



Universidad del Bío-Bío
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería en Maderas
Escuela Ingeniería Civil Química



DISMINUCIÓN DE INCRUSTACIONES EN TINAS DE CÁMARAS DE SECADO EN FORESTAL LEÓN LTDA MEDIANTE EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Informe de Habilitación Profesional presentado en conformidad a los
requisitos para obtener el título de Ingeniero Civil Químico

ROSA CATALINA BARRAZA RIQUELME

Profesor Tutor: Aldo Ballerini Arroyo
Ingeniero Supervisor: Hítalo Cruz Nova

Concepción, 8 de Julio de 2022

RESUMEN

Empresas León es un conjunto de dos empresas, Energía León S.A. y Forestal León Ltda. ambas ubicadas en Coelemu, Región del Ñuble, Chile. Energía León S.A. es una empresa industrial de cogeneración de energía, es decir, genera energía eléctrica y, además, genera vapor para otro proceso industrial productivo. Por otra parte, Forestal León Ltda. es una empresa forestal y maderera, encargada de generar variados productos a partir de *Pinus radiata*. Dentro de esta, encontramos diversos sectores productivos, como aserradero, remanufactura, plywood, y bosques.

En Forestal León Ltda., específicamente en el área de remanufactura, encontramos el área de secado en cámaras, operación unitaria encargada de eliminar el agua que contiene la madera mediante la evaporación, para obtener un producto con las características requeridas por el productor, el consumidor y/o por la normativa existente. Dentro de estas cámaras, encontramos un evaporador, el cual está conformado por una tina y tuberías. Es en la superficie de estas últimas donde se genera una gran cantidad de incrustaciones, siendo este el principal problema. Esto se debe a que el agua utilizada para alimentar las tinas, provienen de los RILes de la planta de energía, la cual contiene grandes cantidades de sales incrustantes. Actualmente, la empresa posee cinco cámaras, de las cuales solo tres serán objeto de estudio.

Para lograr disminuir las incrustaciones, se estudió la composición de estas y la composición de las aguas residuales, con el objetivo de compararlas e identificar cuáles son los compuestos o elementos que están generando el problema. Además, se determinó la mejor alternativa de tratamientos que pueden ser aplicados en las aguas residuales, con el objetivo de entregar una propuesta de solución. Por otra parte, se determinaron las horas que las cámaras estuvieron detenidas por efecto de las limpiezas que se deben realizar para eliminar las incrustaciones.

Dentro de los resultados obtenidos, tanto en los RILes de energía, como en los RILes de remanufactura, encontramos altas concentraciones de sílice y carbonato de calcio o también llamado dureza. En el caso de los resultados de las incrustaciones, se encontró principalmente oxígeno, silicio, calcio y magnesio, lo que se puede inferir como incrustaciones de sílice o silicato de estos.

Además, se realizaron cálculos para obtener la cantidad de agua máxima necesaria para alimentar las tres cámaras de secado durante 24 horas, obteniendo un total aproximado de 300 m³ diarios.

En cuanto a la pérdida de producción debido a las detenciones por limpieza de la superficie de las tinas, se obtuvo que, en los 12 meses de estudio, se perdieron 220 m³, es decir, aproximadamente dos cargas de madera seca, lo que conlleva a pérdidas de aproximadamente 3 millones anuales.

Las incrustaciones adheridas en la superficie de las tuberías actúan como material aislante, impidiendo la correcta transferencia de calor, generando menor vapor y mayores tiempos dentro de la operación, por lo que realizar un tratamiento al agua de alimentación utilizada, permitiría optimizar el secado.

Para el tratamiento de los RILes de energía, se considera un sistema de osmosis inversa capaz de generar aproximadamente entre 10 a 15 m³/h de agua permeada. Previo a esto, es necesario un sistema de ultrafiltración precedido de coagulación con la finalidad de obtener las condiciones óptimas para realizar el tratamiento. Considerando la localización del proyecto y el tamaño de las propuestas, sería factible la instalación de esto, pero se generaría una inversión mínima de aproximadamente de 210 millones de pesos, la cual no se recupera a corto plazo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis padres, Jeny Riquelme y Moisés Barraza, quienes son el pilar fundamental de mi vida, gracias por estar siempre a mi lado, por su amor y dedicación al criarme, educarme y darme los valores necesarios para ser la persona que soy hoy.

A mi hermano Moisés, por apoyarme en cada una de las decisiones que he tomado, acompañarme, cuidarme, aconsejarme y abrazarme cada vez que lo he necesitado, por ser el mejor hermano.

A mi tía Solange, por estar presente a lo largo de mi vida, cuidándome y apoyándome en cada una de mis etapas; y a mis primos Nicolas, Sofía y Luis, quienes siempre son capaces de sacarme una sonrisa y me dan un motivo para seguir esforzándome en la vida.

A mi abuela Rosa, quien ha estado presente en todos los hitos importantes de mi vida, y ahora último, nos apoyó para poder terminar con este proceso.

A mis amigas Poulette y Fernanda, quienes han estado conmigo en los mejores y peores momentos, gracias por acompañarme, darme alegría, amor y ánimos en cada vez que lo necesitaba, por celebrar cada uno de mis triunfos y abrazar cada una de mis tristezas.

A mis amigas Nicole, Daniela y Araceli, quienes me apoyaron para continuar con la carrera, siendo un gran refugio en mi etapa universitaria y en lo que continuará después de esta.

A los profesores que, a lo largo de mi educación, me han formado y entregado los valores y conocimientos necesarios para poder culminar mis estudios, en especial, a mi profesor guía, Aldo Ballerini, quien me orientó en esta última etapa de universidad.

Al personal de Energía León S.A, por recibirme con los brazos abiertos, darme la oportunidad de ser la única mujer dentro de su entorno laboral, por entregarme sus conocimientos y cuidarme. Y al personal de Remanufactura, quienes compartieron sus conocimientos y estuvieron dispuestos a ayudarme para terminar mi memoria de título.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	i
AGRADECIMIENTOS	iii
TABLA DE CONTENIDOS	iv
NOMENCLATURA	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Industria Forestal a Nivel Mundial	5
3.2 Industria Forestal en Chile	5
3.3 Empresas León	6
3.3.1 Energía León S.A	6
3.3.2 Forestal León Ltda.	6
3.4 Madera.....	6
3.5 Secado de Madera	7
3.5.1 Bases físicas del secado de madera	7
3.5.2 Secado de madera natural.....	7
3.5.3 Secado de madera artificial	7
3.6 Secado de Madera en Forestal León Ltda.	8
3.6.1 Programa Lógico Controlador.....	10
3.7 Residuos Líquidos Industriales (RILes).....	11
3.7.1 Tipos de RILes	12
3.7.2 Tratamiento de RILes.....	12
3.7.3 Decreto Supremo 90/2000.....	14
3.8 Incrustaciones.....	15

3.8.1	Tipos de incrustaciones	15
3.8.2	Silicio	16
4.	OBJETIVOS	17
4.1	Objetivo general	17
4.2	Objetivos específicos	17
5.	METODOLOGÍA.....	18
5.1	Recursos materiales y equipos	18
5.1.1	Materiales.....	18
5.1.2	Equipos.....	18
5.2	Procedimiento	19
5.2.1	Análisis de RILes de energía.....	19
5.2.2	Análisis de RILes de Remanufactura.....	20
5.2.3	Análisis elemental de incrustaciones	20
5.2.4	Cuantificación de agua en tinas de secado.....	20
5.2.5	Propuesta de implementación de tratamientos físicos y/o químicos.....	21
5.2.6	Revisión de historiales de programas de secado	22
5.2.7	Revisión de detenciones por limpieza de tuberías	22
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
6.1	Resultados análisis RILes Energía	24
6.2	Resultados análisis RILes Remanufactura	26
6.3	Resultados análisis elemental de incrustaciones	28
6.4	Cuantificación de agua en tinas de secado	31
6.5	Pérdida de producción.....	31
6.6	Propuesta de tratamiento	35
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39

7.1	Conclusiones	39
7.2	Recomendaciones.....	40
8.	REFERENCIAS.....	41
9.	ANEXOS	45
9.1	Anexo 1: Producción mundial de productos forestales.....	45
9.2	Anexo 2: Consumo de trozos por Industria Forestal.....	45
9.3	Anexo 3: Superficie de plantaciones forestales	46
9.4	Anexo 4: Ubicación Empresas León.....	47
9.5	Anexo 5: DS 90/2000.....	48
9.6	Anexo 6: Instrumentos	50
9.7	Anexo 7: Resultados análisis elemental	51
9.8	Anexo 8: Datos secadores	52
9.9	Anexo 9: Propuesta 1	61
9.10	Anexo 10: Propuesta 2.....	71
9.11	Anexo 11: Espacio disponible	72

NOMENCLATURA

Unidades de medida

- Cps/eV → Cuentas por segundo por electronvoltio.
- °C → Grados Celsius.
- Ft → Pie.
- ha → Hectáreas.
- keV → Kilo electronvoltios.
- l/min → Litro por minuto.
- m → Metro.
- m³ → Metro cúbico.
- m³/h → Metro cúbico por hora.
- uS/cm → MicroSiemens por centímetro.
- mgO₂/l → Miligramo de oxígeno por litro.
- mg/l → Miligramo por litro.
- NMP/100 ml → Número más probable por cien mililitros.
- ppm → Partes por millón.
- % → Por ciento.
- t → Toneladas.
- NTU → Unidad nefelométrica de turbidez.
- W/m°C → Watt por metro kelvin.
- W/m²°C → Watt por metro cuadrado kelvin.

Abreviaturas

- EDTA → Ácido Etilendiaminotetraacético.
- NaCl → Cloruro de Sodio.
- SiO₂ → Dióxido de silicio (SiO₂).
- SEM – EDX → Microscopía Electrónica de Barrido – Espectroscopía de Rayos X de energía dispersiva.
- PLC → Programa Lógico Controlador.
- RILes → Residuos Líquidos Industriales.

- SCADA → Supervisión Control y Adquisición de Datos.
- (SiO₄)⁴⁻ → Tetraedro de silicio.

