible con generación de subproductos con valor añadido.

En los procesos de fabricación de cerveza artesanal el agua representa el ingrediente mayoritario en la mezcla, constituyendo aproximadamente el 95% en el peso del producto (Edmonton's International Beerfest, 2018), de igual manera este recurso resulta primordial para otras actividades dentro de la industria como lo son los procesos de limpieza, filtrado y envasado resultando un efluente con alta carga orgánica, sólidos suspendidos totales, alto contenido de nitrógeno perteneciente a la levadura y una gran concentración de DBO₅.

Los aportes de carga orgánica son muy disímiles entre las distintas fuentes donde se generan. Así, la limpieza de tanques involucrados en las primeras etapas del proceso productivo (elaboración del mosto, fermentación y maduración), representan el mayor aporte de carga orgánica, mientras que el lavado de botellas, máquinas y planta aporta el mayor volumen, con una carga orgánica menor (Simate et al., 2011). Sin embargo, la mayoría de los efluentes generados son de carácter orgánico y muchos de ellos son considerados subproductos ya que tienen la posibilidad de ser aprovechados por la industria alimenticia. Durante la etapa de elaboración del mosto se produce el bagazo. Éste representa el mayor volumen en la industria cervecera, y comprende los restos de cereal que se separan durante la filtración del mosto. En esta misma etapa del proceso, más específicamente durante la cocción y enfriamiento del mosto, se genera un precipitado, principalmente de proteínas provenientes del cereal, denominado "hot trub" o "trub". Estos subproductos se comercializan como alimento para el ganado (Kunze, 1999; Briggs et al., 2004; Fillaudeau et al. 2006; Nigam y Pandey, 2009; Eblinger, 2012; Olajire, 2012). Dada la elevada carga orgánica que poseen estos subproductos, debe tomarse especial precaución en no mezclarlos con las corrientes de aguas residuales, dado que como se mencionó anteriormente uno de los factores clave para el correcto funcionamiento de las instalaciones de

tratamiento, es la estabilidad en la composición del efluente que ingresa al mismo (Houg, 1990).

El volumen de efluentes que se generan en la industria corresponde al total del agua consumida menos el incorporado al producto final, el que es evaporado en las operaciones de producción y queda absorbido en la matriz sólida de los residuos generados, en proporciones (Palmer, Kaminski, 2013). Por cada litro de cerveza se producen entre seis y ocho de residuos líquidos caracterizado por una elevada carga orgánica y alta biodegradabilidad lo que facilita su tratamiento a través de métodos biológicos donde la mayoría de las cervecerías aplican un tratamiento primario eliminando sólidos en suspensión, para posteriormente realizar un tratamiento biológico anaerobio seguido de un tratamiento aerobio dependiendo de la cantidad de residuos que se tengan.

Puesto que la legislación ambiental chilena regula las descargas de RILES a diversos cuerpos de aguas, se establecen parámetros para su disposición por lo que en algunos casos los residuos deben ser tratados. En el caso de las industrias que se ubican en zonas rurales y agrícolas, la generación de residuos puede ser tratada al punto de generar beneficios al utilizar estos efluentes para riego, en tal caso, los RILES deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Chilena NCh 1.333/78, donde se fijan los parámetros para aguas de regadío.

El Ministerio del Medio Ambiente exige a los productores el cumplimiento de normas y decretos, los que son fiscalizados por la Superintendencia del Medio Ambiente con el fin de controlar la calidad y cantidad de efluentes que son generados y descargados, por lo que se hace necesario plantear las consideraciones adecuadas para enfrentar de la manera más ecológica y eficiente los efluentes y residuos generados en la producción cervecera.

Por último, es importante abordar este tipo de tratamiento de RILES en localidades que cuentan con un suelo de características agrícolas, donde no existe una solución gubernamental rápida y efectiva, como lo es el acceso a alcantarillado en donde un ente externo (empresa de servicios sanitarios) se puede hacer cargo del tratamiento de estos RILES a cambio de un pago realizado por la empresa interesada, de acuerdo a la carga contaminante de la descarga.

1.3 Alcance

En el presente trabajo de título se determinará el diseño para implementar una planta de tratamiento de residuos industriales líquidos generados en la industria cervecera, con un caudal de 1.5 m³/día como máximo, en un terreno de características agrícolas, por lo que se trabajará directamente con la NCh 1.333/78, la cual fija los parámetros que se deben cumplir para destinar el agua a regadío.

Es importante destacar que, la superficie de los terrenos donde se emplazan las industrias cerveceras es diverso, por lo que se debe asumir que el volumen de RILES generados puede ser mayor al requerido para el riego de estos lugares. En tales casos, se debe considerar el almacenamiento en tanques o la descarga de estos residuos a los cuerpos de agua superficiales normados por el D.S. 90/2000, napas subterráneas D.S. 46/2002 o al alcantarillado D.S. 609/1998, según corresponda.

Debido a la situación sanitaria actual en el país y el mundo, no es posible obtener información más detallada a partir de un trabajo de campo en diversas empresas, debido a los protocolos de seguridad que estas deben cumplir, por lo que se

utilizarán datos obtenidos de una cervecería en particular, ubicada en la comuna de Talagante, la cual cumple con las características de estudio mencionadas anteriormente.

El alcance del proyecto estará limitado a determinar el diseño para la implementación de una planta de tratamiento de RILES, entregando lineamientos para la elección de la mejor alternativa tecnológica y aportando ideas para el desarrollo de actividades basado en un sistema de producción limpia. No se incluirá la ingeniería de detalle referida a todos y cada uno de los subsistemas, componentes o partes que integran el proyecto, los que deberán ser desarrollados por el equipo de ingeniería correspondiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Elaborar un diseño para la implementación de una planta de tratamiento de residuos industriales líquidos (RILES) generados en una industria cervecera en terreno agrícola.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar el tipo de efluente generado en la elaboración de cerveza y los procesos involucrados en los tratamientos de RILES.
- Identificar las alternativas tecnológicas disponibles.

- Determinar opciones para el sistema de tratamiento de RILES y alternativas de producción limpia.
- Determinar costos y beneficios económicos, así como la documentación legal para la implementación de una planta de RILES.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 Consideraciones generales

El crecimiento de la industria cervecera está estrechamente relacionado por el aumento en la demanda de esta bebida, su gran variedad de estilos y sabores y el ingreso en nuevos mercados. Debido al creciente auge de este producto artesanal, el número de productores está aumentando significativamente lo que ha llevado a diversos países a promover la producción, puesto que contribuyen al desarrollo económico y la creación de nuevos puestos de trabajo.

Los hábitos de consumo de cerveza están aumentando en el país y el mundo, considerando el efecto de la pandemia y la instauración de cuarentenas, estos no impidieron que la industria aumente su valor en un 4% el año 2020 en comparación al año anterior (BrandZ Global, 2020).

La producción de cerveza a nivel global se ha mantenido durante los últimos años en torno a los 1.900 millones de hectolitros aproximadamente, lo que muestra a esta industria como un mercado estable en cuanto a producción. El desglose de producción por continente se indica en la Tabla 2.1.

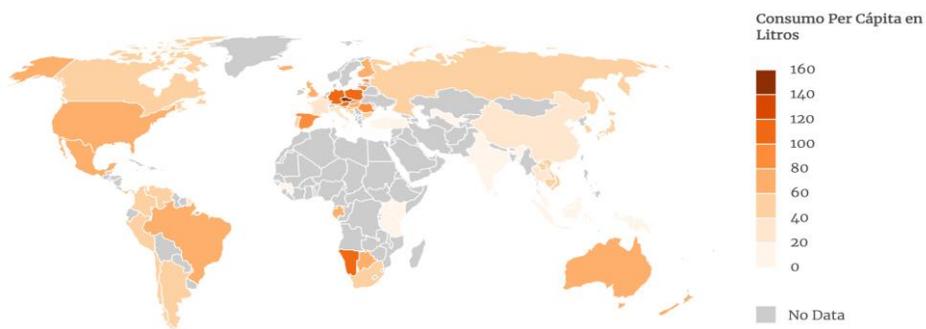
Tabla 2. 1: Producción de cerveza por continente periodo 2013 - 2018

REGIÓN	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Asia	708,7	701,9	693,5	703,9	664,1	663,5
América	572,2	574,1	592,4	568,8	594,8	593,9
Europa	521,1	518,8	516,6	538,1	530,2	532,5
África	127,9	141,1	144,1	128,8	135,0	142,1
Australia y Oceanía	21,7	21,1	20,4	20,9	20,7	20,8
Total mundial	1961,5	1957,0	1967,1	1960,5	1944,8	1952,8

Fuente: Cebada cervecera, 2019. Enlace: <http://cebadacervecera.com.ar/cerveza-produccion-mundial-por-continente/>

El consumo mundial de cerveza se situó en torno a los 189.05 millones de kilolitros en 2019, aumentando un 0,5% con respecto al año anterior (Arthur, 2021). Entre los países que lideran el consumo per cápita de cerveza se encuentran República Checa, Austria y Alemania con 142,6, 104,8 y 104,7 litros respectivamente. Por otra parte, los países que consumen menos cerveza son Italia, Vietnam e Israel con 29, 19 y 14 litros (Juárez, 2020). (ver Figura 2.1)

Figura 2. 1: Consumo per cápita de cerveza por país



Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos: <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/paises-que-consumen-mas-cerveza/>

La definición de residuo es redefinida en cada revolución industrial. Actualmente se está viviendo la cuarta revolución industrial (Krawicki, 2020). Las revoluciones redefinen productos, procesos industriales, cadenas de suministro, materias primas, mano de obra y, por supuesto, patrones de consumo. Dichos cambios representan un potencial de beneficios en la gestión de residuos con nuevos sistemas, eficientes y más baratos (Mavropoulos, 2016).

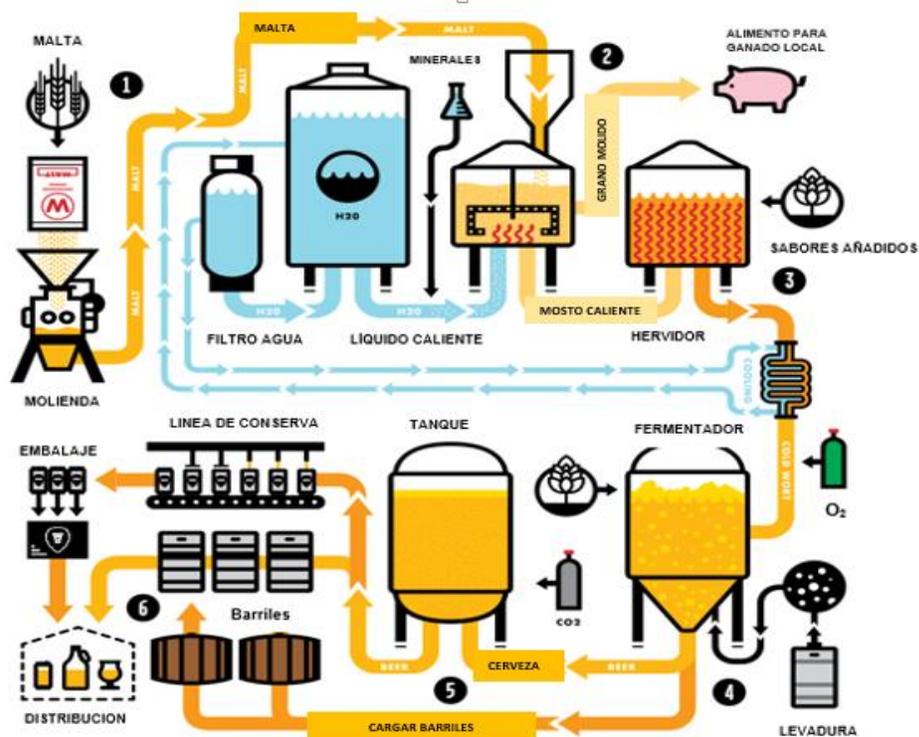
2.1.2 Proceso productivo

Los principales ingredientes que participan en la fabricación de la cerveza son el lúpulo, la levadura, la cebada y el agua, el llamado Brewing o proceso cervecero consta de una serie de pasos que se deben seguir para lograr el producto final (ver Figura 2.2).

La elaboración del mosto inicia con el proceso de germinación en donde se estimula al grano para germinar de manera controlada con el fin de activar las enzimas que serán utilizadas en el proceso de maceración, pero antes, es necesario eliminar toda el agua posible para dotar al grano de propiedades organolépticas que le brindaran una distinción especial a la cerveza en preparación (Cervecería Enigma, 2020). Una vez molido el grano se mezcla con agua para dar forma al mosto cervecero. En el proceso de macerado se mezcla la malta con el agua a diferentes tiempos y temperaturas produciendo las transformaciones para convertir el almidón en azúcares fermentables como glucosa, fructosa, maltosa y malto-triosa. Tras la maceración, se separa el mosto líquido de los restos de malta con la ayuda de un filtro dando origen a un sólido llamado bagazo el cual puede ser aprovechado para la alimentación de animales de granja. Realizada la separación, el producto pasa al proceso de cocción, donde el mosto es llevado a ebullición para eliminar microorganismos no deseados, coagulación de proteínas y evaporación de aromas no deseados para

el proceso, en esta etapa se agrega el lúpulo aportando el sabor y aroma característico amargo de la cerveza. Posterior al enfriado y aireado, el mosto es enviado a los tanques de fermentación donde utilizando levadura se logran transformar los azúcares en alcohol y CO₂. Cuando la mayor parte de los azúcares fueron consumidos, las levaduras sedimentan y son separadas del fondo de los fermentadores. Esta etapa suele durar entre 7 y 10 días dependiendo del tipo de cerveza que se esté fabricando. Posterior a este proceso, la cerveza es enviada a los tanques de maduración donde el producto es sometido a bajas temperaturas para que el sabor y aroma logrados se establezca y se consigan los matices deseados (Escuela Organización Industrial, 2008).

Figura 2. 2: Diagrama operacional de la producción de cerveza



Fuente: The brewing process. Aslan Brewing Go. Enlace:

<https://aslanbrewing.com/thebrewingprocess>

2.1.3 Caracterización de los RILES

En la elaboración de cerveza se generan grandes cantidades de aguas residuales provenientes de la limpieza de tanques, máquinas, botellas, limpieza de pisos, etc. La cual debe realizarse siempre después de cocinar una receta cervecera, Los aportes de carga orgánica son muy disímiles entre las distintas fuentes donde se generan. Así la limpieza de tanques involucrados en las primeras etapas del proceso productivo (elaboración del mosto, fermentación y maduración), representan el mayor aporte de carga orgánica, mientras que el lavado de botellas, máquinas y planta aporta el mayor volumen, con una carga orgánica menor (Simate et al., 2011).

En la Tabla 2.2 se identifican los principales contaminantes a tratar en las aguas residuales cerveceras.

Tabla 2. 2: Principales contaminantes en el agua residual

CONTAMINANTES	RAZÓN DE IMPORTANCIA
Materia orgánica biodegradable	Compuesta por proteínas y carbohidratos. Se mide en función de la DBO ₅ y la DQO. Su impacto genera un agotamiento de los recursos naturales.
Sólidos en suspensión	Pueden dar lugar al desarrollo de fangos y condiciones anaerobias en la tierra cuando se vierte agua residual al entorno.
Agentes patógenos	Pueden transmitir enfermedades contagiosas por medio de los organismos presentes en el agua residual.
Nutrientes	El nitrógeno, el carbono y el fósforo son nutrientes esenciales en el crecimiento, cuando son vertidos en un entorno acuático pueden generar vida acuática no deseada como por ejemplo algas.
Sólidos Inorgánicos	El calcio, sodio y los sulfatos son añadidos al efluente como consecuencia del uso del agua y deben eliminarse si se reutiliza el agua residual.
Metales pesados	Son añadidos al agua residual debido a ciertas actividades comerciales e industriales y deben ser eliminados si se pretende reutilizar el agua residual.

Fuente: Metcalf y Eddy (1995). Enlace:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6087/5/CAPITULO%202.pdf>

En la Tabla 2.3 se puede observar la composición promedio de las aguas residuales generales de una cervecería.

**Tabla 2. 3: Parámetros de concentración media en el residuo líquido
cervecero**

PARÁMETROS	METODOLOGÍA	CONCENTRACIÓN MEDIA
pH	NCh 2313- 1 ©	4,91 U
Temperatura	NCh 2313- 2 ©	28,4 °C
DBO ₅	NCh 2313 -5 ©	12465,0 MgO ₂ /L
Nitrógeno total Kjeldahl	NCh 2313- 28 ©	1008,0 Mg/L
Fosforo Total	NCh 2313- 15 ©	47,7 Mg/L
Solidos suspendidos	NCh 2313- 3 ©	4580,0 Mg/L
DQO	NCh 2313- 24 ©	21180,0 Mg/L

Fuente: Identificación de muestra cervecera, laboratorio Carlos Latorre, febrero 2006.

2.1.3.1 Descripción Física y Química

La caracterización física del agua residual aborda parámetros como son el contenido total de sólidos (ST), los cuales involucran al material en suspensión, material sedimentable, materia disuelta y coloidal, otras características importantes son temperatura, pH, turbidez, olor y la densidad. (Metcalf y Eddy, 1995). Mientras que la materia orgánica está compuesta por sólidos de origen animal y vegetal, compuestos orgánicos formados por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con presencia en determinados casos de nitrógeno, azufre y fósforo; entre estos se encuentran los hidratos de carbono, grasas, proteínas y aceites (Cortez, 2001).

Los parámetros de los contaminantes presentes en la cerveza se presentan en la Tabla 2.4.

Tabla 2. 4: Características de los parámetros en el efluente

PARÁMETROS	CARACTERÍSTICAS
DBO ₅	Representa una elevada cantidad de materia orgánica producto obtenido debido a la fermentación, donde las levaduras se separan de la limpieza de máquinas y cerveza residual.
DQO	Considerado en el proceso de fermentación y envasado, las botellas de vidrio retornable son lavadas a través de un baño de sosa. El residuo sólido presenta agentes reductores de materia orgánica.
SS	Los sólidos suspendidos son producidos en todas las etapas y están casi disueltos por completo además de tener una forma coloidal, se encuentran por ejemplo el lavado de máquinas, filtros, mangueras.
SD	Los sólidos obtenidos principalmente en la etapa de filtrado tienden a precipitar.
pH	Debido a los residuos generados por las sustancias empleadas para la limpieza de máquinas y productos para el lavado de botellas la descarga presenta un carácter alcalino.
T°	Existen procesos que se realizan a grandes temperaturas, lo que afecta directamente la temperatura del efluente.
PE	Las operaciones de trasiego generan grandes cantidades de espuma producto de los detergentes utilizados en el proceso.
NH ₄ +	En el licor agotado de la fermentación y la malta se encuentra el nitrógeno amoniacal.
P	Generado por los agentes de limpieza utilizados.
SO ₄	Como la descarga de la industria cervecera es del tipo alcalino, se debe agregar ácido sulfúrico con el fin de estabilizar el pH.

Fuente: Elaboración propia, basado en repositoriodechile.cl

2.2.1 Resumen de la normativa chilena

Desde sus inicios el hombre ha convivido con el medio ambiente, por lo que su interacción es histórica. Es por esto que, a medida que la población ha

aumentado, se ha ido acrecentando dicha interacción debido al intento del hombre de dominar la naturaleza (Urquizar, 2013). Lo anterior se refleja en el país, donde “existe una creciente explotación de los recursos y un fuerte desarrollo de industrias que generan residuos tanto sólidos como líquidos” (Castro, F. 2003). En este sentido, la Constitución Política de Chile en su artículo 19º número 8, asegura a todas las personas “vivir en un medio ambiente libre de contaminación, donde es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza”.

La sobreexplotación de los recursos y el robusto crecimiento de la industria en el país ha provocado que, en la interacción con el medio ambiente este se vea afectado, por lo que se impone la necesidad de regular y sancionar estas conductas. En este contexto, el 9 de marzo de 1994 se dictó la Ley 19.300 sobre Bases del Medio Ambiente, que tiene por objeto darle un contenido concreto a lo establecido en la Constitución, por lo que, en su artículo 1º señala “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia”. Bajo la premisa de la protección al medio ambiente, la Ley 19.300 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia establece un marco general de regulación, la cual obliga a las empresas a incorporar de forma efectiva la dimensión ambiental en la toma de decisiones.

Las políticas públicas son el “conjunto de acciones, procesos, interacciones e intercambios entre actores” (Jenkins, W. 1978). En este sentido, los instrumentos para la gestión ambiental son herramientas de políticas públicas que permiten contribuir a la protección del medio ambiente, como también a prevenir, atenuar o mejorar problemas ambientales, mediante regulaciones, incentivos o

mecanismos que motivan acciones o conductas de agentes. En la Ley 19.300 se regulan instrumentos de gestión ambiental, como educación e investigación; el sistema de evaluación ambiental; las normas de calidad ambiental y emisión; la preservación y conservación del patrimonio ambiental; los planes de manejo, prevención y descontaminación; y la participación ciudadana (SINIA, 2020).