Lista de Figuras

Figura N°1: Diagrama global actual de secado de madera.	3
Figura N°2: Vista isométrica de las cámaras de secado.	9
Figura N°3: Vista frontal secadores de madera.	9
Figura N°4: Pantalla principal sistema SCADA.	11
Figura N°5: Resultados análisis elemental muestra 1.	29
Figura N°6: Resultado análisis elemental muestra 2.	29
Figura N°7: Resultado análisis elemental muestra 3.	30
Figura N°8: Promedio de tiempo de secado.	33
Figura N°9: Promedio de volumen de madera.	33
Figura N°10: Plano espacio disponible en la empresa.	38
Figura N°11: Ubicación geográfica de Forestal León.	47
Figura N°12: Vista superior de Empresas León.	47
Figura N°13: Medidor sobremesa multiparámetro HANNA instruments.	50
Figura N°14: Colorímetro HACH DR 900.	50
Figura N°15: Muestra 1.	51
Figura N°16: Muestra 2.	51
Figura N°17: Muestra 3.	51
Figura N°18: Espacio disponible en planta.	72

Lista de Tablas

Tabla N°1: Resultados parámetros in situ RILes Energía.	24
Tabla N°2: Resultados análisis RILes Energía, según decreto 90.	24
Tabla N°3: Análisis RILes de Energía.	25
Tabla N°4: Resultados parámetros in situ RILes Remanufactura.	26
Tabla N°5: Resultados análisis RILes Remanufactura, según decreto 90.	26
Tabla N°6: Análisis RILes de Remanufactura.	28
Tabla N°7: Resumen resultados análisis elemental de incrustaciones.	30
Tabla N°8: Fecha de limpieza de tuberías de secadores de madera.	32

Tabla N°9: Cantidad de limpiezas y horas totales por secador.....	34
Tabla N°10: Transferencia de calor en tuberías de tinas.	35
Tabla N°11: Producción mundial de productos forestales en 2019.....	45
Tabla N°12: Consumo de trozos por Industria Forestal en Chile, en 2020.	45
Tabla N°13: Superficie de plantaciones forestales por especie y región.....	46
Tabla N°14: Tabla 1 DS 90.....	48
Tabla N°15: Datos de secadores de madera.....	60

1. INTRODUCCIÓN

Forestal León Ltda., es una empresa forestal y maderera, encargada de generar diversos productos a partir de *Pinus radiata*. Dentro de sus principales operaciones unitarias, llevadas a cabo diariamente, encontramos el secado, en donde la madera es sometida a un ambiente controlado de temperatura y humedad para eliminar el agua que sea contenida en ella. Para lograr dichas condiciones, se utilizan aguas provenientes de una caldera y se reutiliza el agua obtenida de los RILes de la empresa vecina, Energía León S.A. Esta última, es un tipo de agua que posee grandes concentraciones de sílice, principal causante de la problemática de la empresa, ya que este mineral, es capaz de generar incrustaciones de alta dureza. Actualmente, estas incrustaciones se generan en la superficie de las tuberías que se encuentran a lo largo de las tinas de los secadores de madera. Este problema no es algo común en el resto de las industrias forestales, ya que el agua que utilizan como alimentación de las tinas, no viene con grandes concentraciones de sales, por lo tanto, no se encontraron estudios en relación a esto.

A nivel industrial, las incrustaciones son una problemática para las empresas, ya que afecta negativamente a la transferencia de calor, disminuyen la eficiencia del equipo en el lugar donde se encuentran adheridas, generan pérdidas económicas, dificultan la accesibilidad, entre otras consecuencias.

Es por esto, que el objetivo principal, es lograr disminuir las incrustaciones en las tinas de cámaras de secado mediante el tratamiento de las aguas residuales utilizadas. De esta forma, se puede normalizar la evaporación, mejorando así, la operación y la calidad de la madera seca. Para lograr esto, es necesario identificar y cuantificar los contaminantes presentes en las aguas residuales, identificar la naturaleza de las incrustaciones adheridas en la superficie de las tuberías, estudiar y determinar tratamientos físicos y/o químicos para disminuir contaminantes de aguas residuales, determinar pérdidas de producción debido a limpieza de tuberías en cámaras de secado y, además, determinar las pérdidas de transferencia de calor por las incrustaciones.

El presente estudio, está dividido en 9 secciones. En primer lugar, encontramos la introducción, en donde se describe brevemente la problemática de estudio; en la sección 2 se encuentra el planteamiento del problema; posteriormente, en la sección 3 se presenta una revisión bibliográfica con los puntos más importantes del estudio en cuestión; en la sección 4, se presentan los objetivos, tanto generales como específicos para solucionar la problemática; luego,

en la sección 5 se describe la metodología, exponiendo tanto los equipos como el procedimiento a seguir; en la sección 6 se desarrollan los resultados obtenidos y la discusión respecto a los estos; a continuación, en la sección 7 se presenta la conclusión del estudio, junto a las recomendaciones; en la sección 8 se pueden observar las referencias; y finalmente, en la sección 9, encontramos los anexos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El secado de madera es una parte fundamental de la industria forestal, ya que, en esta operación, se dan las condiciones óptimas de temperatura y humedad para eliminar el agua que posee la madera, mediante la evaporización. De esta forma se puede generar el producto con las características requeridas tanto por el consumidor, como por la normativa existente.

Actualmente, el secado de madera en Forestal León Ltda., se realiza en cinco cámaras de secado, mediante la generación de vapor. En el caso de las cámaras en estudio, es decir, las cámaras 1, 2 y 3, este vapor se produce gracias a la utilización de aguas provenientes de dos puntos de la empresa. En primer lugar, el agua que proviene de una caldera, y que circula a altas temperaturas por el interior de las tuberías de las tinas de los secadores y, en segundo lugar, agua proveniente de los RILes de la empresa Energía León S.A, la cual tiene una elevada concentración de minerales, y circula por la superficie de las tuberías de las tinas de los secadores.

El principal problema presente dentro del secado de madera, son las incrustaciones que se generan en la superficie de las tuberías, las cuales provocan una pérdida de eficiencia de la operación. Esto, debido a que se generan detenciones para realizar limpieza, lo que conlleva pérdidas de tiempo, desgaste del personal y disminución de la producción. Además, provocan interferencia en la correcta transferencia de calor, generando extensión del tiempo correspondiente.

Es por esto, que se plantea a modo de hipótesis, que la causa de esta problemática corresponde a la calidad del agua que entra a las tinas de los secadores, ya que estas poseen gran concentración de minerales, con composición parcialmente desconocida.

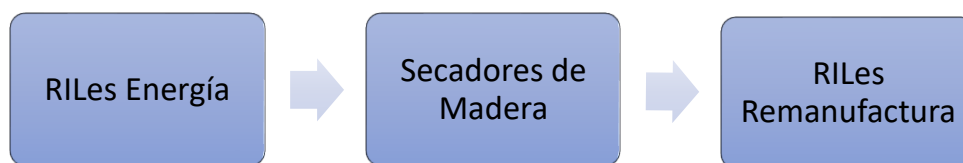


Figura N°1: Diagrama global actual de secado de madera.

Fuente: Elaboración Propia

Para lograr disminuir las incrustaciones en la superficie de las tuberías, evitando las pérdidas de producción debido a las detenciones e ineficiencia en la transferencia de calor, se caracterizarán las aguas de entrada y de salida del proceso, buscando la mejor alternativa para seguir reutilizando los RILes provenientes de la empresa y, de esta forma, ser capaz de eliminar las sales incrustantes. Además, se obtendrá de forma teórica la pérdida de producción generada por las detenciones y la cantidad de agua necesaria para alimentar las cámaras las veinticuatro horas al día, junto a la pérdida de transferencia de calor que se genera por las incrustaciones.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Industria Forestal a Nivel Mundial

La conservación forestal a nivel mundial es un factor importante para mitigar el cambio climático global. A lo largo de los años, se han generado diversos acuerdos, tratados, convenciones, artículos, entre otros, para lograr preservar los bosques, reduciendo la deforestación, y a su vez, las emisiones de gases de efecto invernadero.

Al año 2020, el 31% de la superficie terrestre total correspondía a superficie forestal, la cual está distribuida alrededor del mundo en distintos tipos de bosques. Esto es parte fundamental en la economía, ya que son capaces de dar empleo a millones de personas (Revista Chile Forestal N° 394, 2020), y aportan al Producto Interno Bruto Mundial por los miles de millones de m³ de los distintos tipos de productos que pueden producir, como la madera en rollo, pellets, madera aserrada, pulpa, papel, entre otras. En la tabla N°11 de Anexo 1, se presenta la producción del año 2019 de los distintos productos a nivel mundial.

3.2 Industria Forestal en Chile

Actualmente, Chile posee un compromiso para restaurar un millón de hectáreas de plantaciones de bosques, ya sean de origen nativo o forestal, con el objetivo de que se genere un impacto ambiental significativo en la mitigación del cambio climático (Barraza, J., 2021). Estos bosques son capaces de capturar alrededor del 57% de las emisiones de gases de efecto invernadero totales de Chile, tanto en su proceso biológico, como en su biomasa una vez convertida en madera. Este último, es capaz de capturar el 10,2% del total capturado (Corma., 2021).

Al año 2020, Chile contaba con un total de 17.058.843 hectáreas de bosques. El 13,6% correspondía a hectáreas de plantaciones forestales (2.321.357 ha) y, el 86,4% correspondía a hectáreas de bosque nativo (14.737.486 ha). Estas son explotadas por las distintas industrias, como la industria de pulpa, del aserrío, de tableros y chapas, entre otras (Instituto Forestal., 2021). En la tabla N°12 de Anexo 2, se presenta el consumo de trozos por cada industria en el año 2020.

El *Pinus radiata* es una de las especies con mayor superficie de plantación forestal dentro del año 2020 en Chile, alcanzando alrededor de la mitad de la superficie total de hectáreas utilizadas con plantaciones forestales. En la tabla N°13 de Anexo 3, se presenta la superficie de plantaciones forestales por especie y región.

3.3 Empresas León

Empresas León es un conjunto de dos empresas, Forestal León Ltda. y Energía León S.A., ambas ubicadas en Coelemu, Región del Ñuble, Chile. En Anexo 4 se encuentra la ubicación geográfica de Empresas León.

3.3.1 Energía León S.A

Energía León S.A, es una empresa industrial de cogeneración de energía, es decir, su proceso genera energía eléctrica y, además, genera vapor para otro proceso industrial productivo, en este caso, para Forestal León Ltda. Esto se lleva a cabo a partir de los desechos de los bosques y de la producción forestal. Además, existe una planta de agua para suplir con los requerimientos de agua necesarios de cada una de las operaciones. De esta empresa, se genera una gran cantidad de residuos líquidos industriales, proveniente de purgas, rechazo de osmosis inversa, retro lavados de filtros, entre otros.

3.3.2 Forestal León Ltda.

Forestal León Ltda. es una empresa forestal y maderera, encargada de generar variados productos a partir de *Pinus radiata*. Dentro de esta, encontramos diversos sectores productivos, como aserradero, en donde se recepcionan los troncos de los bosques, se descortezan y clasifican para ser procesados dependiendo de sus características; remanufactura, en donde la madera es secada, cepillada y empaquetada; plywood, en donde se producen tableros contrachapados; vigas laminadas, en donde se producen pilares, vigas, deck, entre otros; y bosques, donde se planta y manejan las plantaciones de pinos.

3.4 Madera

La madera es una de las materias primas de origen vegetal más explotada por el ser humano, se encuentra principalmente en troncos y ramas de árboles y arbustos. Dentro de sus características más relevantes, encontramos la función de soporte y transporte de nutrientes y agua.

Al estar recién cortada, la madera contiene agua que varía dependiendo de las condiciones a las que se encuentre, es decir, su ubicación geográfica, época del año, especie, entre otros. Esta agua puede encontrarse de distintas formas dentro de la madera, y dependiendo de esto, recibe una distinta denominación. En el caso de estar en las cavidades celulares, se denomina agua libre;

si se encuentra en las paredes celulares, se denomina agua saturada o higroscópica; y en el caso de encontrarse como parte de la materia celular, se denomina agua de constitución.

3.5 Secado de Madera

El secado es una operación unitaria, en la cual se elimina el agua que posea la madera, mediante la evaporación, para obtener un producto con las características requeridas por el productor, el consumidor o por la normativa existente. Esto puede ser de forma natural, es decir, mediante las condiciones climáticas ambientales, o de forma artificial, en donde se generan las condiciones óptimas de temperatura y humedad de forma forzada.

3.5.1 Bases físicas del secado de madera

El secado de madera en cámara se realiza mediante el control de temperatura, velocidad del aire y humedad. La temperatura es un factor de aceleración de la evaporación, es decir, a mayor temperatura, más intensa es la evaporación y, a su vez, la velocidad del movimiento del agua en el interior de la pieza de madera será mayor. Por otro lado, la velocidad del aire mediante la utilización de ventilación o circulación de aire a través de las pilas de madera, nos permiten transmitir la energía para calentar el agua contenida en la madera, y además para eliminar el exceso de humedad dentro de la cámara. La humedad es un parámetro que indica la cantidad de agua disuelta en un gas o la cantidad de agua absorbida por un sólido, en este caso la madera.

La determinación del contenido de humedad hace referencia al agua libre que contiene la madera, es decir, se define el peso del agua presente en la pieza en función del peso de la pieza seca o anhidra.

3.5.2 Secado de madera natural

El secado de madera natural consiste en la exposición de la madera al aire libre, esperando que las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire sean óptimas para la operación (Santana, J., et. al., 2009). El tiempo de secado varía dependiendo de la cantidad de humedad con la que se encuentre la madera inicialmente, las condiciones ambientales y humedad final con que se requiera el producto (CITEmadera., 2009).

3.5.3 Secado de madera artificial

El secado de madera artificial consiste en la exposición de la madera bajo condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire, que se manipulan mediante

programas, con el fin de lograr la eliminación gradual del agua y para evitar defectos (Foglia, R. C., 2005).

Dentro de los secados de madera artificial, encontramos el secado con métodos químicos, el cual consiste en utilizar sustancias químicas, para acelerar el proceso; el secado al vacío, que consiste en la exposición de la madera a un ambiente con presión inferior a la normal, de modo que el punto de ebullición del agua sea menor (Calderón, A. D., 1993); y el secado en cámaras convencionales, que consiste en exponer la madera, en donde el aire es calentado y recirculado entre la pila de madera, para que este absorba la humedad contenida (Hitschefeld, S. D., 2009).

El año 2020, más del 50% de la producción, es decir, 4,1 millones de m³ de madera aserrada utilizó como principal tratamiento el secado en cámara, factor importante en la calidad de los productos elaborados que se fabrican (INFOR., 2022).

3.6 Secado de Madera en Forestal León Ltda.

Una vez que el tronco pasa por el área de aserradero, la madera ya cortada es llevada a la operación de secado, la cual se lleva a cabo en cámaras de secado convencional, donde se remueve el agua de la superficie de la madera, mediante evaporización. Para esto, es necesario controlar parámetros operacionales, como lo son la temperatura y la humedad, las cuales determinan el clima dentro de un secador y, además, la velocidad del aire.

Actualmente, la planta consta de cinco cámaras de secado, que se encuentran separadas en dos grupos dentro de la planta, es decir, cámara 1-2-3 y cámaras 4-5. El objeto de estudio en este caso será el primer grupo. Las tres cámaras son tipo túnel con un portón tipo corredera a cada extremo y están diseñadas para cargar pilas de hasta 21 m de largo, 2 x 1,3 m de ancho y 3 x 1,3 m de altura. En la figura N°2 se presenta una vista isométrica de las tres cámaras de secado estudiadas.

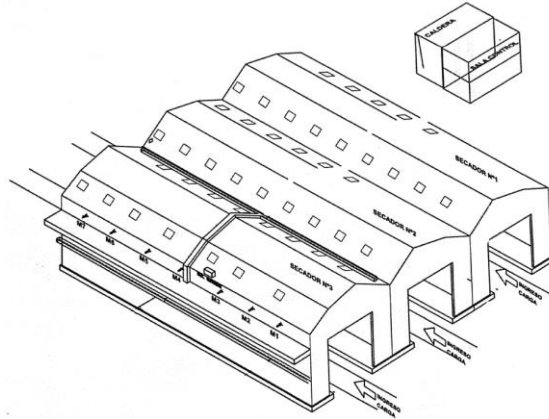


Figura N°2: Vista isométrica de las cámaras de secado.

Fuente: Neumann. (2010)

Estos secadores requieren de diversos componentes para asegurar un óptimo secado. Dentro de estos encontramos la aislación, con el objetivo de mantener las temperaturas y evitar las pérdidas de calor; un sistema de ventilación con ventiladores axiales que sean capaces de garantizar flujos iguales en ambas direcciones y con ventilas ubicadas en el techo capaz de renovar el aire húmedo. Además, un sistema de calefacción, capaz de calentar el aire interno gracias a un intercambiador de calor; un sistema de humectación, el cual se compone de aspersores de agua fría para disminuir la temperatura de la cámara o para aumentar levemente la humedad de la pila de madera, y un evaporador, es decir, una tina y tuberías, las cuales se alimentan interiormente por agua caliente proveniente de una caldera, siendo capaces de evaporar el agua fría que se alimenta en el exterior de las tuberías, teniendo una capacidad máxima de alimentación, según diseño, de 64 l/min (Neumann., 2006). En la figura N°3 se presenta la vista frontal de las cámaras de secado, en donde se puede apreciar las tinas, aspersores, pilas de madera y ventilas.

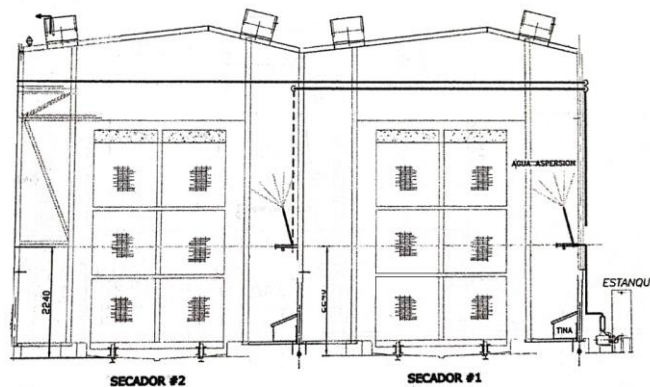


Figura N°3: Vista frontal secadores de madera.

Fuente: Neumann. (2006)

Para un secado homogéneo, es necesario que la selección de la pila al ingresar a la cámara sea la correcta, es decir, se debe seleccionar dependiendo de sus condiciones iniciales, como por ejemplo sus dimensiones, contenido de humedad, la calidad, el estado fitosanitario y el contenido de humedad en el que requerimos el producto. Una vez seleccionada, la madera debe ser apilada y separada por listones uniformes.

Actualmente, esta operación se realiza mediante cinco etapas, vaporizado inicial, calentamiento, secado, acondicionado y enfriamiento.

- Vaporizado inicial: comienza con la utilización de las tinas, liberando la máxima cantidad de vapor durante aproximadamente una hora, homogeneizando la carga con vapor y creando un ambiente húmedo dentro de la cámara.
- Calentamiento: continúan funcionando las tinas liberando vapor y comienzan a actuar los ventiladores para que el vapor circule por la pila por alrededor de tres horas. De esta forma, aumenta la temperatura de la madera y del agua contenida en esta, mejorando el transporte interno de la humedad contenida.
- Secado: esta etapa tiene como objetivo evaporar el agua libre y ligada contenida en la madera, disminuyendo el contenido de humedad hasta alrededor del 15%. Para esto, aumenta la carga de los ventiladores, y se abren las ventilas para que se renueve el aire. La duración de esta etapa depende de las condiciones de la madera, siendo aproximadamente durante cuarenta horas.
- Acondicionado: en la penúltima etapa, se liberan las tensiones producidas durante la etapa de secado, para esto se mantiene la temperatura durante alrededor de diez horas, siendo necesaria la utilización solo de las tinas.
- Enfriamiento: es la última etapa del secado, en donde se comienza a disminuir la temperatura al interior de la cámara, de modo que la madera no sufra deformaciones por un choque térmico al salir de la cámara, en esta etapa existe la utilización de los ventiladores y ventilas para circular y renovar el aire al interior de la cámara.

3.6.1 Programa Lógico Controlador

El secado de madera en Forestal León Ltda., es controlado de forma autónoma por un sistema de monitoreo y control del proceso, llamado “Canelo 8.0 – Control Total”, y un sistema SCADA, Supervisión, Control y Adquisición de Datos. Este incorpora tecnologías capaces de controlar la

operación y comunicar datos mediante dos componentes principales: un sistema de control mediante PLC (Programa Lógico Controlador) Allen-Bradley localizado en un tablero de control, un sistema de monitoreo y registro de las variables más relevantes residentes en un computador comunicado con el tablero de control a través de una interfaz. Dentro de esto, existen diversos programas, los cuales pueden depender del tiempo, del contenido de humedad o del gradiente de secado.

En la figura N°4 presenta la pantalla principal del sistema SCADA de secado de madera en Forestal León Ltda. en donde se pueden observar: (A) Alarmas en general; (B) Síntesis de las variables del proceso del secador; (C) Alarmas de la cámara en pantalla; (D) Cuadro resumen del programa; (E) Botones de comando; (F) Variables de proceso del secador; (G) Contenido de humedad de la madera en línea; (H) Gráfico en línea de variables principales; (I) Cuadro resumen de consumo de aspersión, motores y tina; (J) Botón de bombas que despliega ventana de estado y comando de estas.

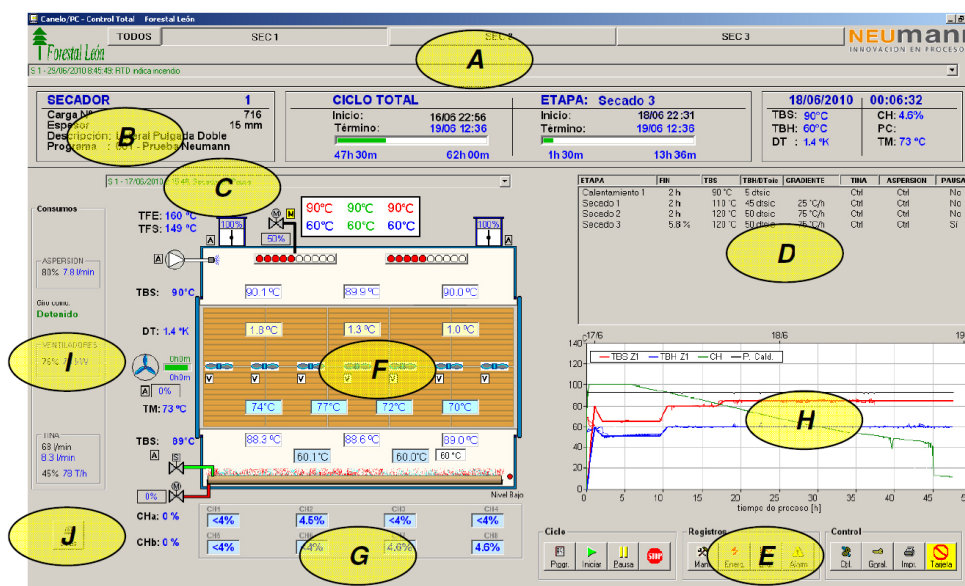


Figura N°4: Pantalla principal sistema SCADA.