En enero del año 2010 se promulgó y publicó la Ley 20.417, la cual realiza modificaciones a la Ley 19.300 y crea el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente. De esta forma, la creación de tres nuevas instituciones permite regular, gestionar y fiscalizar de mejor forma los aspectos ambientales. En este contexto, en el año 2012 se promulga el Decreto 40, que aprueba el Reglamento que establece las disposiciones por las cuales se rige el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la participación de la ciudadanía en los procesos de evaluación de impacto ambiental

2.2.2 Normas relacionadas con el manejo y descarga de RILES

Los residuos industriales pueden clasificarse de varias formas, según su composición física, densidad, humedad, composición química o valor calorífico, así como por criterios y principios muy variados, acordes con la tecnología disponible, susceptibilidad de tratamiento, legislación ambiental vigente y/o idiosincrasia del lugar. Desde el punto de vista de la gestión ambiental es útil clasificarlos de acuerdo a su peligrosidad, en función de su eventual impacto al medio ambiente y a la salud de las personas (Universidad para la Cooperación Internacional, s.f).

En Chile, una de las primeras leyes ambientales, fue la Ley 3.133, del año 1916, y su Reglamento sobre neutralización por depuración de RILES. Establece las

normas a que deben someterse los establecimientos industriales para neutralizar y descargar los residuos líquidos provenientes de su funcionamiento y que contengan sustancias nocivas a la bebida o al riego (Salinas, 2007).

Como una forma de diferenciar los procesos industriales que requieren tratamiento, la Superintendencia de Servicios Sanitarios elaboró, en 1997, el Reglamento 1172 donde se agrupan los procesos industriales en los códigos CIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme).

La forma en cómo debe llevarse a cabo el tratamiento de los residuos líquidos de la industria, está especificado en diversas normativas de emisión según el cuerpo receptor de este efluente, estableciendo límites máximos para cada elemento considerado como contaminante, tanto para la vida humana como para las especies acuáticas.

El agua utilizada para riego debe cumplir con una serie de requisitos que se encuentran establecidos en la NCh 1333.Of78. En esta normativa se establecen requisitos químicos como el pH comprendido entre 5,5 y 9,0; valores máximos permisibles de algunos elementos químicos (ver Tabla 2.5); razón de adsorción de sodio; conductividad específica y sólidos disueltos totales; y pesticidas. Además, se establecen requisitos bacteriológicos, como el contenido de coliformes fecales, el cual debe ser menor o igual a 1000 coliformes fecales/ 100 ml.

Tabla 2. 5: Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego

ELEMENTO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Berilio (Be)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,010
Cianuro (CN)	mg/l	0,20
Cloruro (Cl)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,050
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro (F)	mg/l	1,00
Hierro (Fe)	mg/l	5,00
Litio (Li)	mg/l	2,50
Litio (cítricos) (Li)	mg/l	0,075
Manganeso (Mn)	mg/l	0,20
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,010
Níquel (Ni)	mg/l	0,20
Plata (Ag)	mg/l	0,20
Plomo (Pb)	mg/l	5,00
Selenio (Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual (Na)	%	35,00

Sulfato (So4=)	mg/l	250,00
Vanadio (V)	mg/l	0,10
Zinc (Zn)	mg/l	2,00

Fuente: Elaboración propia, basado en información de la NCh 1.333. "Requisitos de calidad del agua para diferentes usos".

Puesto que la generación de RILES tratados puede superar la capacidad de riego diaria, estos efluentes deben ser dispuestos según lo que indican las normas de emisión. En este sentido, los RILES pueden ser descargados a sistemas de alcantarillado debiendo cumplir con los requisitos exigidos por el Decreto Supremo 609/78, según actividad económica de la empresa (Código CIU). Por otra parte, los RILES pueden ser descargados según lo establecido en el Decreto Supremo 90/01, que regula los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. En este caso, los límites máximos permitidos estarán dados por el cuerpo receptor al que se descargue. Finalmente, el Decreto Supremo 46/03 establece las concentraciones máximas para descargar RILES a través del suelo a aguas subterráneas. En el caso de aguas destinadas a riego, esta norma no será aplicable según lo estipulado en el artículo 2º de dicha norma, debiendo referirse a la NCh 1333/78.

2.2.3 Normativa para la instalación de una planta de tratamiento

En Chile, para la construcción e implementación de una planta de tratamiento de residuos líquidos se deben ejecutar y cumplir una serie de normativas que son presentadas a continuación:

- *Ley 19.300 del MINSEGPRES, "Bases generales del medio ambiente"*. Establece cómo se reglamenta un sistema que evalúa el impacto ambiental, estableciendo en el artículo N° 10 los proyectos o actividades

propensos a causar impacto ambiental en cualquiera de sus fases deben ser sometidos a una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), según lo defina el artículo 11º del mismo cuerpo legal. Estos documentos corresponden al cuerpo legal realizado por los titulares de los proyectos donde explican el por qué no producirán impactos ambientales significativos adoptando compromisos voluntarios o, en el caso de un EIA, se deben adoptar medidas obligatorias de mitigación, reparación o compensación la magnitud y daño que el proyecto provoque. Ambos documentos son elaborados con el fin de obtener una Resolución de Calificación Ambiental que les dará la autorización para el inicio de la construcción de dichos proyectos.

- *Decreto N° 40 del Ministerio del Medio Ambiente, “Reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental”*. Este reglamento establece las disposiciones por las cuales se rige el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental, estableciendo en su artículo 3º inciso o) los proyectos de saneamiento ambiental al conjunto de obras, servicios, técnicas, dispositivos o piezas que correspondan en este caso. En el mismo artículo, pero haciendo hincapié en el inciso o.7. se especifican “los sistemas de tratamiento y/o disposición de residuos industriales líquidos, que cumplan al menos alguna de las siguientes condiciones: que contemplen dentro de sus instalaciones lagunas de estabilización, que sus efluentes se usen para el riego, infiltración, aspersión y humectación de terrenos o caminos, que den servicio de tratamiento a residuos provenientes de terceros, o traten efluentes con una carga contaminante media diaria igual o superior al equivalente a las aguas servidas de una población de cien (100) personas, en uno o más de los parámetros señalados en la respectiva norma de descargas de residuos líquidos” (D.40 art.3, 2014).

- *D.S N° 594 del Ministerio de Salud Pública indica las “Condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo”.* Este decreto establece las normas sobre las condiciones básicas que deben tener los lugares de trabajo como, por ejemplo, la provisión de agua potable, disposición de residuos, exposición a diversos agentes contaminantes, con el fin de velar que en los establecimientos existan condiciones sanitarias y ambientales que resguarden la salud y el bienestar de las personas que estén desempeñando sus labores.
- *D.S. N° 144/61 del Ministerio de Salud Pública.* El decreto establece las normas para prevenir las emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza.

3. METODOLOGÍA

3.1 Metodología de Trabajo

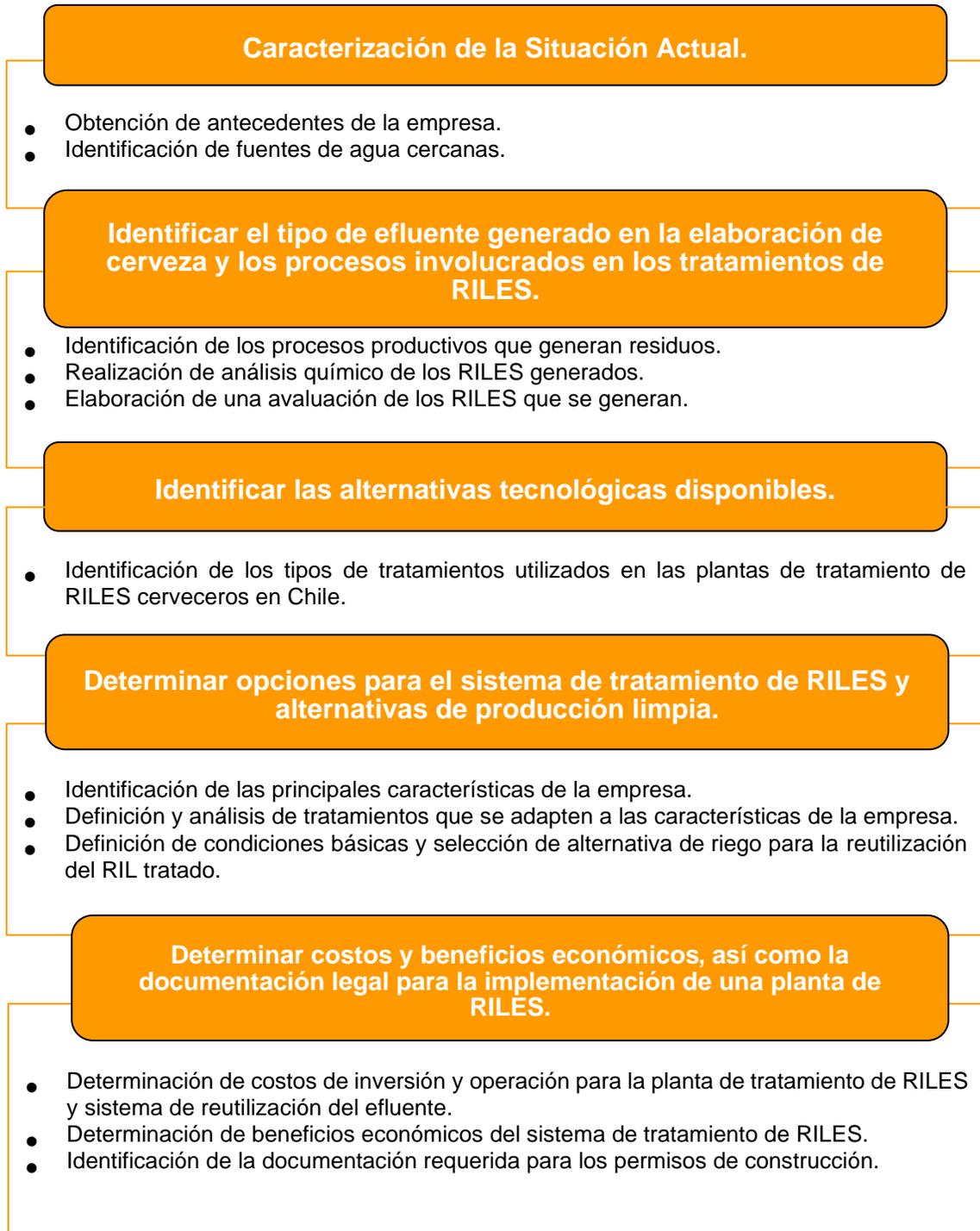
Se realizará un estudio de campo descriptivo en base a información precisa, coherente y ordenada, capaz de brindar fundamentos necesarios para determinar la viabilidad de la construcción de una planta de residuos líquidos cerveceros en un terreno agroindustrial.

La factibilidad técnico-económica corresponde al análisis financiero y social, utilizado en proyectos gubernamentales, obras públicas entre otros, con la finalidad de determinar si los beneficios de la inversión son justificados.

El presente trabajo considera como sector de estudio la planta de tratamiento de RILES en proceso de construcción de la cervecería Back House, ubicada en la comuna de Talagante.

Para ejecutar los procedimientos descritos en la Figura 3.1, será necesario contar con toda la documentación basada en análisis utilizados por la empresa y parámetros exigidos y dispuestos por la ley para la correcta implementación de una planta de tratamiento de residuos líquidos, evaluando la mejor alternativa ajustada a un presupuesto y parámetros de caudal determinado.

Figura 3. 1: Esquema metodológico



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Caracterización de la Situación Actual

3.2.1 Obtención de antecedentes de la empresa

Como parte de la metodología para establecer la situación actual, se realizará una revisión bibliográfica de forma general sobre procesos de producción de cerveza. Adicionalmente, se realizará una visita a las instalaciones de la cervecería Back House con la finalidad de recopilar documentos relevantes sobre el terreno en estudio.

Para conocer el emplazamiento del lugar, se considerará utilizar el software Google Earth, de forma de obtener imágenes satelitales de la zona. Además, a partir de las imágenes será posible obtener información de la situación actual del terreno y los predios colindantes. Lo anterior será profundizado con datos aportados por la cervecería.

A través del portal web de la municipalidad de Talagante, se obtendrá el plano regulador comunal, desde el cual se obtiene información referente a la clasificación de uso de suelo en la zona. Esta información será ampliada con datos obtenidos desde la empresa.

3.2.2 Identificación de fuentes de aguas cercanas

En relación con las fuentes de agua existentes en la zona. En primer lugar, se utilizará el visualizador de mapas de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del Ministerio del Medio Ambiente, desde donde se obtendrá un mapa de aguas continentales que destaca los cuerpos de agua, ríos y derechos de agua de la zona en estudio. Por otra parte, a través del sitio web “Sistema de Información Integral de Riego”, dependiente de la Comisión Nacional de Riego, se obtendrán

mapas base de la zona de Talagante, donde se destacarán los canales, bocatomas y plan de embalses.

Adicionalmente, se contará con el informe de mecánica de suelos del predio donde se ubica la empresa, a partir de este documento, se obtendrán datos relacionados a la estratigrafía del lugar.

3.3 Identificación del Tipo de Efluente Generado en la Elaboración de Cerveza y los Procesos Involucrados en los Tratamiento de RILES

3.3.1 Identificación de los procesos productivos que generan residuos

Para identificar el proceso productivo, se coordinará una visita guiada que tendrá por finalidad observar e interiorizarse de los conocimientos referentes a la producción cervecera que ocurre al interior de las instalaciones de la cervecería Back House.

Esta acción se realizará con la intención de reconocer los principales puntos del sistema en que se generan los residuos líquidos, el cual será desarrollado a partir de un diagrama donde se señalan los principales puntos de generación de residuos líquidos.

3.3.2 Realización de análisis químico de los RILES generados

Se considerará realizar una muestra del RIL unificado, vale decir, aquel obtenido posterior a la limpieza final de los tanques, lavados de cubas, lavado de equipos y suelo, los cuales desembocan en un punto en común dentro de la instalación.

Allí se efectuará el muestreo, con la finalidad de obtener un análisis de los parámetros considerados relevantes para el tratamiento.

Los parámetros a medir serán: DBO₅, sólidos suspendidos totales, pH, fósforo, nitrógeno total Kjeldahl y DQO. La DBO₅ y el nitrógeno corresponderán a los parámetros más relevantes para el estudio. La metodología del análisis se desarrollará de acuerdo a la NCh 1.333, según el detalle correspondiente a la Tabla N° 1 del mencionado documento.

Una vez realizado el muestreo físico-químico, éste será llevado al laboratorio Hidrolab, el cual cuenta con más de 20 años de experiencia en muestreo de RILES para ser analizado y determinar los parámetros reales que se caracterizan en la cervecería Back House.

3.3.3 Elaboración de una evaluación de los RILES que se generan

La evaluación de los RILES se hará a través de un análisis comparativo entre un muestreo del RIL cervecero, realizado por la empresa Kross el año 2005 en el laboratorio Carlos Latorre, y el muestreo realizado por la cervecería Back House. Identificando los principales parámetros a tratar en la planta de tratamiento de RILES para lograr un agua de riego que se adapte a las condiciones del terreno y la flora seleccionada.

3.4 Identificación de Alternativas Tecnológicas Disponibles

3.4.1 Identificación de los tipos de tratamientos utilizados en las plantas de tratamiento de RILES cerveceros en Chile

Para identificar los tipos de tratamiento de RILES que son utilizados por la industria cervecera nacional, se realizará una revisión bibliográfica del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en específico las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) de tres empresas, entre las que se encuentran, Cervecería Kunstmann en la región de Los Ríos, Cervecería AEC S.A. y Southern Brewing Company S.A. (Cervecería Kross), estas últimas ubicadas en la región Metropolitana.

La revisión bibliográfica aplicada, considerará la información relacionada con la planta de tratamiento de RILES que poseen las tres empresas, en especial, las características que poseen las unidades del sistema de tratamiento y los parámetros y eficiencias de diseño.

3.5 Determinación de Opciones para Sistema de Tratamiento de RILES y Alternativas de Producción Limpia

3.5.1 Identificación de principales características de la empresa

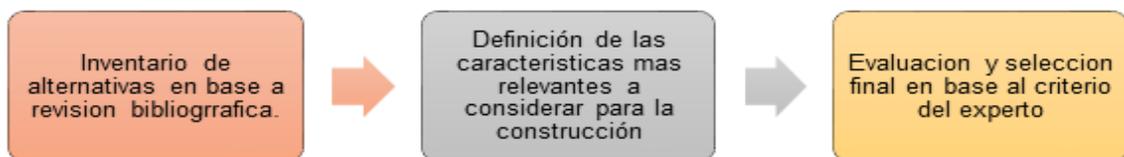
En la identificación de las características de la empresa, se emplea un método cualitativo para realizar la recolección de datos que caracterizan a la cervecería Back House. Esto se realizará mediante una entrevista con el profesional encargado en redes y marketing, para conocer la forma de trabajo, equipo de especialistas, proyecciones e intenciones en cuidados de materia ambiental

como cervecería eco-amigable. Lo anterior se complementará con documentos administrativos aportados por la empresa, como lo son los estatutos de la empresa, plan de negocios, política- técnica y ambiental, los planes de emergencias y contingencias, entre otros documentos aportados.

3.5.2 Definición y análisis de tratamientos que se adapten a las características de la empresa

El análisis de las alternativas tecnológicas más convenientes para implementar en la planta de tratamiento de RILES se realizará en tres etapas consecutivas, las que se observan en la Figura 3.2.

Figura 3. 2: Etapas seguidas para la elección de un tratamiento más conveniente a implementar



Fuente: Elaboración propia.

En base a la revisión bibliográfica, realizada para el punto 3.3.1, en donde se describen las distintas tecnologías utilizadas por las cerveceras chilenas, se realizará un análisis determinando su principio de operación y desempeño.

Posteriormente, se definirán los siguientes criterios para comparar las alternativas encontradas:

- Factibilidad técnica de su aplicación para el caso en estudio.
- Generación de lodos inestables.
- Frecuencia de uso en la aplicación industrial.
- Costos de inversión.

Una vez recogida la información, se considerará el criterio entregado en la segunda edición del libro Ingeniería Ambiental escrito por J. Glynn Henry y Gary W. Heinke, para la selección del tratamiento adecuado y compatible con las condiciones actuales de la planta productiva.

Complementariamente, la factibilidad técnica será evaluada en base a las competencias en materia de experiencia, conocimientos, habilidades y herramientas con las que cuenta el equipo de trabajo de Back House. Para esto se elaborará una lista de elementos tangibles con los que cuenta la empresa para la construcción de la planta.

3.5.3 Definición de condiciones básicas y selección de alternativa de riego para la reutilización del efluente tratado

Para definir una alternativa de riego que sea adecuada para el volumen de efluente que será tratado en la planta de RILES, se deberá considerar, en primer lugar, el tipo de suelo y las características físico-químicas del RIL tratado.

Por otra parte, se utilizará la guía “Condiciones Básicas para la Aplicación de RILES de Agroindustrias en Riego” del Servicio Agrícola y Ganadero SAG,

Ministerio de Agricultura. Este documento se centra en generar lineamientos para aquellos elementos contaminantes no considerados por la NCh 1.333, de forma que se asegure que no existe riesgo de contaminación del medio ambiente, mediante la aplicación de prácticas controladas de riego y restricción de cultivos.

Considerando que la normativa aplicable en riego es la NCh 1.333, la cual establece los valores de calidad de agua para uso en riego, se deberá tener en cuenta que la anterior norma se complementa con la guía para la aplicación de RILES agroindustriales en regadío, en la cual se establecen límites máximos permitidos en los parámetros contaminantes, como se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3. 1: Límites máximos permisibles

Parámetros	DBO ₅	NTK	SST	pH
Valor máximo recomendado (mg/L)	600	30	80	6,0-9,0

Fuente: Guía “Condiciones básicas para aplicación de efluentes de agroindustrias en riego” (ATM Ingeniería, 2004).

Según lo establecido en la guía “Condiciones básicas para aplicación de efluentes de agroindustrias en riego” y lo establecido en normativas internacionales (“Land Treatment of Municipal Wastewater Effluents” y “Wastewater Treatment and Reuse by Land Application, publicados por la EPA), se recomienda como carga aceptable de sustancias orgánicas biodegradables, la aplicación máxima al suelo de un valor de 112 Kg. de DBO₅/ha*día.

En la determinación del área de riego mínima aproximada para amortiguar los efectos de la carga orgánica, se deberá considerar, en primer lugar, la carga orgánica máxima diaria a regar, esto es:

Carga máxima diaria (DBO₅) = Caudal (m³/día) * Valor máximo (mg/L)

Carga máxima diaria (DBO₅) = [] (m³*mg/día*L)

Carga máxima diaria (DBO₅) = [] Kg/día

Una vez que se obtiene la carga máxima diaria de DBO₅, se puede calcular la superficie necesaria para disponer las cantidades generadas.

Superficie riego = Carga máxima diaria (Kg/día) / Valor referencia (Kg/ha*día)

Superficie riego = [] (Kg*ha*día)/(Kg*día)

Superficie riego = [] ha

Superficie riego = [] m²

3.5.3.1 Demanda Hídrica

Para determinar la demanda hídrica, en primer lugar, se deberá definir el tipo de cultivo que se regará, selección que dependerá de tres parámetros: clima, suelo y las características físico-químicas del RIL tratado.