Fuente: Neumann, (2010)

3.7 Residuos Líquidos Industriales (RILEs)

El Decreto Supremo 90 del Ministerio secretaria general de la Presidencia, establece la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos a aguas marinas y continentales superficiales, en donde define como residuo líquido a aquellas aguas que

se descargan desde una fuente emisora a un cuerpo receptor. Por otra parte, el Decreto 594 del Ministerio de Salud, el cual aprueba el reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, define por residuo industrial todo aquel residuo sólido, líquido o combinación de estos, provenientes de los procesos industriales y que por sus características físicas, químicas o microbiológicas no puedan asimilarse a los residuos domésticos. Por lo tanto, los residuos líquidos industriales son aguas de desecho generadas como producto de un proceso, actividad o servicio industrial.

Dependiendo de la fuente de generación, los residuos líquidos pueden tener diferentes propiedades físicas (color, olor, temperatura, etc.), biológicas (animales, plantas, virus, hongos, bacterias), orgánicas (carbohidratos, grasas, proteínas, etc.) e inorgánicas (alcalinidad, cloruros, metales, etc.).

3.7.1 Tipos de RILes

Dependiendo de la composición de estos residuos, se pueden clasificar en:

- RILes con constituyente minerales: contienen metales, compuestos halogenados, y una serie de sustancia inorgánicas con alto índice de toxicidad y/o peligrosidad (Romero, J., 2017).
- RILes con constituyentes orgánicos: contienen compuestos orgánicos como celulosa, taninos, compuestos azufrados o clorados, los cuales son difíciles de biodegradar y necesitan un tratamiento antes de llegar al cuerpo receptor (Romero, J., 2017).
- RILes con constituyentes de naturaleza radioactiva: contienen compuestos radioactivos, los cuales tienen una vida media generalmente muy elevada (Romero, J., 2017).
- RILes que producen contaminación térmica: provocan cambio en la temperatura del cuerpo receptor generando peligros en la flora y fauna del ecosistema (Romero, J., 2017).

3.7.2 Tratamiento de RILes

Para poder eliminar los contaminantes que puedan afectar las condiciones del cuerpo receptor, se utilizan los tratamientos de RILes, los cuales mejoran la calidad física, química y/o biológica según corresponda. La selección del tratamiento depende de factores como la eficiencia de remoción, la disponibilidad de tecnología, los costos, la calidad del efluente que entra y del que debe salir por normativa, etc. Estos se clasifican en tres grandes grupos, tratamientos primarios, secundarios y terciarios (Romero, J., 2017).

Los tratamientos primarios son métodos de separación físicos o mecánicos, los cuales eliminan principalmente los sólidos en suspensión o materia orgánica particulada (Rojas, R., 2002).

- Flotación: La flotación es un método de separación de partículas de bajas densidad de una fase líquida, gracias a burbujas de gas, principalmente aire, que es añadida al medio acuoso. Estas se adhieren a las partículas, ascendiendo a la superficie. (Novelo, R. M., et. al., 2008).
- Sedimentación: La sedimentación es un método de eliminación de sólidos en suspensión por diferencia de densidad, en donde las partículas más densas, decantan por efecto de la gravedad (Fernández, R., 2015).
- Coagulación - Floculación: La coagulación es capaz de neutralizar las cargas de las partículas coloidales disueltas en el agua, a través de un químico coagulante, siendo capaz de agrupar las partículas para aumentar su tamaño. Y la floculación, gracias al movimiento o agitación del fluido, permite que los pequeños sólidos suspendidos comiencen a unirse, formando flóculos, es decir, aumenta el tamaño de los micro flóculos, para que estos sean capaces de sedimentar (Lorenzo-Acosta, Y., 2006).
- Filtración: La filtración es un método de separación de partículas suspendidas en un fluido, mediante la utilización de un medio poroso que retiene dichas partículas (Gálvez, C. A., s.f).

Los tratamientos secundarios o también llamados biológicos utilizan microorganismos para eliminar materia orgánica disuelta, dentro de los principales encontramos:

- Lagunas facultativas: Las lagunas facultativas son aquellas que retienen las aguas por un periodo de tiempo, en donde se desarrollen procesos naturales de estabilización. En la parte superior de la laguna se mantienen condiciones aeróbicas, en donde la materia orgánica es degradada por microorganismos, los cuales utilizan el oxígeno producido generalmente por algas que viven dentro de la misma laguna; y en la parte inferior, se mantienen condiciones anaeróbicas, donde la materia orgánica es sedimentada (Matsumoto, T., & Sánchez Ortiz, I. A., 2010).
- Lodos activados: Los lodos activados, es un proceso aeróbico, el cual está constituido principalmente de bacterias, quienes consumen la materia orgánica biodegradable como

proteínas, carbohidratos, lípidos, entre otros. Para mantener el ambiente aerobio, es necesaria la aireación ya sea mecánica o por difusores (Moeller, G., & Tomasini, A. C., 2004).

Los tratamientos terciarios o tratamientos avanzados eliminan contaminantes en estado coloidal o suspendidos, carga orgánica residual y otras sustancias que no son eliminadas con los tratamientos anteriores, entre estos, encontramos:

- **Osmosis inversa:** La osmosis inversa permite eliminar la concentración de una solución líquida, mediante la aplicación de una presión determinada, a través de una o varias membranas semipermeables. Es capaz de eliminar hasta un 95% de las sales, sólidos disueltos, carga orgánica, microorganismos, entre otros (Moreno Benavídes, J. A., 2012).
- **Intercambio Iónico:** El intercambio iónico es capaz de eliminar los iones del agua, donde un ion es sustituido por otro de la misma carga, mediante resinas (Linares Peña, E., & Rodríguez Roldan, L. F., 2018).
- **Nanofiltración:** La nanofiltración es capaz de separar algunas sustancias de bajo peso molecular, como sales, azúcares y/o minerales disueltos, mediante membranas selectivas con poros de aprox. 1 nanómetro.
- **Electrodialisis:** La electrodialisis es un proceso electroquímico capaz de separar los componentes de la solución en su forma iónica, mediante una diferencia de potencial eléctrico producido por corriente eléctrica, los cuales son separadas posteriormente por membranas selectivas catiónicas o aniónicas (González Campayo, I., 2020).
- **Ozonización:** La ozonización es un proceso de oxidación que permite degradar compuestos orgánicos resistentes y compuestos inorgánicos, ya que el ozono es un gran oxidante y desinfectante. Es capaz de reducir color, olor, turbidez, oxidar hierro, manganeso y sulfuros, entre otros (Grisales Penagos., et. al., 2012).

3.7.3 Decreto Supremo 90/2000

El Decreto Supremo 90 publicado en 2001, establece la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y aguas continentales superficiales, teniendo como objetivo la protección ambiental y la prevención de la contaminación por residuos líquidos a las aguas anteriormente mencionadas. De esta forma, es posible mejorar la calidad ambiental de las aguas y que se mantengan con las condiciones de

ambientes libres de contaminación según la Constitución y las Leyes de la República. En esta se establecen las concentraciones máximas de contaminantes permitidos por los residuos descargados a los cuerpos de agua de todo el territorio nacional. En Anexo 5 se presenta la tabla N°14 del Decreto Supremo 90, en la que se definen los límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de aguas fluviales.

3.8 Incrustaciones

Se denomina incrustaciones a la adherencia y acumulación de partículas que sedimentan sobre una superficie (Morales Carbonell, L. F., 2018), a partir principalmente, de aguas sobresaturadas de minerales. En el caso del presente estudio, esas partículas son sedimentos minerales provenientes del estero Pirumavida y de los desechos de las distintas operaciones de la planta de energía, las cuales se adhieren a la superficie de tuberías.

Las sales de calcio y magnesio son las principales sales incrustantes dentro de las industrias, debido a su adherencia, efecto aislante y densidad. Estas, al estar disueltas en el agua, tienen la facilidad de adherirse a las superficies calientes. Por otra parte, las grandes concentraciones de silicio pueden provocar distintos tipos de incrustaciones; las incrustaciones de sílice pura, es poco común, pero puede provocarse cuando existen grandes concentraciones de sílice en el agua. La formación de silicatos de calcio o magnesio son más comunes, y tienen una gran complejidad para ser eliminado por la dureza y adherencia del compuesto (Lapeña, M. R., 1989).

Al producirse incrustaciones en las tuberías, ya sea en el interior o en el exterior de estas, se obstruye el paso del flujo, disminuye la transferencia de calor en el caso de que esto se requiera, impide el acceso de herramientas en el caso de reparación, y, en resumen, generalmente disminuyen el rendimiento del equipo en donde se generan (Caraballo Flores, D. R., 2009).

3.8.1 Tipos de incrustaciones

Dentro de los principales tipos de incrustaciones, encontramos las incrustaciones biológicas, que se generan por especies biológicas adheridas a una superficie, como moluscos, algas, bacterias, entre otros, Las incrustaciones por depósito, es decir, partículas como barro, que son depositadas y adheridas a las cañerías; incrustaciones por corrosión, las cuales se generan por acumulación de corrosión provocada por una reacción química entre las sales y el material de las tuberías; incrustaciones por precipitación, generadas por la precipitación de las sales que posee el agua, como sulfato de calcio, fosfato de calcio, entre otros. Finalmente, las incrustaciones

químicas, provocadas cuando las partículas o iones reaccionan sobre la superficie, generando depósitos sobre estas (Lapeña, M. R., 1989).

3.8.2 Silicio

El silicio es el segundo elemento químico más abundante en la corteza terrestre, pero no se encuentra naturalmente en estado libre, sino en compuestos como sílice o silicatos.

Sílice es el nombre convencional del dióxido de silicio (SiO_2). Este es el compuesto mineral con mayor presencia en el ecosistema terrestre, y se presenta en forma cristalina o amorfa. En su forma cristalina puede ser encontrado en tridimita, cristobalita y principalmente en cuarzo, encontrándose en la arena, rocas, suelo o en suministros naturales como aguas subterráneas en forma de sílice coloidal, con concentraciones inferiores a 1 y mayores a 100 ppm (International Agency for Research on Cancer., 2012). Este compuesto reacciona a muy altas temperaturas, su punto de fusión se encuentra en 1.410°C y su punto de ebullición en 2.680°C ; su propiedad principal es su alta dureza, encontrándose en la escala de Mohs con un valor de 7. Por otra parte, la sílice es una parte importante de las incrustaciones formadas por muchas aguas.

Por otra parte, existen compuestos minerales denominados silicatos, los cuales tienen como unidad básica el tetraedro de silicio (SiO_4)⁴⁻. Al ser un compuesto aniónico, es capaz de unirse a cationes para neutralizarse, dentro de estos cationes, encontramos potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, aluminio, titanio e incluso silicio (Ibáñez Asensio, S., et. al., 2011).

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Analizar tratamientos de aguas residuales para disminuir las incrustaciones en las tinas de las cámaras de secado.

4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la composición de las aguas residuales.
- Identificar la naturaleza de las incrustaciones generadas en la superficie de las tinas de los secadores de madera.
- Proponer la implementación de tratamientos físicos y/o químicos para disminuir contaminantes de aguas residuales.
- Determinar pérdidas de producción debido a limpieza de tuberías en cámaras de secado.

5. METODOLOGÍA

5.1 Recursos materiales y equipos

5.1.1 Materiales

Para realizar los análisis de RILes tanto de remanufactura como de energía, se tomaron muestras en botellas de borosilicato para poder ser analizados en el laboratorio de la empresa, en donde, además, se utilizaron tubos de ensayo o celdas de vidrio, una gradilla plástica, una botella mezcladora cuadrada, un gotario, y los reactivos correspondientes para realizar los análisis.

Por otra parte, para realizar el análisis elemental de las incrustaciones, se tomaron muestras de la superficie de las tuberías de las tinas de los secadores de madera gracias a la utilización de una pala, siendo almacenadas, finalmente, en placas Petri plásticas.

5.1.2 Equipos

El análisis elemental de las muestras de incrustaciones fue realizado en el Laboratorio de Microscopía Electrónica del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad del Bío Bío, Campus Fernando May, Chillán; en donde se facilitó un microscopio electrónico de rastreo SEM-EDX (Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray spectroscopy), marca Bruker, modelo Hitachi SU3500. Con este equipo es posible obtener una imagen en blanco y negro de alta resolución, por encima de los 100.000 aumentos, y un análisis elemental de la superficie, gracias a la técnica de barrido de una muestra con un haz de luz de electrones.

Los análisis de laboratorio realizados en la empresa fueron desarrollados gracias a la utilización de un colorímetro portátil, marca HACH, modelo DR 900, el cual es capaz de medir concentraciones de hasta 90 métodos de análisis de agua. Esto, ya que el instrumento mide la absorbancia de una solución en una específica frecuencia de luz determinada, obteniendo la concentración de un soluto conocido proporcional a la absorbancia. Para esto, el colorímetro utiliza un diodo led emisor de luz y un filtro capaz de elegir el color de la fuente de luz que más absorbe el soluto, maximizando así, la precisión de la lectura. Por otra parte, se utiliza un instrumento medidor de sobremesa multiparámetro, marca HANNA instruments, modelo HI 2550, el cual, mediante dos electrodos de potencial de oxidación-reducción, es capaz de medir pH, T°, conductividad, porcentaje de NaCl, entre otros. En Anexo 6, se presentan los instrumentos descritos anteriormente.

5.2 Procedimiento

El objetivo de las actividades experimentales en la empresa es poder conocer la composición de las incrustaciones, junto a la composición de los RILes tanto de la planta de energía, como de remanufactura. De esta forma, se podrá realizar el estudio de los elementos y/o compuestos que son necesarios eliminar de las aguas utilizadas en las tinas. Además, se requirió cuantificar el volumen utilizado, para estimar los requerimientos de agua tratada necesarias. Por otra parte, se realizó un análisis de datos recopilados por los trabajadores. Es por esto, que se llevaron a cabo las siguientes actividades:

5.2.1 Análisis de RILes Energía

El análisis de los RILes de la planta de energía fue realizado por ALS Life Sciences Chile S.A., empresa que ofrece una gama de servicios, entre estos, la comprobación y análisis de aguas, ya sea potable, residual o subterráneas. Para esto, el personal recolectó muestras durante 24 horas en el punto de muestreo de los RILes ubicado antes de desembocar en el estero Pirumavida. Una vez analizados según la normativa chilena, se entregó un reporte basado en la tabla N°1 del Decreto Supremo 90.

Por otro lado, se realizaron análisis de sílice, conductividad, pH y dureza dentro del laboratorio de la empresa. En el caso del análisis de la sílice, se tomó una muestra de agua en un frasco de vidrio diariamente durante dos semanas, obteniéndolas en días de producción normal y en días con detención de planta. Estas fueron llevadas al laboratorio para analizarlas a través de la metodología HACH. Este análisis consiste en agregar 10 ml de la muestra a una celda de vidrio y 10 ml de agua desmineralizada en otra celda de vidrio, siendo este último, el blanco; posteriormente incorporar un reactivo para la detección de sílice a cada una de las celdas y agitar para homogeneizar y esperar el tiempo de reacción determinado por el fabricante. Una vez transcurrido el tiempo, se debe colocar el blanco en el soporte de celdas del espectrofotómetro, calibrar en cero y retirar; luego, se debe colocar la celda con la muestra para obtener la concentración de sílice. En el caso del pH y la conductividad, se utilizó un instrumento de sobremesa para medir multiparámetros, en donde se sumergen las puntas de los electrodos del equipo en una celda de vidrio con la muestra, se agita suavemente y se da el tiempo de estabilización del instrumento. Una vez estabilizado, el instrumento entregará el valor de pH o conductividad según corresponda. En el caso de la dureza, se realiza un análisis mediante

titulación, el cual consiste en verter agua de muestra en una botella mezcladora cuadrada, luego, agregar el reactivo para determinar dureza y posteriormente se agrega el titulante EDTA por goteo hasta que la muestra cambie de color; la cantidad de gotas multiplicadas por 20, es el valor de dureza en mg/l.

5.2.2 Análisis de RILes de Remanufactura

El análisis de los RILes de Remanufactura, fue realizado por SGS Chile Ltda., empresa que ofrece diversos servicios, entre estos, la verificación y análisis de aguas. Para esto, el personal recolectó muestras puntuales de la piscina de almacenamiento de los RILes, para ser trasladados al laboratorio de microbiología y medioambiente con el fin de ser analizados, y realizar la entrega de un reporte basado en la tabla N°1 del Decreto Supremo 90.

Finalmente, y al igual que en el caso del análisis de RILes de energía, se realizaron análisis dentro del laboratorio de la empresa, para obtener resultados de sílice, conductividad, pH y dureza, parámetros que no se encuentran dentro del Decreto Supremo 90, basados en el mismo método descrito en el punto 5.2.1.

5.2.3 Análisis elemental de incrustaciones

Las tres muestras de incrustaciones fueron obtenidas de la superficie de las tuberías de las tinas de los secadores, mediante la utilización de una pala. Estas se almacenaron en placas Petri plásticas, siendo trasladadas al Laboratorio de Microscopía Electrónica del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad del Bío Bío. Dichas muestras, fueron ingresadas a la cámara de vacío del microscopio electrónico, en donde se obtuvieron imágenes, y el análisis elemental, entregando un reporte gráfico y en tabla con los resultados obtenidos. En Anexo 7, se presentan las imágenes obtenidas por el Microscopio electrónico y, además, los resultados de los análisis entregados gráficamente.

5.2.4 Cuantificación de agua en tinas de secado

La cuantificación de aguas utilizadas se llevó a cabo de manera teórica, ya que no fue posible obtener el valor real, por la falta de un flujómetro. Es por esto, que se obtiene la cantidad de agua máxima diaria que son capaces de utilizar las tres cámaras, debido a que, según registros, existen programas que superan las 60 horas que debería durar un programa ideal, donde el tiempo de secado, es decir, el tiempo que se considera solo en la etapa de secado, es de 33 horas y el tiempo total del ciclo, considerando el tiempo total de la operación abarcando todas las etapas, es de 90

horas. De esta forma, se asume un consumo de agua de 24 horas al día, en el caso de que las tres cámaras se encuentren en una etapa de acondicionamiento de mayor cantidad de horas en comparación al promedio definido de forma ideal, evitando así, la detención de las cámaras por falta de agua. En Anexo 8 se presenta una tabla con las horas de secado y el tiempo de ciclo total, para cada uno de los programas de secado por cada cámara.

Posterior a esto, fue necesario calcular la cantidad de minutos que tiene un día, y multiplicarlas por la cantidad máxima de agua que son capaces de utilizar las tinas por cada secador. Es decir:

- Flujo de agua máxima utilizado en una tina: 64 l/min.
- Minutos en un día: 1.440 min/día.

Como se muestra a continuación, y gracias a los datos obtenidos anteriormente, es posible obtener la cantidad de agua necesaria por una cámara de secado, a través de una multiplicación directa:

$$64 \frac{l}{min} \times 1.440 \frac{min}{día} = 92.160 \frac{l}{día}$$

Esto quiere decir, que una cámara es capaz de utilizar 92.160 l/día, siendo esto equivalente a 92,16 m³/día. Posterior a esto, fue posible calcular la cantidad de agua máxima necesaria para las tres cámaras en estudio, a través de una multiplicación, como se presenta a continuación

$$92.160 \frac{m^3}{día} \times 3 = 276.480 \frac{m^3}{día}$$

5.2.5 Propuesta de implementación de tratamientos físicos y/o químicos.

Para realizar una propuesta de implementación de tratamientos físicos y/o químicos con el fin de disminuir contaminantes de aguas residuales, se desarrolló un estudio de prefactibilidad del proyecto.

En primer lugar, se debió conocer la composición de las aguas a tratar, mediante los análisis realizados tanto dentro de la empresa, como por empresas externas, esto con el objetivo de tener conocimiento de que es lo que se debe eliminar. En paralelo, se estudiaron los tratamientos de RILes existentes, para analizar cuál es el que mejor se adapta a los requerimientos de los secadores. Una vez obtenida esta información, se solicitaron cotizaciones de prefactibilidad a

distintas empresas, es decir, una cotización preliminar con los datos generales de equipos, costos, tamaños, entre otros. El contacto con las distintas empresas se mantuvo mediante correo, y/o por llamadas telefónicas, en donde se explicó la situación problema y lo que se necesitaba lograr con los equipos, para obtener así la mejor respuesta y oferta por parte de las empresas para poder llevar a cabo el proyecto.

Una vez obtenida esta información por parte de las empresas cotizadas, fue posible analizar si existen las condiciones óptimas para poder llevar a cabo el proyecto. Entre estas condiciones, se encuentra la localización. Para esto, y gracias a las especificaciones de los equipos entregadas por las empresas, se obtuvo un plano aproximado de la instalación, con el cual, se evaluó el lugar disponible dentro de la empresa, que cumpliera con los requisitos.

5.2.6 Revisión de historiales de programas de secado

Se realizó una revisión de los historiales de programas de secado registrados por los operadores en bitácoras. Los datos obtenidos fueron ingresados en una planilla Excel, con el objetivo de realizar un análisis más rápido y eficiente. La revisión de los datos se llevó a cabo en relación con el día, mes, año y hora de secado, junto a los tiempos del ciclo de secado, los volúmenes de las cargas y el tiempo de detención del secador existente entre una carga y otra. Una vez obtenida esta información, se procedió a calcular los promedios de tiempos y volumen de madera utilizado por cada secador mensualmente.

5.2.7 Revisión de detenciones por limpieza de tuberías

Los registros obtenidos de las detenciones de las cámaras de secado por limpieza de tuberías fueron desde julio 2021 hasta mayo 2022. Estos datos fueron ingresados en una planilla Excel para realizar un análisis más rápido y eficiente.

Además, y gracias a los promedios calculados en el punto 5.2.6, se pudo obtener en promedio la pérdida de producción generada por las detenciones de las cámaras de secado.