3.5.3.1.1 Evapotranspiración de cultivo ET_c

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ET_c, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier organismo vegetal (de tipo arbóreo, arbustivo o herbáceo) que tiene la capacidad de absorber el agua existente en la zona, y se determina como:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/mes)

ET_o = Evapotranspiración potencial (mm/mes)

K_c = Coeficiente de cultivo

Los datos correspondientes a la evapotranspiración potencial o de referencia ET_o mensual para la comuna de Talagante, serán obtenidos a partir del documento “Evapotranspiración de Referencia para la Determinación de las demandas de riego en Chile” de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Por otra parte, los datos correspondientes al coeficiente de cultivo K_c , serán obtenidos desde la guía “Condiciones Básicas para la Aplicación de RILes Agroindustrias en Riego” del SAG. Una vez se cuente con los datos, se realizará el cálculo de la evapotranspiración del cultivo seleccionado y se completará la Tabla 3.2.

Tabla 3. 2: Evapotranspiración del cultivo seleccionado

MESES	Kc	ETo (mm)	ETc (mm)
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3.1.2 Demanda hídrica neta

La demanda hídrica neta (DHN) depende del cultivo establecido, correspondiendo a la diferencia entre la evapotranspiración de cultivo (ETc) y el aporte de la precipitación, particularmente, de la precipitación efectiva (Pef), es decir

$$DHN = ETc - Pef$$

La precipitación efectiva corresponde a la fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Para su cálculo se deben emplear diversos criterios, entre ellos la fórmula propuesta por Blaney y Criddle, modificada por Merlet

Santibáñez, que determinan un criterio de estimación particular para el cálculo de precipitación efectiva.

$$Y \text{ ó } P_{ef} = -0,0022 * X^2 + 1,0903 * X$$

Donde:

Y = Precipitación efectiva (mm)

X = Precipitación media mensual (mm)

3.5.3.1.3 Método de regadío

Para la selección del método de riego, se deberán considerar las características de riego de la plantación seleccionada. De esta forma se podrá conocer el nivel de eficiencia de diseño que posee el método más óptimo, tal como se muestra en la Tabla 3.3

Tabla 3. 3: Eficiencia de diseño (%) de diferentes métodos de riego

MÉTODOS SUPERFICIALES	EFICIENCIA DE DISEÑO (%)	MÉTODOS PRESURIZADOS	EFICIENCIA DE DISEÑO (%)
Tendido	35-40	Aspersión	65-75
Bordes	45-60	Pivote central	70-80
Platabandas	40-55	Microaspersión	65-75
Surcos	40-55	Microjet	60-70
Tazas	60-70	Goteo	95-98

Fuente: Guía “Condiciones Básicas para la Aplicación de RILes Vitivinícolas en Riego”.

3.5.3.1.4 Demanda hídrica bruta o tasa de riego (TR)

La demanda hídrica bruta o tasa de riego (TR), tiene relación con el volumen de agua que es preciso aplicar a una superficie unitaria (1 ha) de cultivo, para satisfacer su demanda hídrica neta. El volumen final de agua que será aplicado, depende de la eficiencia de aplicación de riego, la cual se define según el método más apropiado para abarcar de la mejor manera la zona de cultivo, esto es.

$$\text{DHB o TR} = \text{DHN} / \text{Ef. Riego}$$

Donde:

DHB o TR = Demanda hídrica bruta o tasa de riego (m³/ha/mes)

DHN = Demanda hídrica neta (m³/ha/mes)

Ef. Riego = Eficiencia de aplicación de riego (%)

3.5.3.2 Oferta Hídrica Disponible para Riego

Corresponde al volumen de RILES generados durante el proceso productivo y que han sido sometidos a la aplicación de tratamientos, para abatir sus contaminantes y ser disipados posteriormente vía riego. Además, el eventual aporte de las precipitaciones y la recirculación de las aguas de escurrimiento.

Los datos de oferta hídrica (OH), correspondientes a un periodo de 12 meses, serán proporcionados por la cervecería Back House de tal forma que, al contar con estos datos se pueda obtener la superficie de riego mínima (S) necesaria para las especies que se espera plantar. Se determinará como:

$$\text{OH} = \text{DHB} * \text{S}$$

Donde:

OH = Oferta hídrica (m³/año)

DHB = Demanda hídrica bruta (m³/ha/año)

S = Superficie de riego (ha)

3.5.3.3 Superficie de Riego Mínima

La superficie de riego depende de la oferta hídrica y la demanda hídrica bruta. Se debe considerar que esta superficie es neta, ya que la superficie bruta o total incluye áreas no cultivables, y se determina como:

$$S = OH / DHB$$

Donde:

S = Superficie de riego mínima

OH = Oferta hídrica

DHB = Demanda hídrica bruta

El objetivo de realizar el balance hídrico, es poder determinar la superficie mínima requerida para descargar el volumen de efluente de la planta de tratamiento de RILES. El resultado del balance hídrico se presentará en una tabla, donde se agregará la cantidad de ejemplares que serán plantados y la superficie de esparcimiento que se dispondrá para alcanzar la superficie mínima para riego.

3.6 Determinación de Costos y Beneficios Económicos, así como la Documentación Legal para la Implementación de una Planta de RILES

3.6.1 Determinación de costos de inversión y operación para la planta de tratamiento de RILES y sistema de reutilización del efluente

Los costos de inversión para la construcción de la planta de tratamiento de RILES estarán dados por la capacidad requerida y el sistema seleccionado.

Para determinar los costos de realización del proyecto, en específico, la construcción de la planta, se considerará evaluar diversos presupuestos de empresas especializadas en la construcción de estas obras. Tales documentos deben alcanzar y considerar la ingeniería de procesos, que se compone de memoria de cálculo del sistema, manual de operación y mantenimiento, catálogo de equipos y planos layout general. Además, deberá considerar la ingeniería eléctrica, en específico el plano diagrama unilateral y el diagrama de control.

Por otra parte, se solicitarán presupuestos a empresas especializadas para el suministro e instalación del sistema de riego, según el método de regadío seleccionado.

Finalmente, se aplicará un cuadro comparativo entre las diferentes propuestas con el propósito de seleccionar la alternativa más rentable para la empresa. La elección se basará en criterios económicos en base a un método de regadío en específico.

La empresa Back House Brewery proporcionará la documentación relevante en materia de costos de operación para su planta de tratamiento de RILES, lo que permitirá realizar una tabla que contemple los costos fijos y variables del sistema.

3.6.2 Determinación de beneficios económicos del sistema de tratamiento de RILES

Para llevar a cabo la determinación del beneficio, se deberán identificar los organismos fiscalizadores que posean competencias para iniciar procesos sancionatorios, identificando el tipo y niveles de falta a las que se somete la empresa al no dar cumplimiento a lo estipulado por la legislación chilena.

El beneficio económico que genera el proyecto, estará dado por diversos factores económicos. En primer lugar, el ahorro de multas derivadas de procesos sancionatorios iniciados por parte de los organismos fiscalizadores que poseen competencia en la materia. Por otro lado, el ahorro generado al evitar sanciones que implican la paralización de la producción y días perdidos que conllevan pérdidas económicas.

3.6.3 Identificar la documentación requerida para la etapa de construcción y el proceso de operación

En primer lugar, para documentar la información requerida en la etapa de construcción de la planta de tratamiento de RILES, se identificará a los organismos que poseen competencia sobre este tema y los documentos que la empresa debe presentar para dar inicio o regularizar la obra.

Por otra parte, se identificarán los cuerpos legales relativos a la operación de la planta, entre los que se destaca el componente ambiental aire, componente suelo y residuos sólidos, residuos líquidos y normativa relativa al ambiente laboral.

Finalmente, como una forma de visualizar de mejor manera la información requerida, se desarrollará la Tabla 3.4, en la cual se presentan los datos agrupados en fase de construcción y operación, detallando el tipo de normativa y el organismo al que pertenece, además, el contexto en el que se justifica su incorporación y la forma de cumplimiento definida.

Tabla 3. 4: Consideraciones legales

	CUERPO LEGAL	MATERIA	RELACIÓN CON EL PROYECTO	FORMA DE CUMPLIMIENTO
C O N S T R U C C I Ó N				
O P E R A C I Ó N				

Fuente: Elaboración Propia.

4. RESULTADOS

4.1 Situación Actual

4.1.1 Antecedentes de la empresa

Back House Brewery nace en el año 2017 como un hobby para los primos Cataldo Escobar, quienes comenzaron a experimentar sus primeras preparaciones en el galpón detrás de su casa a baja escala, lo que inició como un pensamiento, se transformó en una pasión al ver el buen recibimiento que tenían sus cervezas en el mercado artesanal de los sectores aledaños.

Al paso de tres años, comenzaron las planificaciones para la construcción de la planta productiva que les permitirá cocinar a mayor escala ampliando su nivel de producción y almacenaje para entrar en la competencia con cervecerías artesanales de mayor tamaño y reconocimiento (Infante, 2017).

La cervecería se localiza en Talagante, comuna que se ubica en el centro-poniente de la Región Metropolitana, específicamente, en la ruta G-40, calle Jaime Guzmán, Lote B4 (ver Figura 4.1). Geográficamente, el terreno se ubica en la zona huso 19, bajo las coordenadas 321006,94 m E, 6269549,48 m S.

Figura 4. 1: Ubicación geográfica de Cervecería Back House



Fuente: Elaboración propia.

El lote B4 es una propiedad con destino agrícola, ubicada en una zona rural. En dirección al norte colinda directamente con un canal de riego, en el cual habitan una cantidad considerable de patos silvestres. Por el sur limita con el camino San Rafael, mientras que por el este y oeste con propiedades privadas (ver Figura 4.2). El terreno posee una superficie de 5.072,58 m², correspondiendo a un sitio plano, cubierto en su gran mayoría por relleno, lo que devalúa la fertilidad de la que lo compone, en el que actualmente solo se encuentra construida la planta productiva y los cimientos de la planta de tratamiento de RILES.

Figura 4. 2: Cervecería Back House



Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Fuentes de aguas cercanas

A partir de la utilización del visualizador de mapas de la Infraestructura de Datos Espaciales del Ministerio del Medio Ambiente, se obtuvieron imágenes satelitales que permitieron identificar los cuerpos de agua superficiales presentes en la comuna de Talagante, donde se destacaron los cuerpos de agua, ríos, derechos de agua y zonas de vigilancia (ver Figura 4.3). De esta manera se consiguió identificar dos cuerpos de agua principales, el río Mapocho por el poniente y el río Maipo por el sur de la comuna.

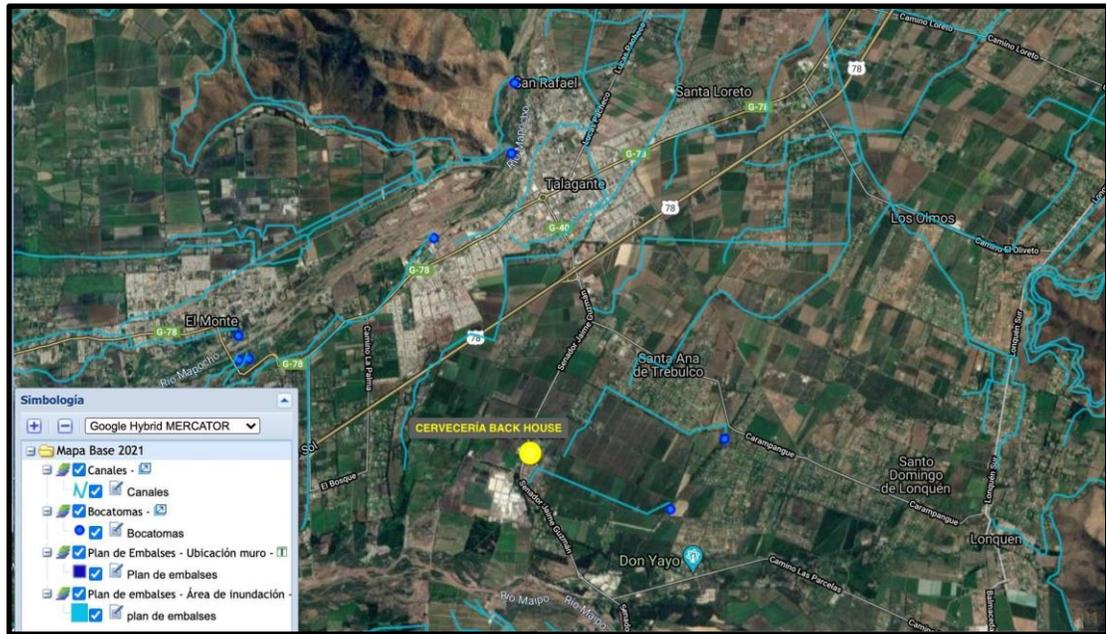
Figura 4. 3: Cuerpos de agua presentes en la comuna de Talagante



Fuente: Elaboración propia.

Dada la presencia de los ríos que pasan por la comuna de Talagante, y la confluencia de estos en el límite sur poniente de la comuna, es que la comuna cuenta con diversas bocatomas y canales de regadío, los cuales se identificaron a partir de la utilización del Sistema de Información Integral de Riego (ver Figura 4.4). De esta manera, se logró identificar 9 bocatomas, los cuales se encargan de abastecer los canales de regadío que se distribuyen por diversos sectores de la comuna. Además, se visualizó que no existen planes de embalses para la zona en estudio.

Figura 4. 4: Bocatomas y canales de regadío, comuna de Talagante



Fuente: Elaboración propia.

En el mapa base de bocatomas y canales de regadío correspondiente al año 2021 (Figura 4.4) se pueden observar dos canales cercanos a la cervecería, pero no es posible apreciar el canal Limonada (ver Figura 4.5), el cual proviene del estero El Vergel y limita por el norte con el terreno de la empresa.

Figura 4. 5: Canal Limonada



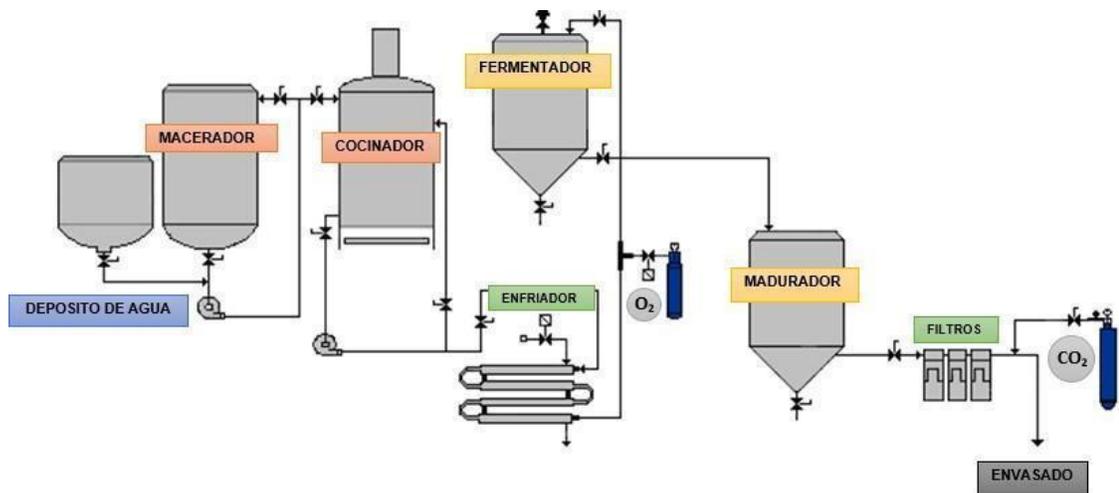
Fuente: Elaboración propia.

4.2 Tipo de Efluente Generado en la Elaboración de Cerveza y Procesos Involucrados en el Tratamiento de RILES

4.2.1 Procesos productivos que generan residuos

En la Figura 4.6 se puede apreciar el proceso productivo general, observado en la visita técnica efectuada a la planta productiva de Back House, el cual será descrito a continuación.

Figura 4. 6: Proceso productivo de la Cervecería Back House



Fuente: Elaboración propia

Para identificar los puntos donde son generados los residuos se identificó el proceso productivo a cabalidad. Para este caso se detalla el procedimiento para la creación de una cerveza Kölsch la cual tiene características de cuerpo ligero, suave y fresca de alta tomabilidad, donde la primera fase corresponde a la captación y preparación del agua (ver Figura 4.7).

Figura 4. 7: Fase de captación de agua

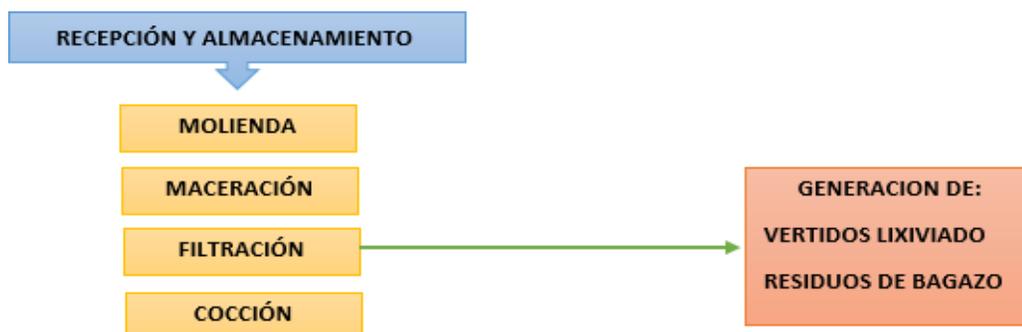


Fuente: Elaboración propia.

El agua es captada a través de bombas desde un pozo profundo, donde pasa por un proceso de cloración para ser llevada al tanque de tratamiento denominado tanque de agua cruda. Posterior a ello pasa por un filtro de sólidos suspendidos, ablandadores de calcio y magnesio, un filtro de carbón activado para la remoción del cloruro. Luego es llevado a la bomba de alta presión de ósmosis inversa, con la finalidad de eliminar todos los iones presentes en el agua donde, finalmente, es llevado al segundo tanque denominado “Tanque de agua tratada”, y desde ahí será bombeado hasta la zona productiva.

En la Figura 4.8 se puede observar la fase de preparación inicial, la cual va desde la recepción de la materia hasta la cocción del mosto.

Figura 4. 8: Primera fase - Preparación inicial



Fuente: Elaboración propia.

El agua es bombeada hasta el tanque HLT, denominado “Tanque de agua caliente”. Mediante un quemador de gas se eleva la temperatura del líquido entre los 75°C y los 77°C, esto dependerá directamente del tipo de cerveza que se quiera preparar ya que, al arrojar la malta existe una caída de temperatura, por consiguiente, se debe tener en cuenta que, a mayor temperatura se obtienen cervezas de mayor cuerpo y densidad, mientras que a menor temperatura se conseguirá una cerveza más ligera y suave. Una vez que el agua alcanza la temperatura ideal, será dirigida al macerador.

En paralelo, los sacos de maltas son depositados en el molino para la molturación del grano, donde un tornillo de Arquímedes (Figura 4.9), gracias a su rotación, hace que el líquido ascienda por la superficie helicoidal que lo rodea, para ser depositado en el macerador. Es allí donde se extrae el azúcar fermentable y no fermentable, proceso que tarda de una a dos horas, dependiendo del estilo de la cerveza que se esté produciendo.

Figura 4. 9: Tornillo de Arquímedes



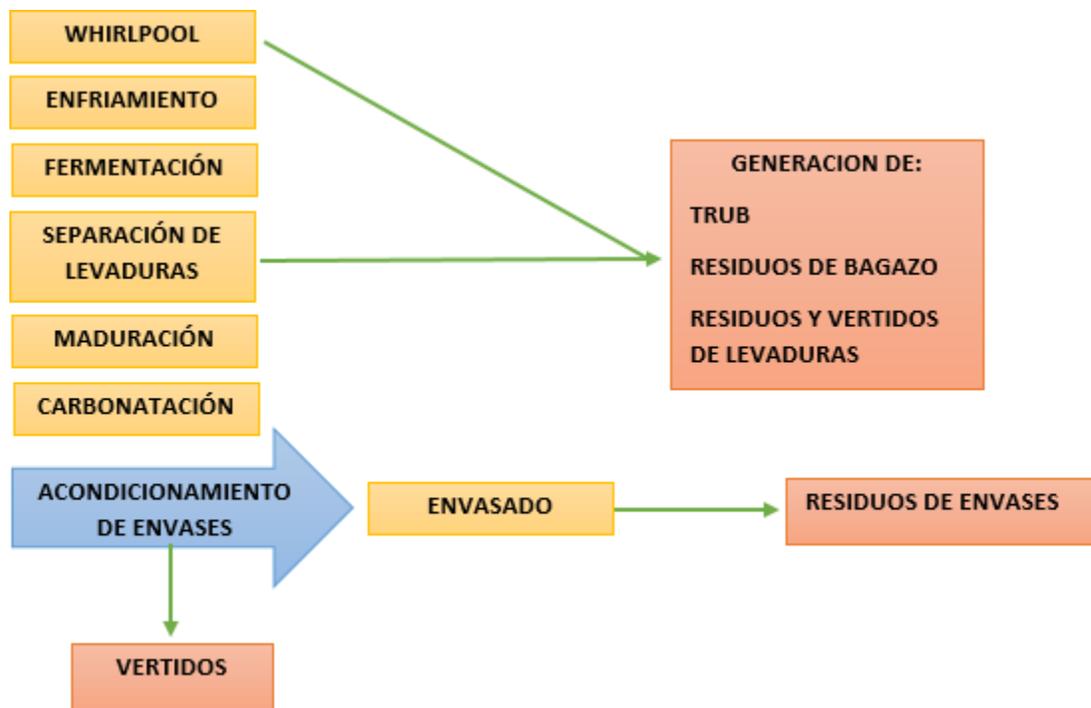
Fuente: Elaboración propia.