5.2.8 Pérdida de calor

Para obtener la pérdida de calor producida por las incrustaciones adheridas a la superficie de las tuberías, se utilizó la ecuación de resistencia térmica de paredes compuestas para superficies cilíndricas. Gracias a esta, se calculó el valor de las tuberías sin incrustaciones, es decir, mediante solo una pared y, además, de paredes compuestas, es decir, la tubería más una incrustación de

sílice homogénea de 5 mm y de 3 mm de espesor. Para esto, se consideró un metro de largo de una tubería de acero inoxidable 2” Sch 10. A continuación, se presenta la ecuación anteriormente mencionada:

$$q = \frac{2 * \pi * L * (T_i - T_o)}{\frac{1}{h_1 * r_1} + \frac{\ln (r_2/r_1)}{k_1} + \frac{\ln (r_3/r_2)}{k_2} + \dots + \frac{\ln (r_i/r_{i-1})}{k_{i-1}} + \frac{1}{h_2 * r_i}}$$

Donde:

- L: Largo (m)
- Ti: Temperatura interior (°C)
- To: Temperatura exterior (°C)
- hi: coeficiente de transferencia de calor (W/m²°C)
- ri: radio de la tubería (m)
- ki: conductividad térmica (W/m°C)

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados análisis RILes Energía

Como parte del servicio realizado por ALS Life Sciences Chile S.A., se encuentra el registro in situ de pH y temperatura de la muestra al inicio y al final del monitoreo, obteniendo lo siguiente:

Tabla N°1: Resultados parámetros in situ RILes Energía.

Parámetros	Resultados
Temperatura Inicial (°C)	17,1
Temperatura Final (°C)	16,6
pH	7,9

Fuente: ALS Life Sciences Chile. (2022, junio)

Además de los análisis in situ, se realizaron análisis de laboratorio a las muestras continuas, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N°2: Resultados análisis RILes Energía, según decreto 90.

Parámetros	Resultados
Aceites y Grasas (mg/l)	<10
Aluminio (mg/l)	1,25
Arsénico (mg/l)	0,0055
Boro (mg/l)	0,079
Cadmio (mg/l)	<0,002
Cianuro (mg/l)	<0,04
Cloruros (mg/l)	62,5
Cobre total (mg/l)	< 0,005
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	900
Índice de Fenol (mg/l)	<0,001
Cromo hexavalente (mg/l)	<0,01
DBO5 (mgO ₂ /l)	<2,0
Fosforo (mg/l)	0,247
Fluoruro (mg/l)	0,14

Hidrocarburos Fijos (mg/l)	<10
Hierro disuelto (mg/l)	0,24
Manganeso (mg/l)	<0,005
Mercurio (mg/l)	<0,0005
Molibdeno (mg/l)	<0,01
Níquel (mg/l)	<0,05
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/l)	2,69
Pentaclorofenol (mg/l)	<0,005
pH (unidad)	7,27
Plomo (mg/l)	<0,03
Poder Espumógeno	<2
Selenio (mg/l)	<0,0005
Sólidos Suspendedos Totales (mg/l)	25
Sulfatos (mg/l)	<10
Sulfuros (mg/l)	<0,06
Temperatura (°C)	22
Tetracloroetano (mg/l)	<0,01
Tolueno (mg/l)	<0,001
Triclorometano (mg/l)	<0,01
Xileno (mg/l)	<0,003
Zinc (mg/l)	<0,005

Fuente: ALS Life Sciences Chile. (2022, junio)

Por otra parte, se realizaron análisis de laboratorio dentro de la empresa, en donde se midió conductividad, turbidez, sílice y dureza, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N°3: Análisis RILes Energía.

Parámetro	Resultados
Conductividad (uS/cm)	265,45
Turbidez (NTU)	8,0
Sílice (mg/l)	52,38
Dureza (mg/l)	60

Fuente: Elaboración propia

De los resultados presentados de los distintos análisis de los RILes de la planta de Energía, es posible reconocer que el mayor componente presente en la muestra, son los cloruros. Estos no son los de mayor relevancia dentro del estudio, ya que no es un compuesto incrustante. En segundo lugar, encontramos el carbonato de calcio, medido como dureza, que, a diferencia de los cloruros, si es un compuesto incrustante. En tercer lugar, se encuentra la sílice, que al igual que el carbonato de calcio, es una sal incrustante. Por otra parte, se puede observar que los sólidos suspendidos totales se encuentran en grandes cantidades, lo cual puede generar un problema en algunos equipos que sean recomendados por los proveedores, debido a que pueden tapar los poros de las membranas de los equipos o pueden acumularse impidiendo la permeabilidad del equipo.

6.2 Resultados análisis RILes Remanufactura

Al igual que la empresa encargada de los RILes de Remanufactura, SGS Chile Ltda., como parte del servicio, registró los datos de pH y temperatura de la muestra in situ al inicio del monitoreo, obteniendo lo siguiente:

Tabla N°4: Resultados parámetros in situ RILes Remanufactura.

Contaminantes	Resultados
T° inicial (°C)	29,3
pH	5,7

Fuente: SGS Chile Ltda. (2022, junio)

Además de los análisis obtenidos in situ, a las muestras obtenidas se les realizaron análisis de laboratorio, obteniendo lo siguiente:

Tabla N°5: Resultados análisis RILes Remanufactura, según decreto 90.

Contaminantes	Resultados
Aceites y Grasas (mg/l)	<14
Aluminio (mg/l)	0,46
Arsénico (mg/l)	0,006
Boro (mg/l)	0,13
Cadmio (mg/l)	<0,01
Cianuro (mg/l)	<0,02

Cloruros (mg/l)	123,12
Cobre total (mg/l)	0,13
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1300
Índice de Fenol (mg/l)	<0,01
Cromo hexavalente (mg/l)	<0,03
DBO5 (mgO₂/l)	207
Fosforo (mg/l)	<0,2
Fluoruro (mg/l)	<0,02
Hidrocarburos Fijos (mg/l)	<5
Hierro disuelto (mg/l)	3,13
Manganeso (mg/l)	0,028
Mercurio (mg/l)	<0,0005
Molibdeno (mg/l)	<0,01
Níquel (mg/l)	<0,01
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/l)	4,3
Pentaclorofenol (mg/l)	<0,005
pH (unidad)	6,0
Plomo (mg/l)	<0,01
Poder Espumógeno	6
Selenio (mg/l)	<0,01
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	12
Sulfatos (mg/l)	9,62
Sulfuros (mg/l)	<0,02
Tetracloroetano (mg/l)	<0,01
Tolueno (mg/l)	0,013
Triclorometano (mg/l)	<0,01
Xileno (mg/l)	<0,005
Zinc (mg/l)	0,13

Fuente: SGS Chile Ltda. (2022, junio)

Por otra parte, se realizaron análisis de laboratorio dentro de la empresa, con el objetivo de conocer conductividad, turbidez, sílice y dureza, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N°6: Análisis RILes de Remanufactura.

Parámetro	Resultados
Conductividad (uS/cm)	706,2
Turbidez (NTU)	56,3
Sílice (mg/l)	81,6
Dureza (mg/l)	100

Fuente: Elaboración propia

De los resultados recibidos de los distintos análisis de los RILes de Remanufactura, podemos observar, que al igual que en el caso de los RILes de la planta de energía, el compuesto más abundante son los cloruros. Luego de este, encontramos el carbonato de calcio y la sílice.

Al comparar estos resultados, podemos observar que las RILes de Remanufactura se encuentran más concentrados que los RILes de energía, esto puede deberse a que, en el primer caso, las aguas se encuentran principalmente estancas, es decir, no existe un flujo continuo para ser desechados al estero. Además, al mantenerse por largos periodos de tiempo, existe la posibilidad de que estas sales comiencen a decantar o simplemente que el agua se evapore con mayor facilidad, debido a la temperatura con la que estos residuos son depositados en el estanque de almacenamiento. En cambio, los RILes de Energía que se dirigen a las cámaras de secado, están en constante movimiento, por lo que la posibilidad de que estos se concentren en menor.

Por otra parte, y en el caso de querer reutilizar ambos RILes dentro del proceso, la concentración de sales incrustantes sería mucho mayor, requiriendo una mayor capacidad del tratamiento a implementar.

6.3 Resultados análisis elemental de incrustaciones

Del análisis realizado en el microscopio electrónico de las tres muestras obtenidas, se obtuvieron los resultados presentados en la figura N°5, figura N°6 y figura N°7; además, en la tabla N°7 se presenta un resumen del porcentaje atómico de los resultados de las muestras:

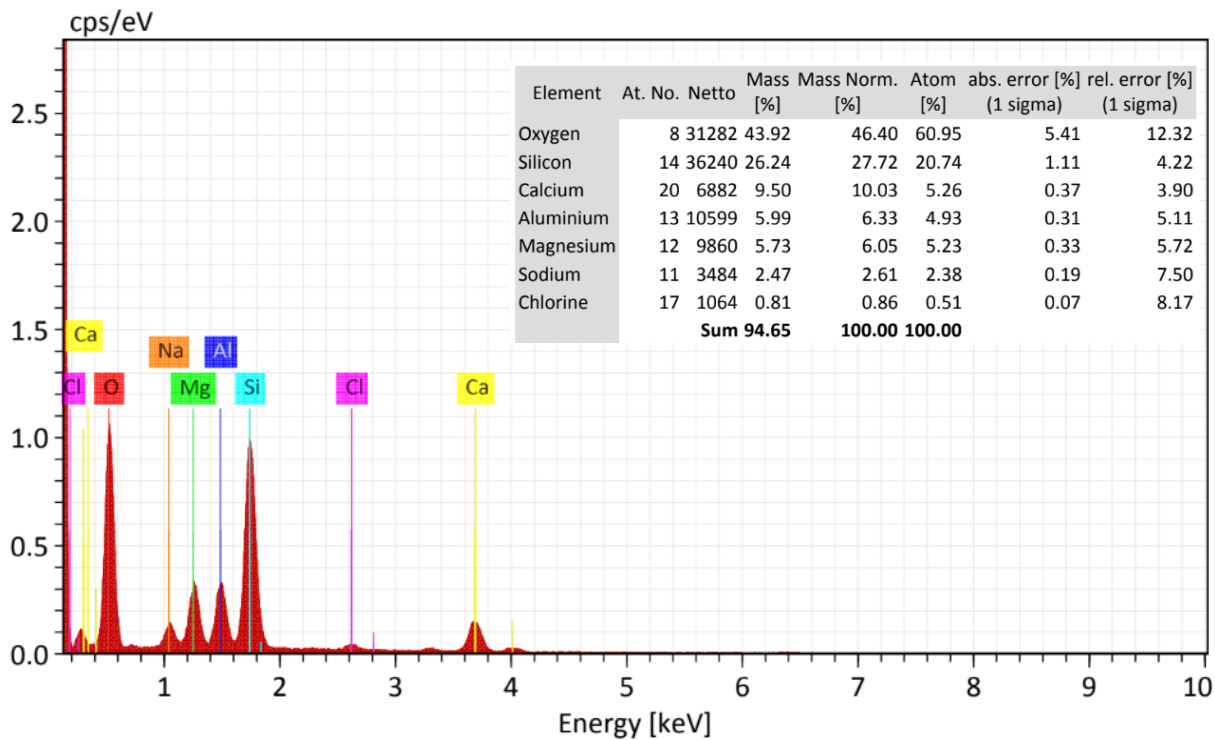


Figura N°5: Resultados análisis elemental muestra 1.

Fuente: Suarez, C. (2022)

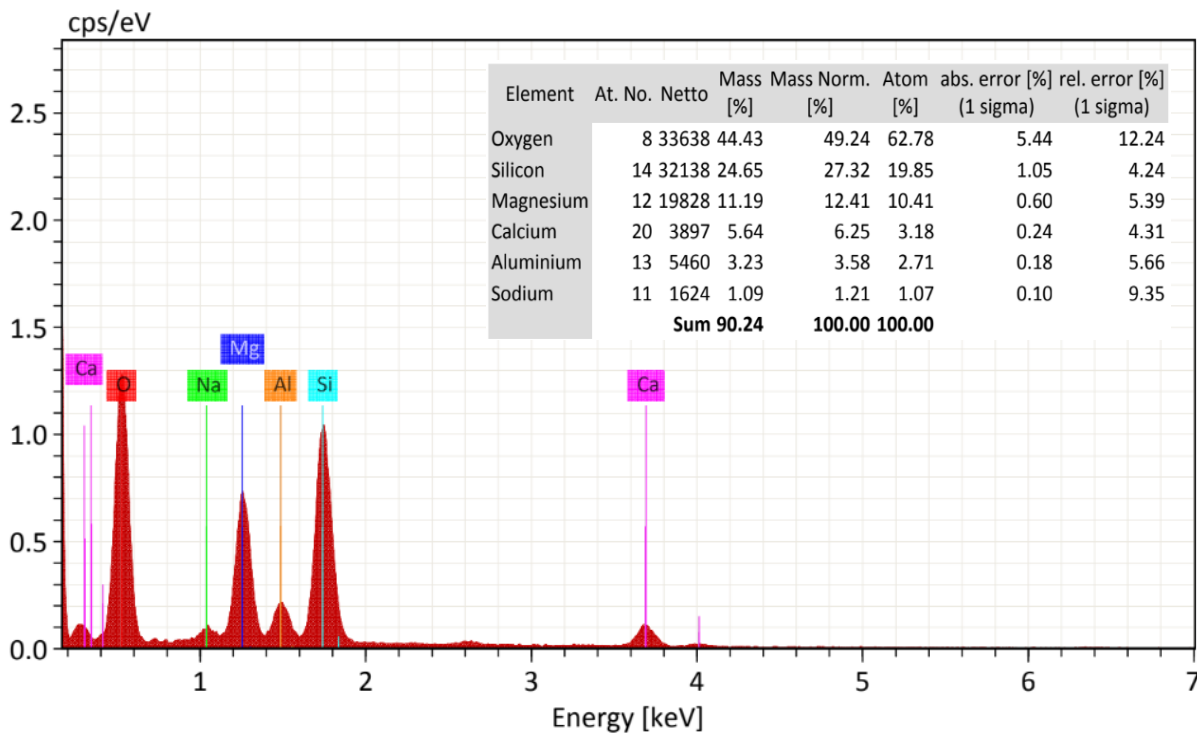


Figura N°6: Resultado análisis elemental muestra 2.

Fuente: Suarez, C. (2022)

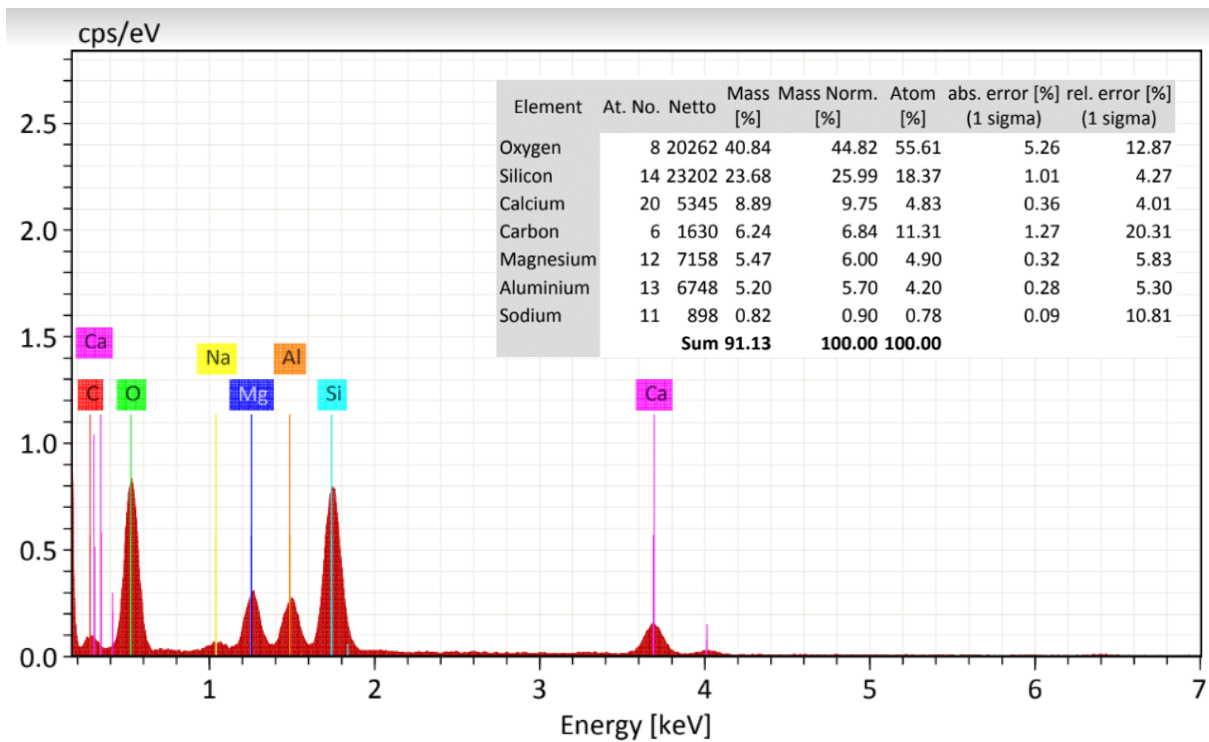


Figura N°7: Resultado análisis elemental muestra 3.

Fuente: Suarez, C. (2022)

Tabla N°7: Resumen resultados análisis elemental de incrustaciones.

Elemento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Oxígeno (%)	60,95	62,78	55,61	59,78
Silicio (%)	20,74	19,85	18,37	19,65
Calcio (%)	5,26	3,18	4,83	4,42
Aluminio (%)	4,93	2,71	4,20	3,95
Magnesio (%)	5,23	10,41	4,90	6,85
Sodio (%)	2,38	1,07	0,78	1,41
Cloro (%)	0,51	0	0	0,17
Carbono (%)	0	0	11,31	3,77

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos de los análisis realizados a las tres muestras de incrustaciones, podemos observar e inferir, que las incrustaciones están compuestas principalmente de sílice o algún tipo de silicato, ya sea de calcio o de magnesio. El porcentaje de carbono encontrado en una de las muestras puede indicar que existen pequeñas partículas orgánicas proveniente de las

aguas, o que, por mala manipulación al momento de realizar el análisis, esta se haya contaminado. Por otra parte, cabe mencionar que el aluminio identificado en las muestras corresponde principalmente a la composición del porta muestras utilizado para realizar el análisis dentro del microscopio electrónico.

Al comparar los resultados de los RILes de Energía y los resultados del análisis elemental, se puede observar que los elementos que coinciden son el silicio y calcio, por lo que son el principal foco a eliminar. Con esta información, es posible determinar el tratamiento correspondiente para lograr eliminar las sales incrustantes. Para esto, se debe tener en consideración ciertos parámetros como la cantidad de sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, entre otros, con la finalidad de evitar daños o pérdidas de eficiencia del sistema utilizado para realizar el tratamiento.

6.4 Cuantificación de agua en tinas de secado

Para determinar la capacidad del sistema de tratamiento a cotizar, se debe considerar la cantidad de agua necesaria para secar la madera, es decir, que este sea capaz de producir 276 m^3 de agua permeada al día. Esto se obtuvo, ya que la capacidad máxima agua utilizar por las tinas de los secadores es de 64 l/min , en un día de funcionamiento constante se requieren de aproximadamente 92.000 l/día por cada cámara de secado, es decir, $92 \text{ m}^3/\text{día}$ por cada una. Considerando las 3 cámaras en estudio, se estima un consumo de agua al día de 276 m^3 .

6.5 Pérdida de producción

Según la información entregada por los operadores de los secadores, las limpiezas realizadas a la superficie de las tuberías de las tinas dependen de las condiciones en las que estas se encuentren; y se llevan a cabo dependiendo de las instrucciones del jefe a cargo. Actualmente no existe un parámetro fijo para que esta decisión sea tomada por los propios operadores.

La duración de estas limpiezas depende de factores como la cantidad de incrustaciones, la cantidad de gente que esté a cargo de la tarea, entre otras; pero generalmente duran aproximadamente cinco horas. En la tabla N°8 se presentan las fechas de las limpiezas realizadas, registradas en bitácora por los operadores.

Tabla N°8: Fecha de limpieza de tuberías de secadores de madera.

Mes	Secador 1	Secador 2	Secador 3
Junio 2021	X	29	X
Julio 2021	X	29	19
Agosto 2021	X	5-31	X
Septiembre 2021	14-30	X	X
Octubre 2021	X	12	X
Noviembre 2021	23	9	X
Diciembre 2021	X	X	2
Enero 2022	X	X	X
Febrero 2022	X	10	X
Marzo 2022	8	7	X
Abril 2022	8	4	8-27
Mayo 2022	30	27	X

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, y de acuerdo con los datos obtenidos de las bitácoras realizadas por los operadores, en las cuales registran la fecha, horario de ingreso, número de carga, espesor de la madera, programa, tiempo de secado, tiempo total del ciclo, y volumen, de acuerdo a cada uno de los secadores; se pudieron obtener los promedios de volumen y tiempo en que se realiza el secado de madera. En la figura N°8 y N°9 se presentan los promedios de tiempo y promedio de volumen de madera, respectivamente, en relación con el año, mes y secador, utilizadas en cada programa de secado. En Anexo 9 se presenta la tabla con los promedios de los datos registrados en bitácora.