Posterior a ello, se realiza la extracción del mosto, mediante el tanque macerador, que en la parte inferior cuenta con una cama filtrante, para mantener el grano

hidratado y ser transportado al tanque de cocción. Conjuntamente a esta acción, se realiza un proceso denominado lavado de grano, el cual consiste en aumentar la temperatura alrededor de los 80°C, para la remoción final de la azúcar sobrante en las cáscaras de los granos. Dispuesto el líquido en el tanque de cocción, la temperatura se va elevando hasta alcanzar el punto de ebullición, parte de la cocción donde se agregan los lúpulos acordes a la receta, para otorgarle propiedades de aroma, sabor y amargor.

La preparación final descrita en la Figura 4.10 está compuesta a partir del whirlpool hasta el acondicionamiento de envases, para el trasvase de la cerveza producida.

Figura 4. 10: Tercera fase - Preparación final



Fuente: Elaboración propia.

En alrededor de una hora o dos, dependiendo de la receta y las maltas utilizadas, es terminado el proceso de cocción para dar comienzo al whirlpool, denominación de la técnica de limpieza y clarificación del mosto ya hervido el cual consiste, básicamente, en una agitación mecánica durante un determinado periodo de tiempo de modo que, en el centro del tanque se concentre todo el trub, gracias a la fuerza centrípeta del remolino, creando un cono en donde el sólido suspendido es concentrado al centro del tanque con la finalidad de filtrar y no llevar exceso de materia orgánica a la fermentación.

Antes de pasar al tanque de fermentación, en el tanque de cocción, identificado en la Figura 4.11, el cual cuenta con un pequeño filtro, retiene los sólidos que, principalmente, son restos de lúpulos desintegrados por la cocción. De esta forma, el producto es llevado al enfriador de placas, el cual permite pasar de altas temperaturas a bajas temperaturas en un periodo muy corto de tiempo donde, a su vez, aporta oxigenación al mosto, es decir, llevarlo a una saturación de entre 9 y 12 partes por millón de oxígeno disuelto para que la levadura, al momento de inocular la fermentación, pueda reproducirse en las condiciones más óptimas.

Figura 4. 11: Tanques de cocción

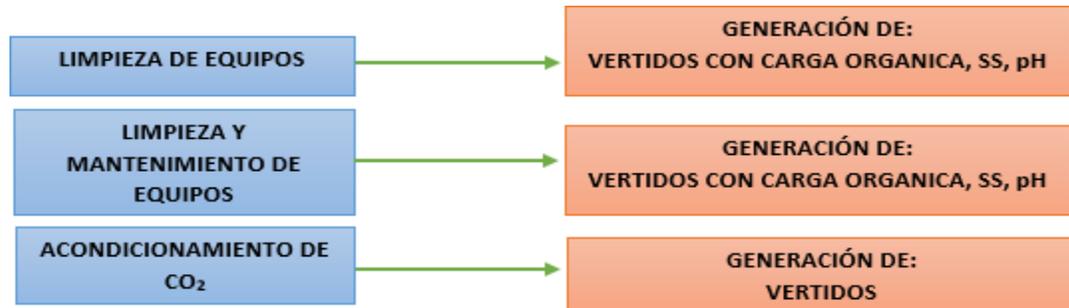


Fuente: Elaboración propia.

Una vez enfriado y oxigenado el mosto, pasa a la zona de fermentadores donde, con la ayuda de preparadores, la levadura es inoculada acorde a lo que busque el maestro cervecero bajo condiciones de higiene absoluta para, posteriormente, ser impulsada con CO_2 para el ingreso al fermentador. Pasada 12 a 24 horas se da inicio oficialmente a la fermentación, la cual inicialmente tiene un proceso de 7 a 10 días, para continuar con la fermentación secundaria, donde es elevada la temperatura para eliminar los subproductos generados por la misma levadura, provocando un barrido de acetilo para eliminar el sabor mantecoso, agrio, metálico y con olor a huevo generado por la oxidación del alcohol. Este proceso tiene una duración de dos semanas, para dar inicio a la fase de maduración, en donde la temperatura desciende a 0°C , con la finalidad de lograr la estabilización del producto donde son liberados los sabores y el cuerpo del producto. Mientras ocurre la maduración, acorde a las características de la receta cervecera, se le agrega CO_2 a la preparación en una determinada presión, lo cual se traduce a volúmenes de CO_2 disueltos en el líquido. Finalmente, después de uno o dos meses, dependiendo de la complejidad de la cerveza y obteniendo una buena carbonatación, se está en condiciones de embarrilar, embotellar y enlatar.

La última fase describe la limpieza de equipos, esta etapa corresponde a la mayor generación de RILES en todo el proceso productivo, ya que es la operación que utiliza mayor cantidad de agua (ver Figura 4.12).

Figura 4. 12: Cuarta Fase - Limpieza de equipos



Fuente: Elaboración propia.

Para iniciar la limpieza, es necesario realizar la conexión de la bomba portable centrífuga sanitaria, encargada de facilitar la limpieza de los estanques, trasiegos y recirculadores de cerveza, con una capacidad de caudal de 3 m³/hr. Posterior a esto, se conecta una hidrolavadora con la que se realiza el proceso completo. En primer lugar, se vacía el tanque que se desea limpiar para sacar todo el trub atrapado en los filtros, donde se observan restos de lúpulos y levaduras. Al inicio solo se limpia el tanque con agua fría por dentro y por fuera, hasta eliminar y vaciar de las mangueras el residuo sólido. Posterior a ello, se repasan las zonas con esponja metálica y más agua, pero esta vez con mangueras de agua suave, mientras se desarman y desinfectan las piezas pequeñas para ser arrojadas a un balde con detergente alcalino.

Mientras se realiza la limpieza, el piso de la zona productiva se está limpiando constantemente, para dirigir toda el agua hacia las canaletas y, posteriormente, a la zona de acopio del RIL unificado. En la segunda etapa se realiza el mismo procedimiento, pero esta vez con agua caliente a una temperatura sobre los 45°C, mientras se prepara la solución para el lavado principal.

El detergente seleccionado para la limpieza, en una sola aplicación reemplaza al detergente alcalino, neutralizante y desinfectante ácido, generando un ahorro de

energía y agua con menor carga iónica y alta biodegradabilidad. Para la solución se mezcla 2,5 gramos del detergente, disueltos en 50 litros de agua caliente, el cual debe revolverse durante 15 minutos, para ser depositado en el tanque de limpieza y reposar ahí por 25 minutos.

Posterior a eso, se arman las piezas pequeñas, se repasa la puerta del tanque con esponja, se vacía el detergente para repasar nuevamente con la hidrolavadora y agua caliente, dando por concluida la limpieza del tanque. Finalmente, se limpian los pisos dirigiendo el agua hacia las canaletas.

4.2.2 Características químicas de los RILES generados

En la Tabla 4.1 se presenta un resumen de los valores de volumen del efluente generado en la planta productiva.

Tabla 4. 1: Caudal del RIL

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Volumen de RIL Crudo	m ³ /d	1,5
Caudal medio RIL generado	Lts/h	187,5
Caudal medio RIL generado	Lts/min	3,125

Fuente: Elaboración propia.

El muestreo realizado en el laboratorio arrojó los resultados descritos en la Tabla 4.2 y que se muestran de igual forma en el Anexo 2, los cuales son comparados con la NCh 1.333 y la “Guía sobre condiciones básicas para aplicación de efluentes de agroindustrias en riego”.

Tabla 4. 2: Resultados del muestreo de RIL

PARÁMETRO	UNIDAD	MÁX RECOMENDADO	VALOR BACK HOUSE
DBO ₅	mg/lt	600	12.465
DQO	Kg/día	100	18,7
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/lt	80	1.008
Fósforo	mg/lt	15	47,7
Sólidos suspendidos	mg/lt	80	4.580
pH	unidad	6.0 a 9.0	4,91
Temperatura	°C	35	28,4

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Evaluación de los RILES que se generan

Los parámetros de mayor concentración, en ambos muestreos, corresponden a la DBO₅ y la DQO, ambas perjudiciales para el terreno receptor. Es por esta razón que, el tratamiento debe estar enfocado en eliminar estos parámetros, además del fósforo y nitrógeno, que afectan directamente a la flora que se quiera plantar en el sector destinado al riego.

Para evaluar la concentración de los contaminantes generados por la Cervecería Back House, se realizó una comparación con los valores que presenta la Cervecería Kross, los cuales se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4. 3: Comparación de concentraciones

CERVECERÍA KROSS	PARÁMETROS	CERVECERÍA BACK HOUSE
20,031 mg/lit	DBO ₅	12,465 mg/lit
700 mg/lit	SSP	4580,0 mg/lit
5,9 U	pH	4,91
15 mg/lit	Fósforo	47,7 mg/lit
1,680 mg/lit	N. Kjeldahl	1.008 mg/lit
3,532 mg/lit	DQO	1.803 mg/lit
20° C	Temperatura	28,4°C

Fuente: Elaboración propia, parámetros acordes al análisis realizado por los laboratorios.

4.3 Alternativas Tecnológicas Disponibles

4.3.1 Tratamientos utilizados en plantas de tratamiento de RILES cerveceros en Chile

La identificación de los tratamientos, utilizados por empresas cerveceras nacionales, se realizó a partir de una revisión del sitio web del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. En este, se seleccionaron proyectos relacionados al tratamiento de RILES, aprobados por el Servicio de Evaluación Ambiental y que cuentan con Resolución de Calificación Ambiental (RCA). Bajo estos filtros se recopiló información del sistema utilizado por la empresa Kunstmann, Kross y AEC, los cuales se detallan individualmente a continuación.

4.3.1.1 Cervecería Kunstmann, Región de los Ríos

La Compañía Cervecera Kunstmann S.A, se encuentra ubicada en la ciudad de Valdivia. Al año 2013, la empresa tenía una producción del orden de 100.000 HL/año, el cual debería alcanzar valores cercanos a los 200.000 HL/año, en el año 2022.

El sistema de tratamiento de RILES de la compañía (Figura 4.13), está diseñado para tratar 25 m³/hr. Comienza con la conducción del RIL crudo al pozo de impulsión, donde es filtrado con mallas (10 mm y 1 mm). Proceso que es llamado criba. A continuación, el RIL es impulsado hacia el estanque de ecualización, con capacidad útil de 203 m³, lugar en que se regula el caudal para que las operaciones se realicen a caudal constante. En caso de ser necesario, en este punto se puede corregir el pH, mediante la utilización de soda cáustica y ácido, los cuales son almacenados en estanques de 1 m³ cada uno y son adicionados mediante una bomba dosificadora.

Posteriormente, el RIL resultante del ecualizador es impulsado mediante una bomba hacia el estanque anaeróbico (volumen útil 429 m³), punto en el que se genera la separación de aguas residuales, biogás y los lodos. El agua residual resultante pasa por un clarificador, que permite obtener una buena mezcla y velocidad de flujo ascendente, para ser conducido hacia el tratamiento aeróbico.

El tratamiento aeróbico consiste en un proceso cíclico que conlleva de 4 fases: alimentación con aguas del reactor anaeróbico, aireación, sedimentación y descarga. Este tratamiento se realiza mediante dos reactores de lodos activados (volumen útil 595 m³ cada uno), que permite absorber los restos de materia orgánica y generar biomasa, además, se convierte el nitrógeno a nitrato y posteriormente a gas N₂, el cual es tratado posteriormente en el sistema de

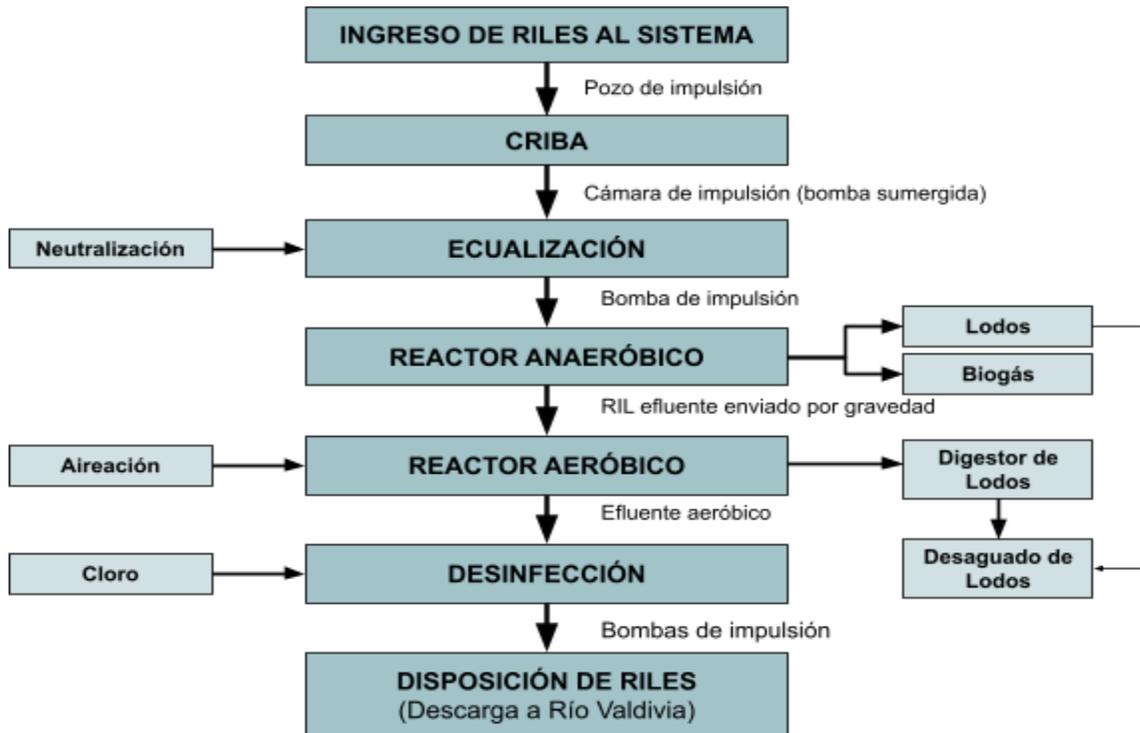
tratamiento de olores. En este proceso también se aplica cloruro férrico $FeCl_3$ para la eliminación de fosfatos.

Por otra parte, el lodo generado en los reactores aeróbicos, es bombeado hasta un digestor aeróbico (156 m^3 de volumen útil), donde se mantiene en suspensión antes de la unidad de deshidratación. Se aplica un tiempo de residencia hidráulica de 3 días (digestión endógena aeróbica), con el fin de obtener un producto biológicamente estable, libre de malos olores y de gran potencial mejorador de suelos. El lodo resultante pasa a través de un sistema de desaguado de lodos, que consiste en una unidad de deshidratación compuesta por una centrífuga con mesa de desagüe integrado, punto en que también se adiciona un polímero que mejora la floculación y la deshidratación. El líquido resultante es reconducido hacia el tratamiento aeróbico, mientras que los lodos purgados son acumulados temporalmente en estanques hasta su retiro, semanalmente.

Finalmente, el efluente proveniente del tratamiento aeróbico es tratado con cloro ($NaOCl$), en un canal de hormigón subdividido. El tiempo de residencia en este proceso es de 30 minutos, con el fin de asegurar el cumplimiento en la concentración de descarga de coliformes fecales.

Por último, tras la identificación de los procesos que componen el sistema de tratamiento, se identifican los valores de reducción en la concentración de diversos contaminantes, los cuales se muestran en la Tabla 4.4, donde se señala adicionalmente los porcentajes de eficiencia.

**Figura 4. 13: Diagrama de flujo, sistema de tratamiento de RILES
Cervecería Kunstmann**



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 4: Reducción de concentraciones de contaminantes - Eficiencia de los procesos

ETAPA DE TRATAMIENTO		Ingreso RIL	Criba	Reactor Anaeróbico	Reactor Aeróbico	Desinfección	Salida RIL
Caudal	(m ³ /h)	25	25	25	25	25	25
DBO ₅	(mg/L)	3.200	3.168	507	35	35	35
Eficiencia	%	-	1%	84%	93%	0%	98,9%
Nitrógeno	(mg/L)	90	90	60	15	15	15
Eficiencia	%	-	0%	33%	75%	0%	83,3%
Fósforo	(mg/L)	30	30	7	5	5	5
Eficiencia	%	-	0%	77%	29%	0%	83,3%
Aceites y Grasas	(mg/L)	20	17	17	1	0	0
Eficiencia	%	-	15%	0%	94%	100%	100%
Coliformes fecales	(mg/L)	3.000	3.000	3.000	3.000	90	90
Eficiencia	%	-	0%	0%	0%	97%	97%

Fuente: Elaboración propia.

Datos: Declaración de Impacto Ambiental, Cervecería Kunstmann

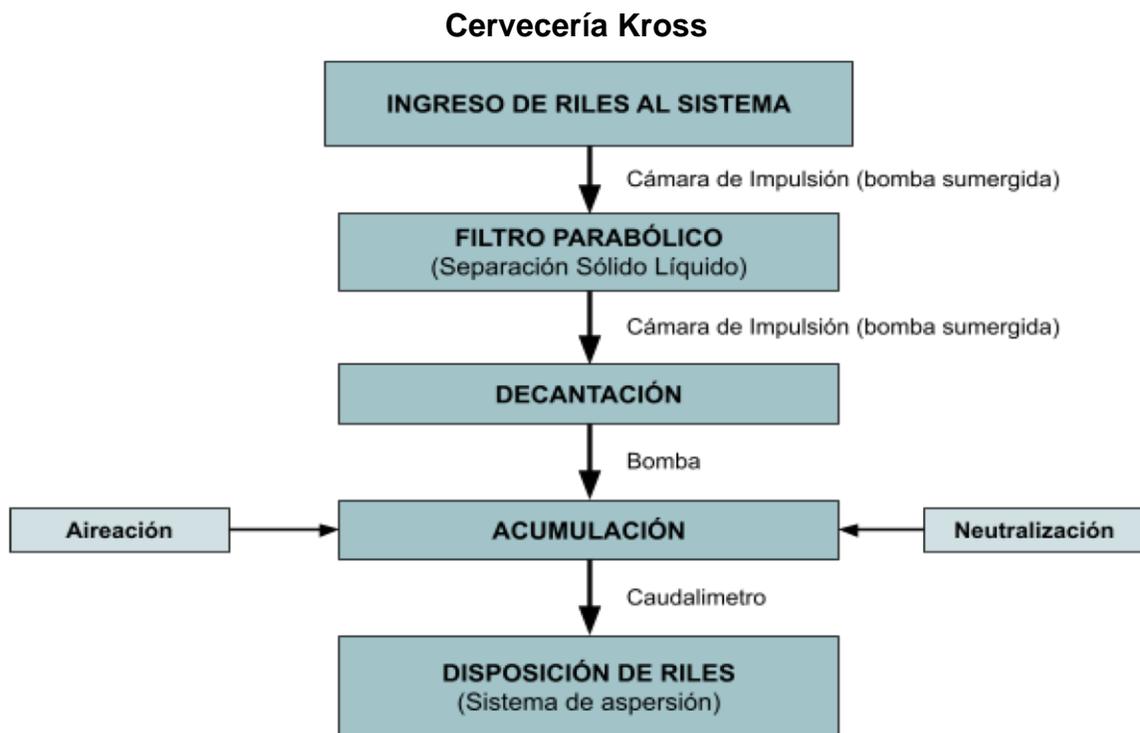
4.3.1.2 Cervecería Kross, Región Metropolitana

El sistema de tratamiento utilizado por la empresa está compuesto de una cámara de impulsión que permite elevar el RIL al equipo de filtración. El proceso de separación de sólidos y líquidos es realizado mediante un filtro parabólico que permite volúmenes superiores a 1,5 mm. Posterior a este proceso, el RIL es impulsado al estanque de decantación (20 m³), donde se efectúa la sedimentación de los sólidos que no fueron retenidos en el proceso de filtrado. El RIL filtrado es conducido a un tranque de acumulación (250 m³) impermeabilizado, donde es aireado mediante un sistema de oxigenación compuesto por un equipo soplador de 3 HP de potencia y una parrilla de 18 difusores, lo que permite evitar reacciones anaeróbicas que propician la aparición de malos olores. Adicionalmente, se regula el pH mediante un sistema de

neutralización, provisto de un estanque de ácido (0.65 m^3) y un estanque de álcalis (0.65 m^3), los cuales son dosificados mediante bombas conectadas a un controlador que realiza la corrección de pH, según la lectura entregada por un sensor electrónico.

Una vez aireado y neutralizado el RIL, esta pasa por un caudalimetro que permite cuantificar el caudal que se dispondrá en el área definida para ello. La disposición final de los RILES se efectúa mediante un sistema de riego, que permite aplicar el efluente (25 m^3) al suelo mediante un sistema de aspersores. Los procesos del sistema de tratamiento se muestran en la Figura 4.14.

Figura 4. 14: Diagrama de flujo, sistema de tratamiento de RILES



Fuente: Elaboración propia.

La Compañía Cervecera Kross posee una capacidad de tratamiento de RILES de 25 m³/día, como máximo, durante la temporada de elaboración, el cual proviene desde la planta con una concentración inferior a 8.000 mg/L de DBO₅ y debe abandonar el sistema con una concentración que no supere los 3.500 mg/L, puesto que se permite una carga orgánica de 112 kg DBO₅ por hectárea de pradera natural que, en este caso en particular, se considera una superficie de aplicación de 0,8 hectáreas (ver Tabla 4.5).

Tabla 4. 5: Reducción de concentraciones de contaminantes - Eficiencia de los procesos

ETAPA DE TRATAMIENTO		Ingreso RIL	Filtración	Decantación	Neutralización	Oxigenación	Salida RIL
Caudal	(m ³ /día)	25	25	25	25	25	25
DBO ₅	(mg/L)	8.000	4.800	3.500	3.500	3.500	3.500
Eficiencia	%	-	40%	25%	93%	0%	98,9%
Sólidos Suspendidos Totales	(mg/L)	90	90	60	15	15	15
Eficiencia	%	-	0%	33%	75%	0%	83,3%

Fuente: Elaboración propia.

Datos: Declaración de Impacto Ambiental, Cervecería Kross.

4.3.1.3 Cervecería AEC, Región Metropolitana

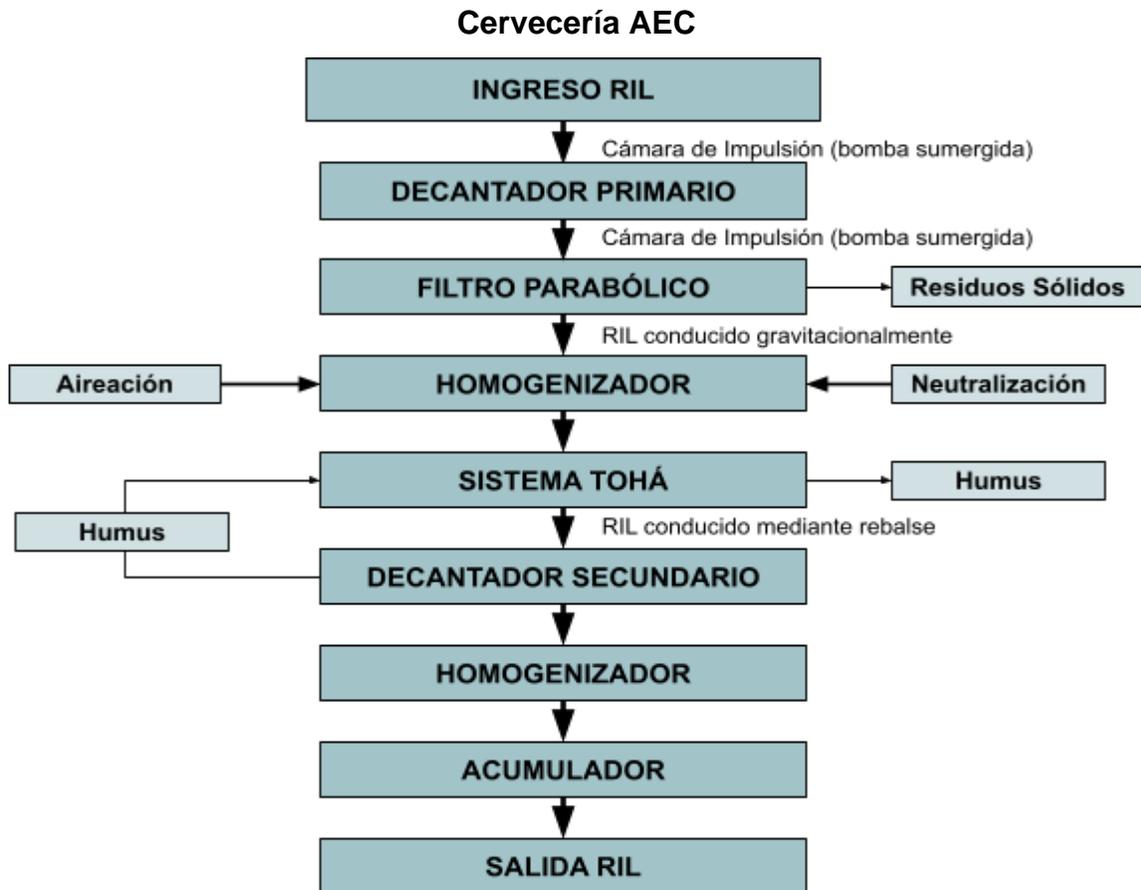
La Cervecería AEC se encuentra ubicada en la comuna de Maipú. Al año 2013, la empresa mantenía una producción del orden de los 145.000 litros anuales, con una proyección de aumento en la capacidad de almacenamiento del producto alcanzando, de esta forma, una capacidad de 225.000 litros.

La planta de tratamiento de RILES de la compañía considera una capacidad de procesamiento de 10 m³/día, disponiendo el efluente tratado a través de un

sistema de riego, en un área de 1.000 m² de césped y 1.500 m² para la plantación de 200 árboles de eucaliptus.

El sistema de tratamiento de la planta de tratamiento de RILES se compone de distintas unidades (ver Figura 4.15), para garantizar la reducción de los parámetros contaminantes.

Figura 4. 15: Diagrama de flujo, sistema de tratamiento de RILES



Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, el efluente proveniente de la planta de producción ingresa en un decantador primario, encargado de reducir los sólidos suspendidos, sedimentables y material flotante por acción de la gravedad. El RIL resultante

ingresa a la planta elevadora, para ser impulsado al filtro parabólico, unidad en la que se separan residuos sólidos superiores a 2 mm, los cuales son extraídos y almacenados para su posterior retiro, mientras que el RIL filtrado se conduce gravitacionalmente hacia el tanque homogeneizador.

Debido a que el caudal y concentración de los RILES no son constantes, se considera la homogeneización del afluente que permite reducir las concentraciones de los contaminantes y amortiguar los caudales. Este proceso considera un sistema de difusores que permite prevenir la descomposición de la materia orgánica, reducir el contenido de algunos compuestos y aumentar el contenido de oxígeno disuelto. Además, considera la neutralización del RIL, mediante la dosificación de ácido y soda cáustica. Finalmente, el agua acumulada es succionada e impulsada mediante 3 bombas a cada uno de los módulos del sistema Tohá.

El sistema Tohá utilizado por la empresa, es el principal dentro del sistema de tratamiento, debido a que se logra la mayor eficiencia del tratamiento (ver Tabla 4.6). En este proceso se retiene la materia orgánica presente y se genera un efluente de salida con bajo contenido de componente orgánico y de baja turbiedad, debido a la acción de microorganismos y lombrices, las cuales tienen como principal función reducir los parámetros contaminantes. El RIL resultante es evacuado mediante una canaleta de evacuación hacia la planta elevadora, que impulsa el fluido hacia el estanque decantador.

En el estanque decantador se retienen los sólidos gruesos y lombrices que se generan y logran salir del sistema Tohá, las cuales son recolectadas y devueltas al sistema. El RIL resultante es bombeado a un estanque de acumulación de 180 m³ donde, posteriormente, es utilizado para el riego de césped y árboles de eucaliptus.

Tabla 4. 6: Reducción de concentraciones de contaminantes - Eficiencia de los procesos

ETAPA DE TRATAMIENTO		Ingreso RIL	Decantador Primario	Filtro Parabólico	Homogenizador	Sistema Tohá	Decantador Secundario	Salida RIL
Caudal	(m ³ /día)	10	10	10	10	10	10	10
DBO ₅	(mg/L)	12.465	9.972	7.977	7.977	398,9	319,1	319,1
Eficiencia	%	-	20%	20%	0%	95%	20%	97,4%
Nitrógeno	(mg/L)	1.008	604,8	362,9	181,4	36,3	25,4	25,4
Eficiencia	%	-	40%	40%	50%	80%	30%	97,5%
Fósforo	(mg/L)	47,7	47,4	47,7	47,7	16,7	16,7	16,7
Eficiencia	%	-	0%	0%	0%	65%	0%	65%
Sólidos Suspendidos Totales	(mg/L)	4.580	3.206	961,8	961,8	96,2	67,3	67,3
Eficiencia	%	-	30%	70%	0%	90%	30%	98,5%

Fuente: Elaboración propia.

Datos: Declaración de Impacto Ambiental, Cervecería AEC.

4.3.1.4 Comparación de Eficiencias y Costos

Con los datos disponibles, en las declaraciones de impacto ambiental de las cervecerías estudiadas, se presenta en la Tabla 4.7 la eficiencia y montos de inversión realizado por cada una para la construcción de su planta de tratamiento de RILES.

Tabla 4. 7: Comparación de eficiencia y costos

CERVECERÍA	EFICIENCIA	INVERSIÓN USD
Kross	83,3%	50.000
AEC S.A	98.5%	53.000
Kunstmann	97%	100.000

Fuente: Elaboración propia.

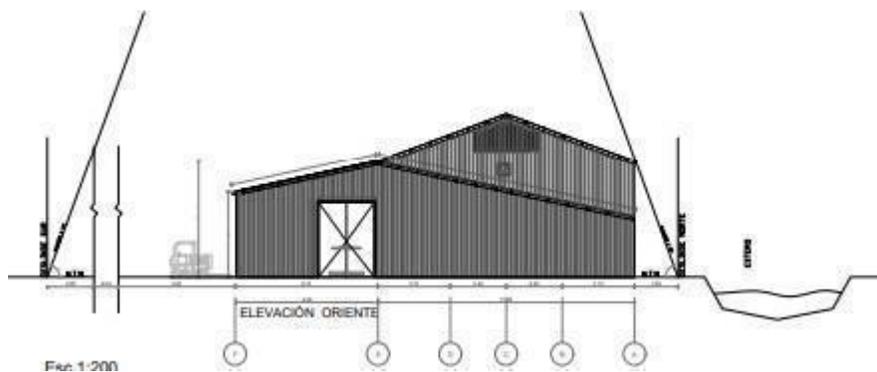
Datos obtenidos: Declaración de impacto ambiental Cervecería Kross, AEC, Kunstman.

4.4 Opciones para Sistema de Tratamiento de RILES y Alternativas de Producción Limpia

4.4.1 Principales características de la empresa

Una importante inversión permitió transformar la micro cervecería, en una planta productiva de 564,58 m² y una capacidad de producción de 1500 lts/día distribuidos en barriles, botellas y latas. (Ver Figura 4.16)

Figura 4. 16: Plano frontal de la planta



Fuente: Carpeta de planos - Planta productiva Back House

Actualmente, Back House cuenta con 10 recetas, de las cuales tres son elegidas semanalmente para su preparación y distribución. La producción está dividida entre cinco fermentadores, de los cuales tres son 1.500 lts y dos de 3.000 lts. El proceso productivo tiene una duración de tres a cuatro semanas dependiendo del tipo de cerveza seleccionada.

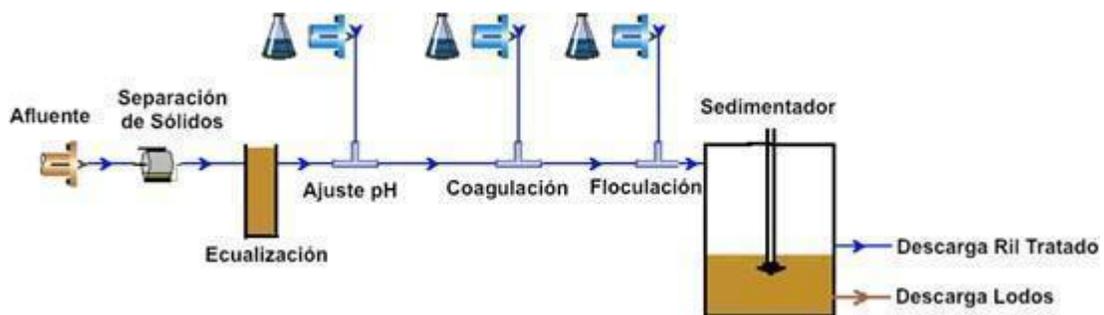
Para llevar a cabo la construcción de la planta de tratamiento de RILES, La empresa Back House debe presentar una carpeta de documentación a la municipalidad de Talagante, y al Seremi de Salud Metropolitano. Dicha documentación deberá contener una memoria técnica exhaustiva del proyecto, plano de emplazamiento general, plano de la planta, del sistema y disposición final de los RILES que detalle cada una de las unidades, memoria de cálculo de diseño considerando las disposiciones finales el manejo y disposición de lodos. Por otra parte, la empresa debe contar con planes de emergencia y contingencias, acreditación de la competencia del proyectista o arquitecto responsable y la resolución de calificación ambiental favorable para el proyecto, además de la documentación general de la empresa.

Para Back House resulta urgente la construcción de su planta de tratamiento de RILES ya que, hoy en día se encuentran disponiendo de sus residuos en el canal limonada sin ningún tipo de tratamiento previo más que filtrar el mosto, debido a esto se arriesgan a altas multas por parte de la autoridad, por otra parte se contradice con sus planes ambientales a futuro, ya que además de la construcción de la planta de tratamiento de RILES, planean habilitar un bus para fomentar el reciclaje abierto a la comunidad y atraer posibles clientes.

4.4.2 Tratamiento que se adapta a las características de la empresa

El tratamiento propuesto permite reducir los parámetros mencionados anteriormente y dejar el agua en condiciones óptimas para el riego a través de un sistema de tratamiento físico químico con separación de sólidos por sedimentación, de acuerdo al diagrama que muestra la Figura 4.17.

Figura 4. 17: Diagrama de sistema de tratamiento



Fuente: Memoria de cálculo - Cervecería Back House

Lo anterior se aplica para un RIL de flujo continuo. Para las condiciones del proyecto, el volumen de RIL generado en un día de proceso será tratado de forma total en un batch de tratamiento de flujo discontinuo. La diferencia básica de este sistema, respecto al tratamiento de flujo continuo, es su orientación en el tiempo en lugar de en el espacio. Todas las operaciones se realizan en el mismo estanque, variando en el tiempo de acuerdo con una estrategia operativa periódica predeterminada que se llama ciclo operativo.

Entonces, la planta de tratamiento de RILES (PTR) propuesta permite tratar un caudal medio de 2 m³/día, compuesta de los siguientes procesos unitarios, que se describen a continuación.

4.4.2.1 Tratamiento Preliminar

El tratamiento preliminar está destinado a la remoción de sólidos, grasas, y a homogeneización del RIL. De esta forma se eliminarán los elementos inhibitorios al proceso biológico, y aquellos que pudieran causar problemas de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento. El tratamiento preliminar estará conformado por la separación de sólidos, así como la ecualización y elevación.

Separación de sólidos: Eliminación de sólidos molestos, descargados desde el lavado de tanques a través de una reja fina de acero inoxidable AISI 304, de limpieza manual desde una cámara acumuladora de RIL rectangular hecha en hormigón, cuyas dimensiones se presentan en la Tabla 4.8 como resultado de los cálculos realizados en la memoria de cálculo y que se muestran en el Anexo 3.

Tabla 4. 8: Dimensiones cámara de rejas

ÍTEM	UNIDAD	VALOR
Largo cámara	m	2,0
Ancho cámara	m	1,0
Ancho canal	m	0,4
Altura	m	1,0
Área	m ²	0,4

Fuente: Elaboración propia.

Datos obtenidos: Memoria de cálculo, Cervecería Back House.

Ecualización y elevación: El tanque de ecualización tiene por objeto proporcionar un volumen con características homogéneas de RIL a tratar, con el objetivo de permitir que el sistema no sufra pérdidas de eficiencia o cambios en el programa

químico aplicado ya que, de ser así, significa un importante aumento de costo de inversión.

El tanque debe ser construido bajo el nivel de terreno con tubos de hormigón prefabricados de 1.2 mts de diámetro, además de lo indicado en la Tabla 4.9, cuyo dimensionamiento se presenta en la memoria de cálculo del Anexo 4.

Tabla 4. 9: Diseño del ecualizador

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Diámetro estanque	m	1,2
Área estanque	m ²	1,13
Altura útil de agua	m	1,4
Capacidad útil estanque	Litros	1.582
Altura total estanque	m	3,0

Fuente: Elaboración propia.

Datos obtenidos: Memoria de cálculo, Cervecería Back House.

De esta manera, se puede asegurar que el tiempo de retención hidráulica efectivo sea de un día de producción.

El caudal será elevado hacia la planta de tratamiento con la ayuda de una bomba centrífuga sumergible en operación y la otra en stand by, rotando en tiempos programados. Estas serán accionadas por medio de un interruptor de nivel que identificará el nivel más alto y bajo establecido en el tanque. La bomba seleccionada para estas características corresponde a la indicada en la Tabla 4.10.

Tabla 4. 10: Bombas del ecualizador

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Marca	-	PEDROLLO
Modelo		TOP 3
Cantidad	Un.	2 (1+1)
Caudal	L/min	20-260
Presión	m.c.a.	10-2
Potencia	HP	0,75
Voltaje	V	220
Peso	Kg	6,6

Fuente: Elaboración propia.

Datos obtenidos: Memoria de cálculo, Cervecería Back House.

Para mantener la mezcla al interior del tanque, este debe contar con un sistema de agitación generado por la recirculación desde la bomba de elevación. Para esto en el manifold de la cámara de válvula se deriva una línea de recirculación al tanque ecualizador, considerando que las bombas funcionan solo 10 minutos al día por el llenado de la Unidad de Tratamiento Físico Químico (FQ).

4.4.2.2 Tratamiento Físico Químico

El tratamiento físico-químico involucra procesos de ajuste de pH, coagulación, floculación y separación de sólidos por sedimentación, para esto se diseña un tanque como unidad de tratamiento FQ, cuyos cálculos se muestran en el Anexo 5 y sus principales resultados en la Tabla 4.11

Tabla 4. 11: Dimensiones de la Unidad de Tratamiento Físico Químico

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Cantidad de reactores	Un.	1
Volumen estanque	Lts	2.400
Diámetro estanque	m	1,64
Área estanque	m ³	2,11
Altura útil a nivel máximo	m	1,57
Altura útil	m	1,0

Fuente: Elaboración propia.

Datos obtenidos: Memoria de cálculo, Cervecería Back House.

El volumen del RIL corresponde a 1.500 lts/día, el volumen del tanque permite realizar un batch diario de tratamiento, donde se realizan los procesos unitarios descritos en la Tabla 4.12, cuya memoria de cálculo se muestra en el Anexo 12.

Tabla 4. 12: Operación de la Unidad de Tratamiento FQ

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Número de ciclos diarios	d-1	
Número de estanques	-	1
Altura nivel del agua máx. (excluye borde libre)	m	1,5
Tiempo de duración del ciclo	min	240
Número de fases de llenado por ciclo	-	1
Tiempo duración fase de llenado	min	5
Tiempo duración fase ajuste de pH	min	10
Tiempo duración fase de coagulación	min	20
Tiempo duración fase de floculación	min	25
Tiempo duración fase de sedimentación	min	120
Tiempo duración fase de descarga	min	60

Fuente: Elaboración propia.

Datos obtenidos: Memoria de cálculo, Cervecería Back House.

Llenado: El reactor recibe el agua residual desde el tanque equalizador, este afluente corresponde al volumen diario de RIL generado en el proceso de elaboración de cerveza el que corresponde a 1500 litros en un periodo de 10 minutos con un pH entre 5.5 y 6.0. El tanque se encuentra equipado con un agitador de motor reductor que permite variar la velocidad de giro en el eje entre los 40 y 100 rpm.

Ajuste de pH: Se realiza la dosificación del agente neutralizante (soda cáustica) a la unidad de tratamiento, con el objetivo de ajustar el pH al nivel óptimo para las siguientes etapas que de acuerdo a la prueba de jarra realizada se debe ajustar a un valor superior a 9.

La soda es adicionada en la unidad de tratamiento mediante una bomba dosificadora, diseñada para realizar el proceso en un periodo de 10 minutos, lo que implica que, para una dosis de 150 ppm, se tiene un consumo en el ciclo de 225 grs de soda cáustica al 50% concentración, esto equivale a un volumen de soda de 155 ml, lo que implica que en el periodo de 10 minutos es igual 15,5 ml/min. Por tanto, se requiere de una bomba dosificadora que entregue un caudal mínimo de 1 lt/h con una presión de 4 bares.

La bomba está comandada por un sistema de control automático de pH que permitirá que esta operación se realice en forma totalmente automática y eficiente, optimizando los consumos de reactivos. Adicionalmente se ha incorporado un sistema de control automático de pH con sensor sumergible que entrega la señal de control a las bombas dosificadoras. El sensor se instalará para medir el pH al líquido en la Unidad de Tratamiento FQ.

Coagulación: Se neutraliza el potencial Z de las partículas, desestabilizándolas y permitiendo su posterior separación, mediante la dosificación controlada del coagulante para neutralizar las cargas eléctricas de los coloides y así promover la formación de coágulos.

La dosis del coagulante termina a través de la prueba de jarras, observada en la Figura 4.18, para lograr la solidificación de la materia orgánica y sólidos en suspensión, mediante la neutralización de las cargas eléctricas formando así coloides.

Figura 4. 18: Prueba de jarras



Fuente: Elaboración propia.

El sulfato de aluminio es adicionado a la unidad mediante una bomba dosificadora con una concentración de 40 - 43% en un periodo de 20 minutos lo que implica que, para una dosis de 400 ppm, se tiene un consumo en el ciclo de 600 grs de sulfato de aluminio al 40% concentración, esto equivale a un volumen de sulfato de aluminio a 429 ml, lo que implica que en el periodo de 20 minutos es igual a 22 lts/min. Por tanto, se requiere de una bomba dosificadora que entregue un caudal mínimo de 1,5 lts/h con una presión de 4 bares.

La bomba está comandada por un sistema de control automático de pH que permitirá que esta operación se realice en forma totalmente automática y eficiente, optimizando los consumos de reactivos.

Floculación: La dosificación del floculante (polielectrolito) permite la formación de coágulos de gran tamaño (flóculos), los que son removidos en la etapa posterior de clarificación por sedimentación.

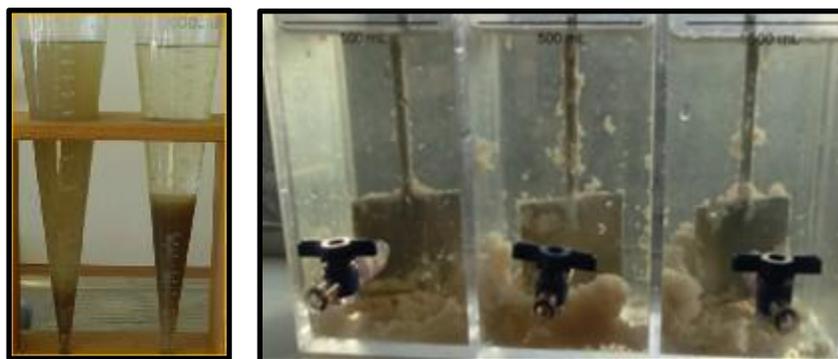
Este proceso unitario se realiza posterior a la coagulación, mediante la adición de un polielectrolito en la Unidad de Tratamiento FQ con una bomba dosificadora, diseñada para realizar el proceso en un periodo de 30 minutos, lo que implica que, para una dosis de 60 ppm, se tiene un consumo en el ciclo de 90 grs

polímero al 0,5% concentración, equivalente a un volumen de solución de polímero de 1800 ml lo que implica que, en el periodo de 30 minutos es igual 60 ml/min. Por tanto, se requiere de una bomba de 4 lts/h a 4 bares de presión.

Para la preparación del polímero se utilizará un estanque de 100 litros, cuya memoria de cálculo se muestra en el Anexo 6, fabricado en polietileno y equipado con un agitador de paletas en acero inoxidable accionado por un motorreductor. La velocidad de salida o del eje del agitador será de 40 rpm. El polielectrolito catiónico es del tipo “emulsión al 30-42% de polímero activo”, el cual es preparado en un estanque equipado con motorreductor y dosificado a una concentración de un 0,5% mediante bomba dosificadora.

Sedimentación: En esta fase el RIL ya se encuentra químicamente acondicionado, por lo que los sólidos en suspensión son separados del efluente mediante la decantación. Esta masa de sólidos decantados es denominada “lodo”. En la Figura 4.19 se puede observar el proceso descrito a menor escala.

Figura 4. 19: Prueba de jarras - Floculación y sedimentación



Fuente: Elaboración propia.

El sistema de sedimentación es empleado por medio de la gravedad, donde los flóculos generados en la floculación decantan a razón de $300 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{día}$. El sobrenadante o agua tratada es descargada por gravedad hasta estanque de almacenamiento, para su posterior uso como agua de riego.

Los sólidos sedimentados quedarán retenidos en el fondo de la unidad de tratamiento, los cuales serán extraídos mediante una bomba tipo desplazamiento positivo de doble diafragma, operada por aire comprimido alimentada desde un compresor.

Las características de la bomba seleccionada se detallan en la Tabla 4.13.

Tabla 4. 13: Bombas de descarga de lodos

PÁRAMETRO	UNIDAD	VALOR
Marca	-	IWAKI AIR
Modelo	-	TC-X151PS-BV-NPT
Cantidad	Un.	1
Caudal lodo	Lts/min	10
Presión de descarga	m.c.a.	15
Caudal de aire	SCFM	3,5
Presión	psi	45
Presión de aire	V	220

Fuente: Elaboración propia.

El lodo será impulsado hasta un estanque de almacenamiento en polietileno, de 500 litros de capacidad, cuya memoria de cálculo se muestra en el Anexo 7, equipado con agitador en acero inoxidable AISI 304 accionado por motorreductor.

4.4.2.3 Tratamiento de Lodos

Los lodos generados por la planta se clasifican en sedimentados desde el tratamiento físico químico con un contenido de sólidos de un 4%. Las características de este se presentan en Tabla 4.14 y se desprenden de los cálculos que se muestran en el Anexo 10.

Tabla 4. 14: Producción de lodos

PARÁMETRO	UNIDAD	FÍSICO QUÍMICO
Lodo producido en base seca 100% sólidos	Kg/día	7,5
Concentración de lodos decantados	%	4
Volumen de lodos decantados	Lts/día	300

Fuente: Elaboración propia.

Datos obtenidos: Memoria de cálculo Cervecería Back House.

El tratamiento de lodo considera las siguientes etapas:

Floculación de lodos: Este proceso unitario se realiza en un estanque en acero 800 mm de diámetro y 1,5 mts de altura, equipado con un agitador con motorreductor y variador de velocidad para lograr una velocidad de giro del agitador de 30 a 40 rpm. Este permite la mezcla entre el lodo proveniente de la unidad de tratamiento F-Q y la solución de polímero o floculante con la finalidad de acondicionar el lodo decantado. La memoria de cálculo correspondiente se muestra en el Anexo 8.

Deshidratación de lodos: Se implementará un sistema de deshidratado de los lodos mediante la instalación de filtros en bolsa o dry-box, Los cuales se observan en la Figura 4.20.

Figura 4. 20: Sacos filtrantes



Fuente: Elaboración propia.

El lodo será alimentado hacia el dry-box mediante una bomba de doble diafragma operada por aire, desde la salida del floculador de lodos hasta los sacos de polipropileno.

Tabla 4. 15: Parámetros de diseño de deshidratador

PARÁMETRO	UNIDAD	FÍSICO QUÍMICO
Lodo producido en base seca 100% sólidos	Kg/día	7,5
Concentración de lodos deshidratados	%	10
Volumen de lodos deshidratados	Lts/día	75

Fuente: Elaboración propia.

El lodo descargado del estanque será depositado al interior de los sacos, que permiten el drenaje del agua hacia el inicio del proceso, mientras este se seca, sin riesgos de malos olores ni de aparición de vectores (moscas, larvas o gusanos).

Se considera la implementación de 4 sacos en paralelo con una capacidad de 50 litros cada uno.

Higienizado de lodos: El lodo debe ser higienizado para su disposición final como residuo sólido inocuo. Para ello se considera una zona de acopio de los lodos techada. En la zona de acopio el lodo se mantiene en pilas aireadas estáticas o pilas de volteo tipo compostaje por un periodo de tiempo superior a 90 días. En la Tabla 4.16 se pueden observar las dimensiones obtenidas a partir de la memoria de cálculo presentada en el Anexo 11.

Tabla 4. 16: Dimensiones de la Zona de Acopio

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Superficie de acopio requerida	m ²	20
Ancho zona de acopio	m	4
Largo zona de acopio	m	5
Altura pilas de acopio	m	0,6
Ancho pilas de acopio	m	4

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el lodo obtenido es totalmente sólido y de alta calidad, completamente inerte y digerido, que puede ser retirado sin problemas por un camión y ser dispuesto en un vertedero municipal, o bien, ser utilizado como mejorador de suelos, dado su alto valor nutritivo para la tierra.

En síntesis, el tratamiento del lodo generado en la planta totaliza 3 meses, a partir de la salida del sedimentador. De esta forma, se está dando cumplimiento a lo exigido en la Norma de sólidos vigente referente a procesos con significativa reducción de patógenos para los lodos clase B.

4.4.3 Condiciones básicas y alternativa de riego para la reutilización del efluente proveniente del tratamiento

En base a la información aportada en el punto 4.1.1, se identificó que la empresa se encuentra emplazada en una zona rural de la comuna de Talagante y que el terreno corresponde a un sitio plano, de uso agrícola reciente. Adicionalmente, a partir de la revisión del Informe de Mecánica de Suelos (ver Anexo 1) se establece que el subsuelo está conformado por una capa de suelo vegetal de entre 0,4 m a 0,5 m de espesor, seguido por capas de gravas arenosas arcillosas a limosas de capacidad media a alta con espesores de entre 0,3 m a 0,7 m.

Por otra parte, en base al análisis realizado en el punto 4.3.1, se identificó que las 3 empresas en estudio alcanzan la reducción en la concentración de contaminantes regulados, por lo que se infiere que los RILES provenientes de la cerveza presentan características que permiten su fácil tratamiento y en consecuencia cumplen con los requisitos para ser descargados mediante riego.

Para seleccionar una alternativa de riego para la reutilización del efluente que es tratado, se determinó en primer lugar, el área de riego mínima aproximada para amortiguar los efectos de la carga orgánica, para ello, lo primero que se realizó fue calcular la carga máxima diaria de DBO_5 .

La carga máxima se calcula según:

$$\text{Carga máxima diaria (DBO}_5) = \text{Caudal (m}^3/\text{día)} * \text{Valor máximo (mg/L)}$$

$$\text{Carga máxima diaria (DBO}_5) = 1,5 \text{ (m}^3/\text{día)} * 600 \text{ (mg/L)}$$

$$\text{Carga máxima diaria} = 0,9 \text{ Kg día DBO}_5$$

Posteriormente, se realizó el cálculo de la superficie necesaria para disponer el RIL generado, en base a la carga máxima diaria de DBO₅ y la carga aceptable a aplicar en el suelo cuyo valor es de 112 Kg DBO₅/ha * día.

$$\text{Superficie riego} = \text{Carga máxima diaria (KgDBO}_5) / \text{Valor referencia (KgDBO}_5/\text{ha}^*\text{día)}$$

$$\text{Superficie riego} = 0,9 \text{ (Kg DBO}_5) / 112 \text{ (Kg DBO}_5/\text{ha}^*\text{día)}$$

$$\text{Superficie riego} = 80,36 \text{ m}^2$$

4.4.3.1 Demanda Hídrica

La selección del tipo de cultivo se definió en base a la recomendación aportada en la guía “Condiciones básicas para aplicación de efluentes de agroindustrias en riego” donde se recomienda priorizar la utilización del eucalipto (Eucalyptus) en proyectos de disipación de aguas residuales, puesto que es una especie de alta demanda hídrica y rusticidad, sumado a su elevada tasa de evapotranspiración, logrando minimizar los costos mediante la reducción de superficie destinada a riego.

4.4.3.1.1 Evapotranspiración de cultivo ETc

Para el cálculo de la evapotranspiración de cultivo ETc, en este caso eucalipto, se multiplicaron los valores obtenidos relativos a la evapotranspiración potencial ETo mensual para la comuna de Talagante, además del coeficiente de cultivo correspondiente, los valores obtenidos se muestran en la Tabla 4.17.

Tabla 4. 17: Evapotranspiración de cultivo

MESES	Kc*	ETo (mm/día) **	ETo (mm/mes)	ETc (mm)
Enero	1,15	5,7	171	196,65
Febrero	1,1	5,2	156	171,6
Marzo	0,9	4,2	126	113,4
Abril	0,8	3,0	90	72,0
Mayo	0,66	2,1	63	41,58
Junio	0,58	1,6	48	27,84
Julio	0,5	1,5	45	22,5
Agosto	0,56	1,9	57	31,92
Septiembre	0,66	2,7	81	53,46
Octubre	0,8	3,8	114	91,2
Noviembre	0,96	4,9	147	141,12
Diciembre	1,1	5,6	168	184,8

Fuente: Elaboración propia.

* Datos obtenidos: Guía “Condiciones Básicas para la Aplicación de RILes Agroindustriales en Riego”

** Datos obtenidos: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA, Para la aplicación de las demandas de riego en Chile, SAG.

4.4.3.1.2 Demanda hídrica neta

El cálculo de la demanda hídrica neta se realizó en base a la evapotranspiración del eucalipto y el aporte de la precipitación efectiva (ver Tabla 4.19).

Para realizar el cálculo de la precipitación efectiva se utilizó la fórmula propuesta por Blaney y Criddle, modificado por Merlet Santibañez, mediante la cual se determina un criterio de estimación particular, que incluye la utilización de datos

referentes a la precipitación media mensual (mm), los cuales se obtuvieron del “Anuario Climatológico 2019” de la Dirección Meteorológica de Chile (ver Tabla 4.18), específicamente, de la estación de monitoreo “El Paico” ubicada en la provincia de Talagante.

Tabla 4. 18: Precipitación media mensual - Precipitación efectiva

MESES	PRECIPITACIÓN (mm)	Pef ó Y (mm)
Enero	0	0
Febrero	0	0
Marzo	0.9	0.98
Abril	1.1	1.19 o 1.2
Mayo	-	0
Junio	-	0
Julio	6.0	6.46
Agosto	0.1	0.11
Septiembre	0	0
Octubre	0.7	0.76
Noviembre	0	0
Diciembre	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Datos obtenidos: Anuario climatológico, 2019

Tabla 4. 19: Demanda hídrica neta

MESES	ETc (m ³ /ha)	Pef ó Y (m ³ /ha)	DHN (m ³ /ha)
Enero	1966,5	0	1966,5
Febrero	1716,0	0	1716,0
Marzo	1134,0	9,8	1124,2
Abril	720,0	11,96	708,04
Mayo	415,8	0	415,8
Junio	278,4	0	278,4
Julio	225,0	64,6	160,4
Agosto	319,2	1.1	318,1
Septiembre	534,6	0	534,6
Octubre	912,0	7,6	904,4
Noviembre	1411,2	0	1411,2
Diciembre	1848,0	0	1848,0

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.1.3 Método de regadío

Se determinó la utilización de un sistema de riego por surcos para la reutilización de los RILES provenientes de la planta de tratamiento, considerando la plantación de árboles de eucalipto, por su alta demanda hídrica y elevada tasa de evapotranspiración, por lo que este sistema ayuda a mantener un riego uniforme en la zona.

El sistema escogido presenta una eficiencia entre 40% y 55%, por lo que se determinó utilizar una eficiencia promedio de 45% para el cálculo de tasa de riego (ver Tabla 4.).

4.4.3.1.4 Demanda hídrica bruta o tasa de riego (TR)

En la Tabla 4.20 se muestra el resultado del cálculo de la demanda hídrica bruta, el cual se realizó en base a la siguiente fórmula:

$$DHN = ET_c - P_{ef}$$

Tabla 4. 20: Demanda hídrica bruta o tasa de riego (TR)

MESES	DHN (m ³ /ha)	EFICIENCIA (%)	TR (m ³ /ha)
Enero	1966,5	0,45	4370,0
Febrero	1716,0	0,45	3813,3
Marzo	1124,2	0,45	2498,2
Abril	708,04	0,45	1573,4
Mayo	415,8	0,45	924,0
Junio	278,4	0,45	618,7
Julio	160,4	0,45	356,4
Agosto	318,1	0,45	706,9
Septiembre	534,6	0,45	1188,0
Octubre	904,4	0,45	2009,7
Noviembre	1411,2	0,45	3136,0
Diciembre	1848,0	0,45	4106,7

TOTAL	10385,64		25301,3
-------	----------	--	---------

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.2 Oferta Hídrica Disponible para Riego

Los datos contenidos en la Tabla 4.21 muestran la generación de RILES tratados mensualmente por la Cervecería Back House y que representan la oferta hídrica disponible para riego.

Tabla 4. 21: Oferta hídrica Cervecería Back House

MESES	OFERTA HÍDRICA (m ³ /mes)
Enero	30
Febrero	30
Marzo	30
Abril	30
Mayo	20
Junio	10
Julio	10
Agosto	20
Septiembre	20
Octubre	30
Noviembre	30
Diciembre	30
TOTAL	290

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.3 Superficie de Riego Mínima

La superficie de riego depende de la oferta hídrica y la demanda hídrica bruta, por lo que en la Tabla 4.22 se presentan los resultados obtenidos mediante la siguiente relación:

$$S = OH / DHB$$

Tabla 4. 22: Superficie de riego

MESES	OFERTA HÍDRICA (m ³)	DEMANDA HÍDRICA BRUTA (m ³ /ha)	SUPERFICIE DE RIEGO (m ²)
Enero	30	4370,0	68,6
Febrero	30	3813,3	78,7
Marzo	30	2498,2	120,1
Abril	30	1573,4	190,7
Mayo	20	924,0	216,5
Junio	10	618,7	161,6
Julio	10	356,4	280,6
Agosto	20	706,9	282,9
Septiembre	20	1188,0	168,4
Octubre	30	2009,7	149,3
Noviembre	30	3136,0	95,7
Diciembre	30	4106,7	73,1
TOTAL	290	25301,3	114,6

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Costos y Beneficios Económicos, así como la Documentación Legal para la Implementación una Planta de RILES

4.5.1 Costos de inversión y operación para la planta de tratamiento y sistema de reutilización del efluente

Para la evaluación económica del proyecto, se consideraron los costos de construcción y sus asociados, los cuales se describen a continuación.

- Equipamiento: Se refiere a todos los equipos que conforman la planta de tratamiento.
- Obras Civiles: Cantidad de obra requerida en m³ de concreto armado.
- Sistemas de tubería: Considera aproximadamente un % del costo total de la construcción de la obra.
- Instalación eléctrica: Considera un 10% del costo total de construcción.
- Controles e instrumentos: Se considera un 5% del costo total de construcción, puesto que estos son de operación manual.
- Otros: En este factor se consideran los costos de arranque, pruebas en los tanques, ensayos que aseguren una correcta operación.

Por otra parte, se considera los costos asociados a la administración, servicios legales, ingeniería y arquitectura además de considerar los imprevistos que puedan surgir. Estos costos corresponden a un 25% del costo total de construcción y debe ser añadido al total para calcular el costo real que tendrá el proyecto.

En la Figura 4.21 se detallan los costos de inversión de la planta de tratamientos de la cervecería Back House.

Figura 4. 21: Costos de inversión

COSTOS	ACTIVIDAD	TOTAL \$
INVERSIÓN INICIAL PTAR	Estudios preliminares y Estudios de suelo.	\$7.500.000
	Gastos administrativos, legales y financieros.	
	Arriendo de maquinaria.	
	Implementación de línea eléctrica	
	Diseño e Ingeniería de construcción.	
	Tratamiento Físicoquímico	
	Materiales y equipo de construcción	
	Mano de obra.	
	Instalación de laboratorio y oficinas.	
SISTEMA DE RIEGO	Arriendo de maquinaria	\$2.500.000
	Mano de obra	
	Adquisición de Eucalipto (<u>Eucalyptus</u>)	
	Mangueras tipo poliducto	
COSTO TOTAL DE INVERSIÓN PTAR BACK HOUSE		\$10.000.000

Fuente: Análisis de costos, Cervecería Back House 4.5.2 Factibilidad económica del sistema de tratamiento de RILES

La realización del proyecto de construcción de la planta de tratamiento de RILES de la cervecería Back House, cuenta con una serie de recursos y aspectos técnicos que apoyan e impulsan la realización de este diseño.

Por otra parte, la empresa cuenta con recursos económicos para su construcción y puesta en marcha, además, los costos de mantención y operación son bajos en relación a la inversión inicial realizada. La Figura 4.22 presenta los costos de operación fijos y variables.

Figura 4. 22: Costos operacionales

GASTOS FIJOS OPERACIONALES	ANUALES	COSTOS VARIABLES OPERACIONALES	ANUALES
Potencia en hora normal	\$274.080	Coagulante	\$240.240
Potencia en hora punta	\$98.496	Soda	\$96.096
Personal	\$5.400.000	Floculante	\$778.752
Artículos de operación	\$1.440.000	Retiro y disposición lodos	\$660.000
Artículos de aseo	\$645.036	Energía	\$334.752
Artículos de seguridad	\$442.248		
Análisis químico	\$600.000		
Combustible generador	\$1.200.000		
Repuestos	\$1.300.000		
Agua potable	\$39.480		
Gastos comunes	\$360.000		
GASTOS TOTALES	\$11.799.342	GASTOS TOTALES	\$2.109.840

Fuente: Análisis de costos, Cervecería Back House 4.5.2 Factibilidad económica del sistema de tratamiento de RILES

El total de costos operacionales anuales corresponde a \$13.909.182. Donde el mayor gasto anual se ve reflejado en los costos fijos de operación, con \$11.799.342.

4.5.2 Beneficios económicos del sistema de tratamiento de RILES

La empresa, al contar con una resolución sanitaria emitida por la SEREMI de Salud para la operación de su planta de producción, está sometida a regulación. En este sentido, el artículo 73° del Código Sanitario establece que se prohíbe “descargar las aguas servidas y los residuos industriales o mineros en ríos o lagunas, o en cualquier otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que se señale en los reglamentos”. Mientras que en su artículo 174° establece que “la infracción de cualquiera de las disposiciones de este Código o de sus reglamentos y de las resoluciones que dicten los directores de los Servicios de Salud o el director del Instituto de Salud

Pública de Chile, según sea el caso, salvo las disposiciones que tengan una sanción especial, será castigada con multa de un décimo de unidad tributaria mensual hasta mil unidades tributarias mensuales”. Las reincidencias podrán ser sancionadas hasta con el doble de la multa original, además, con la clausura de establecimientos o lugares de trabajo; la cancelación de la autorización de funcionamiento o los permisos concedidos; la paralización de obras o suspensión de distribución y uso de los productos que se trate (Código Sanitario, 2021).

Por otra parte, según lo estipulado en el artículo 35° de la Ley 20.417, es competencia de la Superintendencia del Medio Ambiente el ejercicio de la potestad sancionadora respecto de infracciones, para este caso se considera lo dispuesto en letra g) sobre el incumplimiento de leyes, reglamentos y demás normas relacionadas con las descargas de residuos líquidos industriales. En el artículo 38° se especifican las sanciones aplicables a cada nivel de gravedad, así como los rangos de las multas que pueden ser impuestas en cada uno, según se muestra en la Tabla 4.23.

Tabla 4. 23: Sanciones de la Superintendencia del Medio Ambiente

NIVEL DE INFRACCIÓN	RANGO MULTA - UTA (*)
Leves	de 1 a 1.000
Graves	hasta 5.000
Gravísimas	hasta 10.000

(*) UTA: Unidad Tributaria Anual.

Fuente: Ley 20.147, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Por último, se consideró el tiempo requerido para poner en marcha una planta de tratamiento de RILES, para lo que se contó con el presupuesto de una empresa especialista en el área (ver Anexo 9), que presentó una propuesta ejecutable en 60 días. Esto quiere decir que, ante una sanción de paralización por parte de un

organismo fiscalizador, se generan pérdidas económicas correspondientes al periodo de sanción debido al cese de producción.

4.5.3 Documentación requerida para la etapa de construcción y el proceso de operación

Para determinar la documentación requerida para la etapa de construcción y operación de la planta de tratamiento de RILES se identificaron los organismos que poseen competencia durante la implementación y ejecución de estas fases. Además, se identificaron los cuerpos legales relacionados al componente aire, suelo, residuos líquidos y sólidos, así como también los que responden al ambiente laboral. Para una mejor comprensión de los resultados, la información se presenta en la Tabla 4.24.

Tabla 4. 24: Documentación requerida para la etapa de construcción y operación de la planta de tratamiento de RILES

COMPONENTE SUELO Y RESIDUOS SÓLIDOS		
FASE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN		
CUERPO LEGAL		
MATERIA	RELACIÓN CON EL PROYECTO	FORMA DE CUMPLIMIENTO
D.S N°594/99		
Aprueba el Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo. Ministerio de Salud.		
<p>Artículo 19 “Las empresas que realicen el tratamiento o disposición final de sus residuos industriales fuera del predio, sea directamente o a través de la contratación de terceros, deberán contar con autorización sanitaria, previo al inicio de tales actividades”.</p>	<p>En la fase de construcción se generan residuos domiciliarios, propios de la construcción y eventuales residuos peligrosos.</p> <p>En la fase de operación los residuos provienen de la acumulación del filtro de ingreso a la planta de tratamiento de RILES, basura asimilable a doméstica y lodo generado en el proceso.</p>	<p>Para su cumplimiento se deberán enviar los residuos de construcción a lugares autorizados para su disposición.</p> <p>Para la fase de operación se deberá retirar el lodo con la frecuencia que se disponga, según la capacidad de acumulación instalada, a través de camiones con contenedor estanco.</p>

D.S 148/03		
Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos. Ministerio de Salud.		
Artículo 1 “Establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reúso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos”.	En la fase de operación se generan pequeñas cantidades de residuos peligrosos que pueden estar relacionados con presencia de aceite o grasas, envases usados y repuestos de equipos.	Mantener registro de retiro de residuos por parte de empresas autorizadas para ser dispuestos en lugares destinados para esto.
Decreto Ley N°3.557/82		
Establece Disposiciones Sobre Protección Agrícola Ministerio de Agricultura.		
Artículo 9 “Los propietarios, arrendatarios o tenedores de predios rústicos o urbanos pertenecientes al Estado, al Fisco, a empresas estatales o particulares, están obligados, cada uno en su caso, a destruir, tratar o procesar las basuras, malezas Productos vegetales perjudiciales para la agricultura, que aparezcan o se depositen en caminos, canales o cursos de agua, vías férreas, lechos de ríos o terrenos en general, cualquiera que sea el objeto a que estén destinados”.	En las inmediaciones del terreno, donde se emplaza la empresa, se encuentra el canal Limonada. Durante la fase de construcción se generan residuos domiciliarios y propios de la construcción, mientras que en la fase de operación los residuos corresponden a lo acumulado en el filtro de entrada, el lodo y residuos domésticos.	Disponer los residuos sólidos en lugares debidamente autorizados.

Artículo 71 D.F.L N°725		
Código Sanitario. Ministerio de Salud		
En el Libro III se establecen todas las materias relacionadas con la Higiene y Seguridad del Ambiente y de los lugares de trabajo.	<p>Durante la fase de construcción se generan residuos propios de la construcción, además de residuos domiciliarios.</p> <p>Durante la fase de operación se generan residuos en la filtración del proceso, lodo y residuos domésticos.</p>	Se deberá contar con la autorización correspondiente para el manejo de todos los residuos, por parte de la Seremi de Salud.
COMPONENTE AIRE		
FASE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN		
CUERPO LEGAL		
MATERIA	RELACIÓN CON EL PROYECTO	FORMA DE CUMPLIMIENTO
D.S N°144/61		
Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza. Ministerio de Salud.		
Artículo 1 “Los gases, vapores, humos, polvo, emanaciones o contaminantes de cualquier naturaleza, producidos en cualquier establecimiento fabril o lugar de trabajo, deberán captarse o eliminarse en forma tal que no causen daños o molestias al vecindario”.	Durante la fase de construcción se generan emisiones a la atmósfera, específicamente, material particulado y gases de combustión producto del uso de maquinaria y equipos.	<p>Se deberán adoptar medidas tendientes a controlar las emisiones.</p> <p>Se debe destacar que el sistema no genera olores molestos.</p>

D.S N°66/10		
Revisa, Reformula y Actualiza el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana. Ministerio Secretaría General de la Presidencia		
<p>Artículo 98 “...Todos aquellos proyectos o actividades nuevas y/o modificaciones de aquellos existentes que se sometan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)...”</p>	<p>Durante la fase de construcción se emitirán contaminantes producto de uso de vehículos y remoción y traslado de materiales.</p>	<p>Si bien las emisiones generadas durante la fase de construcción no superan los límites establecidos, de igual forma se cumplirá con medidas relacionadas a la circulación de vehículos y traslado de materiales.</p>
D.S N°59		
Establece Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia. Ministerio Secretaría General de la Presidencia.		
<p>Artículo 2 El Artículo 2° establece la norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable MP₁₀, corresponde a 150 ug/m³N como concentración de 24 horas.</p> <p>Se considerará sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado respirable cuando el Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP (Estación de monitoreo de</p>	<p>Generación de material particulado durante la fase de construcción, debido al movimiento de tierra y vehículos de carga.</p>	<p>Se deberán adoptar medidas relacionadas con la humectación de las zonas de desplazamiento, transporte de carga tapada, velocidad máxima para camiones al interior de la obra.</p>

<p>material particulado respirable MP₁₀ con representatividad poblacional), sea mayor o igual a 150 ug/m³N.</p> <p>Asimismo, establece los niveles que determinan situaciones de emergencia, así como también las metodologías de pronóstico y medición.</p>		
D.S N°55/94		
Establece normas de emisión aplicables a vehículos motorizados pesados. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.		
<p>Indica los valores máximos de gases que un vehículo o motor puede emitir bajo condiciones normalizadas, a través del tubo de escape o por evaporación.</p>	<p>El proyecto considera la utilización de camiones para el transporte de materiales y residuos en la etapa de construcción.</p>	<p>Todo vehículo a utilizar en el proyecto contará con sus revisiones técnicas al día y la documentación correspondiente.</p>
D.S N°38/2012		
Modifica el Reglamento Sobre Niveles Máximos Permisibles de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas D.S.146. Ministerio Secretaría General de la Presidencia.		
<p>Establece los niveles máximos permisibles de presión sonora continuos equivalentes y los criterios técnicos para evaluar y calificar la emisión de ruidos generados a la comunidad por las fuentes fijas. La modificación cambia el límite normativo nocturno para la zona II y III además de definir un procedimiento para determinar el ruido de fondo en zonas rurales.</p>	<p>Durante la fase de construcción se podrían generar ruidos molestos, los cuales son transitorios dado el tipo de proyecto.</p>	<p>Se dará cumplimiento al estándar de ruido, ajustando el horario de trabajo durante la construcción.</p> <p>Adicionalmente, dadas las características de operación del sistema de tratamiento, no se generarán ruidos que puedan causar molestias.</p>

Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, Ministerio de Vivienda y Urbanismo		
Ministerio de Vivienda y Urbanismo.		
Artículo 5.8.3 Establece medidas ambientales, con el objeto de mitigar el impacto de las emisiones de polvo y material para proyectos de construcción, reparación, modificación, alteración, reconstrucción o demolición.	Durante la etapa de construcción se generarán emisiones atmosféricas de material particulado, producto de la realización de obras, específicamente del movimiento de tierra.	Se adoptarán las medidas señaladas, en los casos que corresponda, de acuerdo con las condiciones climáticas, dimensiones y las obras a ejecutar del proyecto.
RESIDUOS LÍQUIDOS		
FASE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN		
CUERPO LEGAL		
MATERIA	RELACIÓN CON EL PROYECTO	FORMA DE CUMPLIMIENTO
Norma Chilena N°1.333/78		
Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Ministerio de Obras Públicas.		
Esta norma fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado.	El RIL procesado en el sistema de tratamiento presenta variaciones de pH debido a las diferentes preparaciones.	El RIL debe presentar un pH de entre 5,5 y 9,0, para ser utilizado para riego por lo que, de ser necesario, se debe neutralizar el RIL.

AMBIENTE LABORAL		
FASE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN		
CUERPO LEGAL		
MATERIA	RELACIÓN CON EL PROYECTO	FORMA DE CUMPLIMIENTO
D.S N°594/00		
Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo Ministerio de Salud.		
<p>Establece normas sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, sin perjuicio de la reglamentación específica que se haya dictado o se dicte para actividades que requieran de normas especiales.</p>	<p>Durante la fase de construcción y operación se contará con trabajadores y operadores, por lo que se debe dar cumplimiento a la normativa.</p>	<p>Se debe contar con las instalaciones necesarias para satisfacer las necesidades de higiene, seguridad y ambiente laboral, mediante baños, comedores, entre otros.</p>

OTROS		
FASE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN		
CUERPO LEGAL		
MATERIA	RELACIÓN CON EL PROYECTO	FORMA DE CUMPLIMIENTO
Decreto 458/76		
Ley General de Urbanismo y Construcciones Ministerio de Vivienda y Urbanismo		
<p>Artículo 55 “Fuera de los límites urbanos establecidos en los Planes Reguladores no será permitido abrir calles, subdividir para formar poblaciones, ni levantar construcciones, salvo aquellas que fueran necesarias para la explotación agroindustrial del inmueble, o para las viviendas del propietario del mismo y sus trabajadores.</p> <p>Con dicho objeto, cuando sea necesario subdividir y urbanizar terrenos rurales para complementar alguna actividad industrial con viviendas, dotar de equipamiento a algún sector rural, o habilitar un balneario o campamento turístico, la autorización que otorgue la Secretaría Regional del Ministerio de Agricultura requerirá del informe previo favorable de la Secretaría</p>	<p>Se realizarán obras de construcción industrial, comprendidas durante la fase de construcción del proyecto.</p>	<p>El proyecto no requiere cambio de uso de suelo</p> <p>Se deben alcanzar los requerimientos solicitados para la aprobación, correspondiente a la Dirección de Obras Municipales, Seremi de Vivienda y Urbanismo y del SAG.</p>

<p>Regional del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo. Este informe señalará el grado mínimo de urbanización que deberá tener esa división predial.</p> <p>Igualmente, las construcciones industriales, de equipamiento, turismo y poblaciones, fuera de los límites urbanos, requerirán, previamente a la aprobación correspondiente de la Dirección de Obras Municipales, del informe favorable de la Secretaría Regional del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo y del Servicio Agrícola que correspondan.</p>		
---	--	--

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En base a las características obtenidas del análisis de los vertidos generados en la cervecería Back House, se determina que, el proceso productivo sobrepasa los límites permisibles establecidos en la Guía “Condiciones Básicas para la Aplicación de RILES de Agroindustrias en Riego” del SAG. La DBO₅, el nitrógeno Kjeldahl y el fósforo son los parámetros más importantes a tratar, debido al impacto que generan en el medio ambiente, en especial en el agua, ya que producen una gran cantidad de algas, generando suelos fangosos en los alrededores, lo que puede implicar un peligro para los animales que habitan el lugar. Por otra parte, el suelo puede presentar acidificación y toxicidad por acción del nitrógeno, mientras que el fósforo impide la absorción de otros elementos como el zinc y el hierro, además de acidificar el suelo.

En relación con el muestreo realizado por el laboratorio y en base al análisis químico comparado con la normativa legal, se identifica que los parámetros contaminantes relacionados con estos residuos están contenidos en la guía “Condiciones Básicas para la Aplicación de RILES de Agroindustrias en Riego” del SAG y no así en la NCh 1.333/78. En cuanto al nitrógeno Kjeldahl, el análisis permitió identificar que, el parámetro no se regula en los cuerpos legales trabajados, por lo que requiere la utilización del valor máximo permisible más restrictivo para la descarga de RILES, en este caso el parámetro referido en el Decreto Supremo N° 90/01.

Dentro de las tecnologías analizadas, la más eficiente resulto ser el tratamiento a través del sistema Tohá con un 98,5% de eficiencia. Sin embargo, implementar este tipo de proceso requiere una gran cantidad de superficie dispuesta para la

propagación de lombrices y canchas de secado, por lo que se vuelve poco adaptable al cambio de caudal, siendo descartado. Por otra parte, el sistema utilizado por cervecería Kunstmann se encuentra diseñado para tratar altos volúmenes de RIL, de forma que conlleva un proceso en el que se ven involucrados instrumentos diseñados para proyectos de mayor envergadura, como la utilización de un reactor anaeróbico, lo cual no se justifica en este caso, debido al bajo nivel de caudal con el que debe operar la planta.

El sistema de tratamiento consiste en una planta elevadora que guía el RIL crudo al tanque de tratamiento, donde se inyecta soda cáustica, ácido sulfúrico y sulfato de aluminio, con la finalidad de generar la reacción físico-química que transforma el RIL en un gran sólido suspendido. Para lograr la separación sólido-líquido, es necesario aplicar un polímero que dará paso a la floculación gracias al agitador mecánico dentro del tanque, el cual facilitara la decantación, obteniendo un lodo lechoso al final del taque, el cual es tratado en la sección de lodos, mientras que el agua tratada es dirigida al estanque de acumulación de agua para riego.

Implementar una planta de tratamientos de RILES en una cervecería que está comenzando su producción significa una gran inversión. Sin embargo, la legislación nacional vigente establece la prohibición de descargar RILES a cuerpos de agua que sirvan para riego sin antes ser tratados. De esta forma la empresa se ve en la obligación de implementar PTR, ya que de esta forma se da cumplimiento a lo normado y se evitan sanciones económicas por parte de los organismos fiscalizadores las cuales pueden llegar a cifras que superen el costo de inversión de la planta y sanciones que contemplen la prohibición de funcionamiento o clausura de la planta productiva.

El sistema seleccionado resulta ser eficiente y de bajo costo, pero modificable en sus procesos para lograr una mejora continua y ampliación de sus capacidades

productivas para el tratamiento del RIL que, en un inicio, corresponderá a un flujo mensual poco significativo para la empresa por lo que, con un tratamiento físico-químico es posible cumplir con los parámetros exigidos en la norma y la ley. Sin embargo, este tratamiento solo es aplicable a mínimos caudales de tratamiento, en tanto la planta productiva aumente su producción será necesario agregar un tratamiento biológico que lidie con los altos parámetros de DBO_5 y lodos inestables generados en el proceso.

La implementación de una planta de tratamiento de RILES, por pequeña que sea, trae beneficios a largo plazo, tal como permitir la reutilización del agua con fines de regadío, ahorrar en costos de limpieza, tratamiento y mantención, disminuir de la contaminación medioambiental, además de no afectar la flora y fauna del entorno.

5.2 Recomendaciones

Los procedimientos de limpieza y enlatado en la elaboración de cerveza representan uno de los procesos internos que generan importantes consumos de agua, debido a lo cual, se debiera reutilizar la última agua de enjuague de los estanques de cocción, maceración, la cuba, entre otros, ya que no presenta cargas orgánicas significantes y pueden ser reutilizadas como la primera agua de enjuague para los siguientes lavados, pudiéndose adaptar estanques de almacenamiento para estas aguas. Esta acción permitiría reducir considerablemente el volumen de la descarga final de RILES.

Con la finalidad de reducir la carga orgánica del efluente generado durante la elaboración de la cerveza, se sugiere la recuperación de los materiales sólidos

durante todas las etapas del proceso, para lograr reducir la DBO₅ y el volumen de efluente que debe ser tratado posteriormente.

En cuanto a la planta de tratamiento de RILES, si bien está diseñada para el tratamiento de bajos volúmenes, podría aumentar la producción de cerveza para justificar la utilización de bombas elevadoras de mayor capacidad y equipos que sobrepasan la capacidad requerida. Por otra parte, al aumentar el caudal se puede justificar la instalación de un reactor anaerobio para el tratamiento, con el cual se obtiene una mayor eliminación de DBO₅ y eficiencia.

Aumentar el volumen de producción de cerveza, no solo considera un aumento en la capacidad de tratamiento de la planta, sino que también un aumento en la superficie requerida para descargar. De esta forma, además de utilizar el residuo efluente, se podría destinar una parte del terreno de la empresa para la implementación de pequeñas lagunas de estabilización para el tratamiento y eliminación de lodos, lo cual generaría un aumento en la capacidad del sistema y propicia las labores de paisajismo e integración de las aves que habitan el canal contiguo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Baeza, E. (2018). Marco regulatorio en Chile y algunas experiencias internacionales en materia de residuos líquidos a distintos cuerpos receptores. Recuperado el 10 de noviembre de 2020 de: <https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmTIPO=DOCUMENTOCOMUNICACION CUENTA&prmID=82906>
2. Bustamante, L. (s. f.). Normas y procedimientos de control para descarga de RILES. Recuperado el 28 de septiembre de 2020 de: <https://tefri.cl/normas-de-descarga-de-riles/>
3. Centro del agua. (s.f.). Recuperado el 2 de noviembre de 2020 de: <http://www.centrodelagua.cl/?q=node/16#:~:text=Norma%20Chilena%20NCh%20N%C2%B0,de%20Agua%20para%20diferentes%20usos.&text=Se%C3%B1ala%20que%20dichos%20criterios%20tienen,de%20cualquier%20tipo%20y%20origen>
4. Corporación Financiera Internacional. (2007). Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las fábricas de cerveza. Recuperado el 30 de septiembre de 2020 de: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/3344bf5b-2440-4509-9913-e90c1878fc6b/0000199659ESes_Breweries-%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jqes51N
5. Cubillos, D., Mejía, P., Gutiérrez, C. (2018). Evaluación económica de aprovechamiento de residuos líquidos de la producción de cerveza. Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia.

6. Dos Santos, M., Moretzsohn, P., Camporese, E. (2014). Solid wastes in brewing process: A review. *Journal of Brewing and Distilling*. 5(1), 1-9. doi: 10.5897/JBD2014.0043
7. Fillaudeau, L., Blanpain-Avet, P., Daufin, G. (2006). Water, wastewater and waste management in brewing industries. *J. Cleaner Prod*, 14, 463-471. doi: 10.1016/j.jclepro.2005.01.002
8. Flores, T. (s.f.). Política pública.cl. Recuperado el 3 de noviembre de 2020 de: <https://politicapublica.cl/definicion-de-politica-publica/>
9. Crece como la espuma: Chile ya suma cerca de 300 cervecerías locales a su industria y marca récords de producción. (2018, 3 de agosto). *Publimetro*. Recuperado el 13 de octubre de 2020 de: <https://www.publimetro.cl/cl/noticias/2018/08/03/secos-para-empinar-el-codo-industria-de-la-cerveceria-chilena-crece-como-espuma-los-ultimos-anos.html>
10. Henríquez, J. (2015). Diseño y evaluación de un proceso para el tratamiento de riles generados en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.
11. Historia de la Ley N° 19.821 (s.f.). Recuperado el día 10 de noviembre de 2020 de: <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=recursoslegales/10221.3/37316/1/HL19821.pdf>
12. Iturriaga, (2017). Consumo de cerveza artesanal crece 15% en Chile, acoplándose a tendencia mundial. *El Mercurio*. Recuperado el 28 de septiembre de 2020 de: <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=383960>

13. Kusanovic, M. (2009). Planta de tratamiento de riles. Tesis de licenciatura no publicada. Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.
14. Ley N°19300. Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente, Santiago, Chile, 1 de marzo de 1994.
15. Marchetti, P. (2020). El Mercado de la Cerveza en Chile: Dos Líderes Indiscutidos, 52 Litros Per Cápita al Año y Nuevas Alianzas Estratégicas. Recuperado el 15 de octubre de 2020 de: <https://www.emol.com/noticias/Economia/2020/08/19/995362/Mercado-cerveza-Chile-CCU-ABinbev.html>
16. Observatorio del Principio 10 en América Latina y el Caribe. (s.f.). Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (19300). Recuperado el 6 de noviembre de 2020 de: <https://observatoriop10.cepal.org/es/instrumentos/ley-bases-generales-medio-ambiente-ley-19300>
17. Red de oficinas económicas y comerciales de España en el exterior. (2018). Recuperado el 17 de diciembre de 2020 de: <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/noticias/NEW2018800860.html?idPais=CL>
18. Sánchez, A (2017). Propuesta de una guía de buenas prácticas ambientales para la micro cervecería Bonanza. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
19. Simate, G., Cluett, J., Iyuke, S., Musapatika, E., Ndlovu, S., Walubita, L., Alvarez, A. (2011). The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art.

Desalination, 271, 235-247. Recuperado el 6 de noviembre de 2020 de: https://www.researchgate.net/profile/John_Cluett/publication/221964511_The_treatment_of_brewery_wastewater_for_reuse_State_of_the_art/links/59d85a2ea6fdcc2aad065c9e/The-treatment-of-brewery-wastewater-for-reuse-State-of-the-art.pdf

20. Solusen (s.f.). Proceso de elaboración de nuestras cervezas. Recuperado el día 14 de noviembre de 2020 de: <http://www.cervezasenigma.com/es/mundo-enigma/proceso-de-elaboracion>

21. Surasky, J., Morosi, G. (2013). La relación entre los seres humanos y la naturaleza: construcción, actualidad y proyecciones de un peligro ambiental. Recuperado el 2 de noviembre de 2020 de: http://www.iri.edu.ar/images/Documentos/noticias_pagina_web/documentos_de_rebajo/doc_trab_3_abril_2013.pdf

22. UNL. (2010, 5 de agosto). Efluentes de cervecería: ¿residuos o materia prima? Recuperado el 13 de octubre de 2020 de: https://www.unl.edu.ar/noticias/leer/7338/Efluentes_de_cerveceria_residuos_o_materia_prima.html#.X5Hkd0JKgWp

23. Urquizar, M. (2013). Resguardo del derecho ambiental frente a los procedimientos de tratamientos de residuos y reciclaje. Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.

ANEXOS

Anexo 1: Extracto del Informe Mecánica de Suelos, Cervecería Back House

AGROINDUSTRIA

2.3 Planos del Proyecto

Para la elaboración de este estudio se contó con los siguientes planos de arquitectura, todos los emitidos por el Arquitecto Sr. Roberto Gonzales Cominetti en marzo del 2021:

- Lámina 1: Planos de Arquitectura.
- Lámina 2: Planos de Arquitectura Emplazamiento Ubicación.
- Lámina 3: Planos de Arquitectura.
- Lámina 4: Escantillones y Detalles.
- Lámina 5: Detalles.

3.1 ANTECEDENTES DE MECANICA DE SUELOS

Con motivo de la exploración de suelos, se excavaron 3 calicatas nombradas como "C-1" a "C-3", ubicadas en una diagonal a lo largo del terreno en estudio. Esta exploración en terreno se realizó el día 15 de julio del 2020. Las calicatas fueron excavadas hasta alcanzar una profundidad de 2,0m bajo el nivel del terreno existente.

Durante la exploración, la zona estaba bajo un clima frío, dominado por una onda polar, con cielos espejados.

3.2 Inspección de Subsuelos Existentes

Sobre la base de descripción visual e inspección de campo, se puede determinar lo siguiente:

- I. El subsuelo está conformado por una primera capa de suelo vegetal de entre 0,40m a 0,50m de espesor, seguida por capas de gravas arenosas arcillosas a limosas de compacidad media a alta con espesores de entre 0,30m a 0,70m, de humedad alta a saturada, con bolones redondeados en aumento en profundidad llegando a un 30% del volumen del suelo; Estas capas constituyen estratos de transición a la grava arenosa fluvial subyacente, la cual se encuentra a contar de los 1,70m a 1,90m de profundidad. Este último estrato corresponde a la grava fluvial del Rio Maipo, y constituye un medio de alta permeabilidad por el cual fluye una abundante napa de agua, la cual aflora consistentemente entre los 1,70m y 1,90m bajo el nivel del terreno existente y alcanza en el tiempo hasta los 1,45m bajo el nivel de terreno. En algunos sectores aledaños a sitio del proyecto esta napa alcanza hasta los 0,90m bajo el nivel de terreno.

Anexo 2: Caracterización de RILES de la Cervecería Back House



LABORATORIO QUÍMICO SANITARIO
CARLOS LATORRE S.A.
 Avenida Bulnes 139 - Of. 64 - Fono: 6961481 - Fax/Fax: 6968114

IDENTIFICACION MUESTRA

Región : Metropolitana
 Provincia :
 Ciudad / localidad :
PROCEDENCIA / ORIGEN : RIL - Planta Cervecera
 Tipo de muestra : Puntual
 Fecha y hora de toma : 06 de Febrero del 2006
 N° Muestra, fecha y hora recepción : 122 - 08 de Febrero del 2006
 Fecha y hora comienzo análisis : 08 de Febrero del 2006
 Monitoreo : Cliente
 Preservantes usados : -
 Referencia :
 Métodos de Ensayo : Manual SISS (A) - Determinación Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th (B) - NCh 2313 (C).

RESULTADO DE ANALISIS

PARAMETROS	METODOLOGIA	CONCENTRACION MEDIDA
Ph	NCh 2313 - 1 (C)	4.91 U
Temperatura	NCh 2313 - 2 (C)	28.4 °C
DBO ₅	NCh 2313 - 5 (C)	12 465.0 mgO ₂ /L
Nitrógeno Total Kjeldahl	NCh 2313 - 28 (C)	1 008.0 mg/L
Fósforo Total	NCh 2313 - 15 (C)	47.7 mg/L
Sólidos Suspendidos	NCh 2313 - 3 (C)	4 580.0 mg/L
DQO	NCh 2313 - 24 (C)	21 180.0 mg/L

MARCO A. MATILLA B.
 Químico

LABORATORIO QUÍMICO SANITARIO
 CARLOS LATORRE S.A.

Anexo 3: Dimensiones de la cámara de rejas. Memoria de cálculo de Back House

1. DIMENSIONES CAMARA DE REJAS HECHA DE HORMIGON

Item	Unidad	Valor
Largo cámara	m	2,0
Ancho cámara	m	1,0
Ancho canal	m	0,4
Altura	m	1,0
Área	m ²	0,4

Obtencion Volumen estanque hormigon

$$\text{Volumen_separador_solidos} = \text{Largo_camara} \cdot \text{Ancho_camara} \cdot \text{Altura}$$

Datos

$$\text{Larg_Cam} := 2\text{m}$$

$$\text{Anch_Cam} := 1\text{m}$$

$$\text{Alt} := 1\text{m}$$

$$\text{Volumen_separador_solidos} := 2\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 1\text{m}$$

$$\text{Volumen_separador_solidos} = 2\text{m}^3$$

$$\text{Volumen_separador_solidos} := 2\text{m}^3 \cdot \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} = 2000\text{L}$$

NOTA: Es decir, el espacio suficiente para suplir los 1500 Litros de RIL

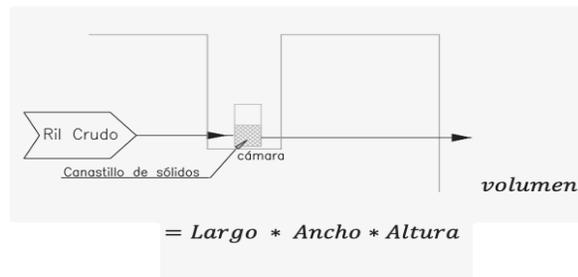
Obtencion area de la base de estanque

$$\text{Area_separador_solidos} = \text{Largo_camara} \cdot \text{Ancho_camara}$$

$$\text{Area_separador_solidos} := 2\text{m} \cdot 1\text{m}$$

$$\text{Area_separador_solidos} = 2\text{m}^2$$

- 1- La cámara acumuladora de RILES tendrá forma rectangular y será hecha de hormigón. Se sabe que:



Datos:

$$L = 2\text{m} \quad A = 1\text{m} \quad \text{Alt} = 1\text{m}$$

$$\text{Volumen} = 2\text{m}^3$$

$$2\text{m}^3 * \frac{100\text{L}}{1\text{m}^3} = 2000\text{L} \rightarrow \text{Espacio para suplir los 1500 lts de RIL}$$

$$\text{Area de la base: } \text{largo} * \text{Ancho} = 2\text{m}^2$$

Anexo 4: Cálculo del ecualizador. Memoria de cálculo de Cervecería Back House

2. TANQUE DE ECUALIZACIÓN

Parámetro	Unidad	Valor
Diámetro estanque	m	1,2
Área estanque	m ²	1,13
Altura útil de agua	m	1,4
Capacidad útil estanque	Litros	1.582
Altura total estanque	m	3,0

Obtención de Volumen de estanque de ecualizador

$$\text{Volumen_estanque} = \frac{\pi \cdot \text{Diámetro_estanque}^2}{4} \cdot \text{Altura_total_estanque}$$

Datos

$$\text{Diam_estan} := 1.2\text{m}$$

$$\text{Alt_est} := 3\text{m}$$

$$\text{Volumen_estanque} := \frac{\pi \cdot (1.2\text{m})^2}{4} \cdot (3\text{m}) = 3.393 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen_estanque} := 3.393 \text{ m}^3 \cdot \frac{1000 \cdot \text{L}}{1\text{m}^3} = 3393 \text{ L}$$

Obtención Area de estanque

$$\text{Area_estanque_} := \frac{\pi \cdot (1.2\text{m})^2}{4} = 1.131 \text{ m}^2$$

Obtención de Volumen de agua dentro del ecualizador

Datos

$$\text{Diam_estan} := 1.2\text{m}$$

$$\text{Alt_agua} := 1.4\text{m}$$

$$\text{Volumen_de_agua} = \frac{\pi \cdot \text{Diámetro_estanque}^2}{4} \cdot \text{Altura_util_agua}$$

$$\text{Volumen_de_agua} := \frac{\pi \cdot (1.2\text{m})^2}{4} \cdot (1.4\text{m}) = 1.583 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen_de_agua} := 1.583 \text{ m}^3 \cdot \left(\frac{1000 \cdot \text{L}}{1\text{m}^3} \right) = 1583 \text{ L}$$

Anexo 5: Cálculo del tanque físico químico. Memoria de cálculo de Cervecería Back House

3. TANQUE FISICO QUIMICO

Parámetro	Unidad	Valor
Cantidad de reactores	Un.	1
Volumen estanque	Lts	2.400
Diámetro estanque	m	1,64
Área estanque	m ²	2,11
Altura útil a nivel máximo (término del llenado)	m	1,57
Altura útil	m	1,0

Obtención de Volumen de estanque Fisico Quimico

$$\text{Volumen_estanque} = \frac{\pi \cdot \text{Diametro_estanque}^2}{4} \cdot \text{Altura_total_estanque}$$

Datos

$$\text{Diam_estan} := 1.64\text{m}$$

$$\text{Alt_est} := 2.11\text{m}$$

$$\text{Volumen_estanque} := \frac{\pi \cdot (1.64\text{m})^2}{4} \cdot (2.11\text{m}) = 4.457\text{m}^3$$

$$\text{Volumen_estanque} := 4.457\text{m}^3 \frac{1000 \cdot \text{L}}{1\text{m}^3} = 4457\text{L}$$

Obtención Area de estanque

$$\text{Area_estanque} := \frac{\pi \cdot (1.64\text{m})^2}{4} = 2.112\text{m}^2$$

Obtención de Volumen de agua dentro del estanque Fisico Quimico

Datos

$$\text{Diam_estan} := 1.64\text{m}$$

$$\text{Alt_util} := 1\text{m}$$

$$\text{Volumen_de_agua} = \frac{\pi \cdot \text{Diametro_estanque}^2}{4} \cdot \text{Altura_util_agua}$$

$$\text{Volumen_de_agua} := \frac{\pi \cdot (1.64\text{m})^2}{4} \cdot (1\text{m}) = 2.112\text{m}^3$$

Anexo 6: Cálculo del tanque polímero. Memoria de cálculo de Cervecería Back House

5. Tanque hecho de acero con un diámetro de 800 mm y 1.5 mts de altura, equipado con un agitador motorreductor y variador de velocidad de giro de hasta 30 a 40 rpm.

Datos:

$$D = 0.8\text{m} \quad \text{alt} = 1.5\text{m}$$

$$Volumen = \frac{\pi * 0.8^2}{4} * 1.5 = 0.754 \text{ m}^3 \rightarrow 754 \text{ litros}$$

$$Area \text{ tanque} = \frac{\pi * 0.8^2}{4} = 0.503 \text{ m}$$

Obtención de la altura de lodo dentro del estanque.

Datos

$$Diam_estan := 1.64\text{m}$$

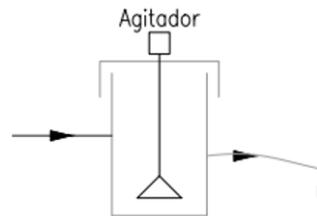
$$Volumen_lodo_decantado := 300\text{L} \cdot \frac{1\text{m}^3}{1000\text{L}} = 0.3 \text{ m}^3$$

$$\frac{Volumen_lodo_decantado}{\frac{\pi \text{Diametro_estanque}^2}{4}} = \text{Altura_util_lodo}$$

$$\text{Altura_util_lodo} := \frac{0.3 \text{ m}^3}{\frac{\pi(1.64\text{m})^2}{4}} = 0.142\text{m}$$

Anexo 7: Cálculo del estanque de almacenamiento. Memoria de cálculo de Cervecería Back House

Tanque de 500 litros hecho de polietileno, con un caudal de 10 lt/min de lodo.



$$\text{volumen} = \text{caudal} \times \text{tiempo de llenado}$$

$$\text{Tiempo de llenado} = \frac{\text{Volumen}}{\text{caudal lodo}}$$

Datos:

Vol: 500 Lts. Caudal: 10 Lt/min.

Resolución de tiempo estimado

$$\text{Tiempo_de_llenado} := \frac{500\text{L}}{10 \frac{\text{L}}{\text{min}}}$$

$$\text{Tiempo_de_llenado} := 500\text{L} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{\text{min}}{\text{L}} = 50\text{min}$$

$$\text{Tiempo_de_llenado} := 50\text{min} \cdot \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 3000\text{s}$$

$$\text{Tiempo_de_llenado} := 50\text{min} \cdot \frac{1\text{hr}}{60\text{min}} = 0.833\text{hr}$$

Anexo 8: Cálculo del estaque de acero. Memoria de cálculo de Cervecería Back House

Tanque hecho de acero con un diámetro de 800 mm y 1.5 mts de altura, equipado con un agitador motorreductor y variador de velocidad de giro de hasta 30 a 40 rpm.

Datos:

$$D = 0.8\text{m} \quad \text{alt} = 1.5\text{m}$$

$$Volumen = \frac{\pi * 0.8^2}{4} * 1.5 = 0.754 \text{ m}^3 \rightarrow 754 \text{ litros}$$

$$Area \text{ tanque} = \frac{\pi * 0.8^2}{4} = 0.503 \text{ m}$$

Obtención de la altura de lodo dentro del estanque.

Datos

$$Diam_estan := 1.64\text{m}$$

$$Volumen_lodo_decantado := 300\text{L} \cdot \frac{1\text{m}^3}{1000\text{L}} = 0.3 \text{ m}^3$$

$$\frac{Volumen_lodo_decantado}{\frac{\pi \cdot Diametro_estanque^2}{4}} = \text{Altura_util_lodo}$$

$$\text{Altura_util_lodo} := \frac{0.3 \text{ m}^3}{\frac{\pi(1.64\text{m})^2}{4}} = 0.142 \text{ m}$$

Anexo 9: Cotización de la Planta de Tratamiento de RILES

		Total	1970 UF + IVA
--	--	--------------	----------------------

No Incluye Flete a obra
Tiempo de fabricación: 60 días

Av.Nueva Tajamar 481 of.1403- Las Condes Fono: 562 28555734 - 569 56275891 Ventas y Bodega Camino Lonquén Paradero 15 ½ Local A Calera de
Tango



CONDICIONES DE PAGO

Condiciones de pago contra factura
Para el comienzo de trabajos se solicita el envío de Orden de Compra
Se solicita Anticipo 50 % y 45 % contra entrega de suministros en terreno y 5 % contra puesta en marcha.
Conforme a este informe espero respuesta a su requerimiento.

EXCLUSIONES

- Proyecto Eléctrico
- Declaración Proyecto de RILes
- Todo lo que no haya sido explícitamente indicado como incluido en esta propuesta.

Anexo 10: Cotización de Tanque en Base a la Producción de Lodos

PARÁMETRO	Unidad	Físico Químico
Lodo producido en base seca 100% sólidos	Kg/día	7,5
Concentración de lodos decantados	%	4
Volumen de lodos decantados	Lts/d	300

Para determinar las medidas del tanque se realizó en base a la cantidad de lodos producidos en su base seca la cual corresponde a 7.5 kg/día.

Se sabe que:

Diámetro del estanque: 800 mm = 0.8 metros

Altura del estanque: 1.5 metros

$$\text{Volumen del estanque} = \frac{\pi * (0.8^2)}{4} * 1.5 = 0.754 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del estanque: } 0.754 * \frac{1000}{1} = 754 \text{ Litros}$$

$$\text{Área del estanque: } \frac{\pi * 0.8^2}{4} = 0.503 \text{ m}^2$$

Altura del Lodo dentro del estanque de acero

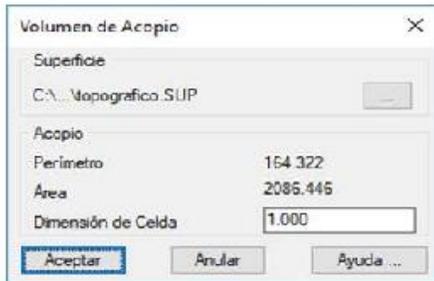
Diámetro estanque = 1.64 metros

$$\text{Volumen lodo decantado} = 300 * \frac{1}{1000} = 0.3 \text{ m}^3$$

$$\text{Altura util del lodo} = \frac{0.3}{\frac{\pi * 1.64^2}{4}} = 0.142 \text{ metros}$$

Anexo 11: Dimensiones de la Zona de Acopio

La zona de acopio se determinó a través del programa TcpMDT, herramienta que permite calcular el volumen de los diferentes acopios que se pueden tener en determinada superficie. En este caso es solo una zona de acopio por lo que se deben ingresar el perímetro y área del terreno para obtener la dimensión de la celda.



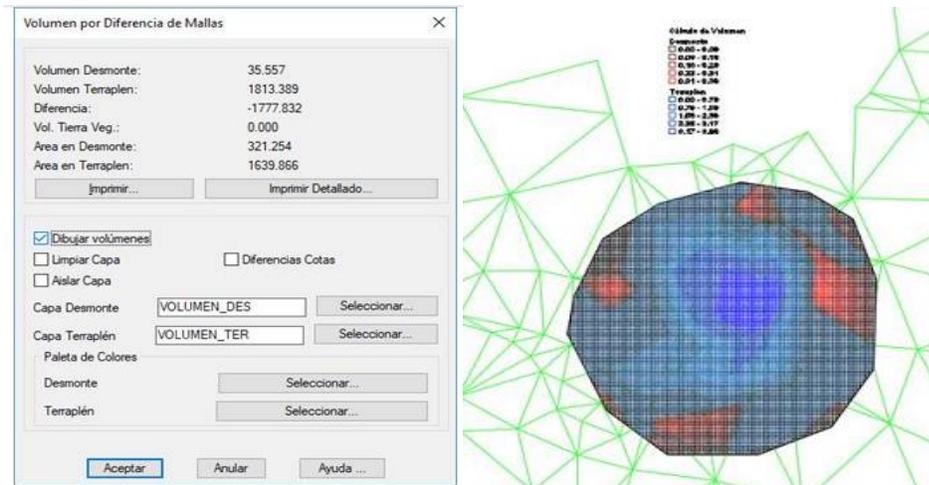
Superficie: superficie con la cual se va a realizar el cálculo.

Perímetro: Perímetro de la polilínea seleccionada.

Área: Superficie de la polilínea seleccionada.

Dimensión de Celda: Valor del tamaño de celda para realizar el cálculo de volúmenes.

Al validar el diálogo nos aparece el resultado del cálculo de volumen, similar al que se muestra en el cálculo por mallas o superficies, dando la posibilidad de dibujar el resultado.



El programa entrega los siguientes valores para la zona de acopio:

Parámetros	Unidad	Valor
Superficie de acopio requerida	M ²	20
Ancho zona de acopio	m	4
Largo zona de acopio	m	5
Altura pilas de acopio	m	0,6
Ancho pilas de acopio	m	4