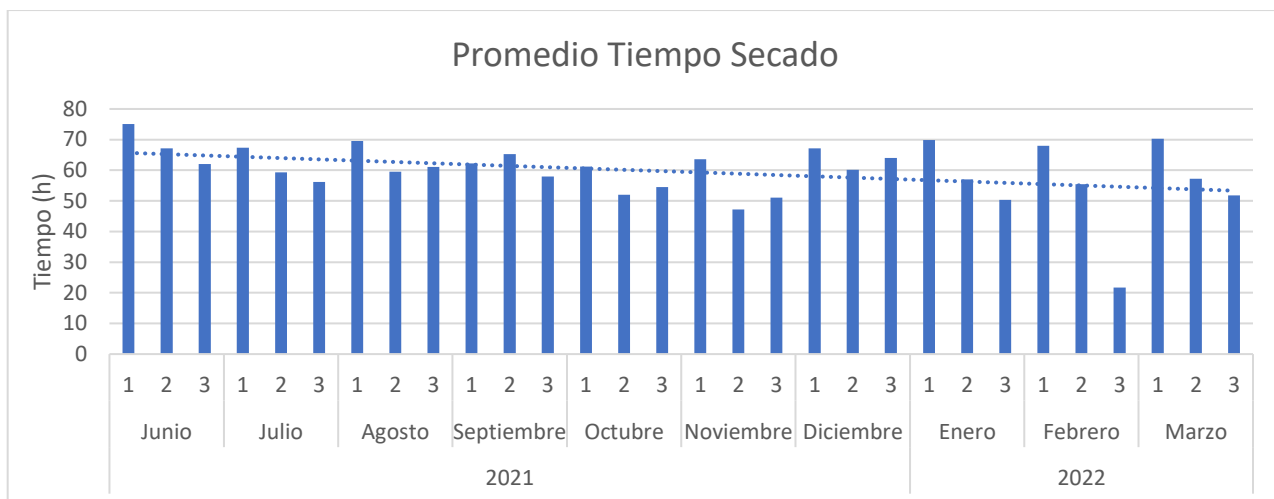


Figura N°8: Promedio de tiempo de secado.

Fuente: Elaboración propia

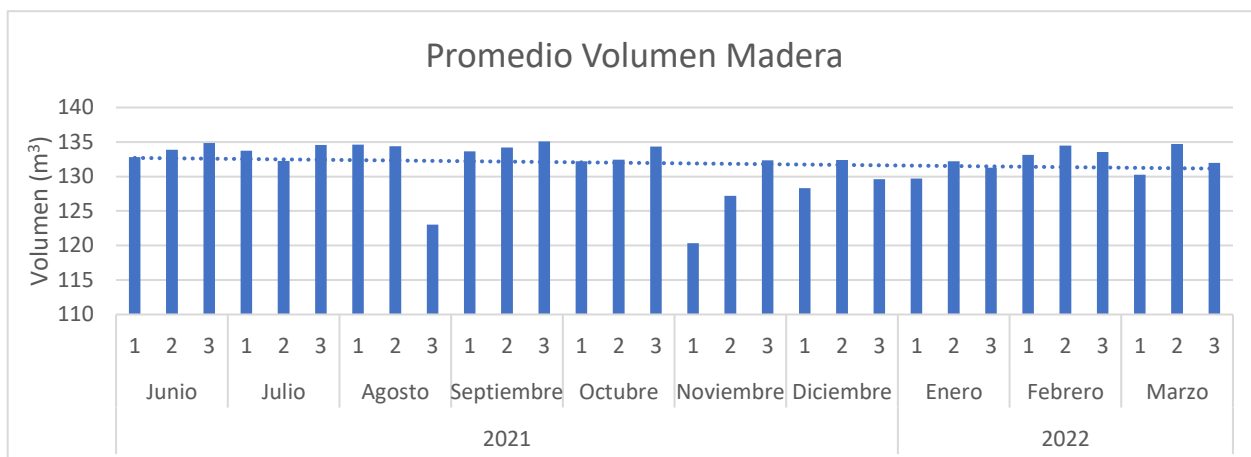


Figura N°9: Promedio de volumen de madera.

Fuente: Elaboración propia

De las gráficas presentadas anteriormente, se puede obtener un promedio de tiempo y volumen, los cuales son:

- Promedio tiempo: 60 h.
- Promedio Volumen de madera: 132 m³.

Una vez obtenidos los promedios, fue necesario calcular la cantidad de tiempo y producción pérdida debido netamente a las limpiezas realizadas, considerando cinco horas por cada detención, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N°9: Cantidad de limpiezas y horas totales por secador.

Secador	Cantidad de limpiezas al año	Horas totales de limpieza al año
1	6	30
2	10	50
3	4	20

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidas las cantidades de horas detenidas, fue posible obtener, de acuerdo a los promedios por cámara, la pérdida de producción por limpieza.

- Secador 1: 30 horas/año → 66 m³/año.
- Secador 2: 50 horas/año → 110 m³/año.
- Secador 3: 20 horas/año → 44 m³/año.

Por lo tanto, en un año, solo por el factor de detención de las cámaras de secado por limpieza de incrustaciones de las tuberías de las tinas, se perdieron 220 m³, esto quiere decir, que aproximadamente, se perdieron dos cargas completas de madera anualmente.

Considerando que el costo operacional a mayo del 2022 es de 14.501 \$/m³, dentro de los doce meses en estudio se perdieron 3.190.220 \$/año.

No obstante, hay que tener en consideración que esto no es algo que se realice con planificación o programación previa, sino que se realizan dependiendo de las decisiones que tome el jefe a cargo del área, por ejemplo, de los doce meses estudiados, en uno de ellos no se realizaron limpiezas ya que el jefe se encontraba de vacaciones. En el caso de que estas limpiezas fueran mensuales o respecto a un parámetro determinado, estas pérdidas serían mucho mayor. Por ejemplo, si estas limpiezas se llevaran a cabo dos veces mensuales, como es el caso de algunos meses, se perderían 360 horas por limpieza, lo que incurre en un costo de 11.484.792 \$/año.

Por otra parte, y de acuerdo a los cálculos de transferencia de calor utilizado la ecuación de resistencias de transferencia de calor en paredes cilíndricas compuestas considerando un metro de tubería, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N°10: Transferencia de calor en tuberías de tinas.

Tipo de pared	Transferencia de calor (W)
Pared de acero inoxidable	16.651,99
Pared de acero inoxidable más incrustación de 1 mm	15.429,54
Pared de acero inoxidable más incrustación de 3 mm	13.417,86
Pared de acero inoxidable más incrustación de 5 mm	11.844,98

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos de paredes compuestas, es decir, de acero inoxidable más incrustaciones, fueron realizados para 1 m de largo y 1, 3 y 5 mm de espesor de incrustaciones, ya que estas no son homogéneas dentro de la tubería, y de esta forma, es posible conocer las pérdidas que se generan en distintas situaciones. Al comparar los resultados de la pared simple, es decir, solo de acero inoxidable, con los resultados obtenidos por las paredes compuestas de 1 mm, se puede observar que existe una pérdida de calor en un metro de tubería, es de aproximadamente de un diez por ciento del calor transferido en condiciones óptimas, afectando en la eficiencia de la evaporación, por las menores cantidades de vapor generadas dentro de la cámara. Al ir aumentando el espesor de la incrustación generadas, se provocan mayores pérdidas de transferencia de calor, debido al bajo coeficiente térmico de la sílice. En el caso de incrustaciones de 3 y 5 mm, se pierde por metro de tubería aproximadamente un veinte y un treinta por ciento respectivamente. Estos valores, nos permiten analizar el factor tiempo, ya que entre menor sea la transferencia de vapor, provoca menor cantidad de vapor, conllevando a mayores tiempos. Por otra parte, es importante considerar que la parte inferior de las tuberías es de difícil acceso para realizar limpiezas, dado que estas están muy cercanas a la superficie de la tina, por lo que la eficiencia sigue disminuyendo.

6.6 Propuesta de tratamiento

La elección de los equipos necesarios para disminuir las incrustaciones en la superficie de las tinas de las cámaras de secado, luego de una revisión bibliográfica y gracias a la orientación de dos empresas, a las cuales se les solicitó una cotización de los sistemas que pudieran ofrecer para solucionar este problema, se determinó, que el mejor tratamiento era un sistema de osmosis inversa. Ambas empresas consultadas dieron la misma sugerencia, y la propuesta ofrecida consistía en un pretratamiento de ultrafiltración, seguida de un sistema de osmosis inversa capaz de eliminar hasta el 95% de las sales presentes en el agua.

En cuanto a los otros tratamientos terciarios capaces de remover sílice, se encuentran el intercambio iónico, el cual solo logra remover el sílice iónico y no en su estado coloidal, por lo que la concentración de sílice del agua permeada puede ser mayor que al utilizar osmosis inversa. Por otra parte, encontramos la electrodiálisis, tratamiento capaz de remover la sílice, pero que requiere de corriente eléctrica constante para lograr la purificación del agua, corriente que, en periodos, es inestable dentro de la planta.

La primera propuesta obtenida, fue de la empresa Pure Aqua inc., empresa estadounidense con la cual se mantuvo contacto vía correo electrónico, por donde fue posible explicar nuestro problema, realizar consultas y recibir la propuesta en relación a lo solicitado. De acuerdo a esto, la propuesta realizada por la empresa fue la instalación de un sistema de osmosis inversa capaz de eliminar sales, bacterias, azúcares, proteínas, entre otros, logrando agua de alta calidad, pero para esto, es necesario un sistema de ultrafiltración para cumplir con las especificaciones de operación del sistema anteriormente descrito, eliminando material o partículas suspendidas de hasta 10 micras de diámetro, virus y bacterias. Para la mantención de los equipos de osmosis inversa y nanofiltración, se sugirió la compra de un sistema de limpieza de membranas, el cual es capaz de eliminar las incrustaciones minerales, las partículas coloidales, material biológico o compuestos orgánicos insolubles que son los principales causantes del ensuciamiento de las membranas, impidiendo la operación óptima de estos equipos. Para esto, es necesario productos químicos tanto ácidos como alcalinos, los cuales son implementados con un sistema de dosificación química. En Anexo 10 se encuentran las hojas de especificaciones del sistema osmosis inversa, sistema de nanofiltración, sistema de dosificación química y sistema de lavado de membranas tanto para la osmosis inversa como para la nanofiltración ofrecidos por la empresa Pure Aqua inc. Por otra parte, la empresa recomendó realizar un pretratamiento, en este caso un sistema de flotación aire disuelto, con el objetivo de reducir las cantidades de aceites y grasas existentes en las aguas a tratar. Este pretratamiento debe ser cotizado en una empresa externa, ya que Pure Aqua, inc., no cuenta con él.

El presupuesto de la propuesta entregado por Pure Aqua inc., tiene un valor de \$232.871 dólares, es decir, aproximadamente 213 millones de pesos chilenos.

La segunda propuesta fue solicitada a Viga Flow, con quienes se mantuvo contacto vía correo y llamada telefónica, en donde se les pudo explicar la situación, realizar consultas y recibir una

propuesta con un valor a lo solicitado. La propuesta entregada por la empresa consiste en la instalación de un sistema de dosificación de químicos, para oxidación y coagulación junto a la instalación de un sistema de ultrafiltración como pretratamiento, etapa en la cual se incorpore cloro, metabisulfito y un químico antiincrustante. Esto con el fin de tener el agua en las condiciones necesarias para poder terminar el proceso con la instalación de un sistema de osmosis inversa capaz de purificar el agua, dejándola libre de sales minerales, metales pesados, cloro, sedimentos, virus y bacterias, logrando un agua con aproximadamente un 90-95% de pureza.

La inversión de esta propuesta para lograr tratar y recuperar los RILes de la planta de energía, considerando entre 10 y 15 m³/h de agua tratada, se encuentra en los 228.500 dólares, sin IVA, es decir, y al igual que Pure Aqua inc., alrededor de 209 millones de pesos.

Considerando 210 millones de pesos como inversión y 3 millones de pérdida por limpieza, esta inversión se recuperaría en aproximadamente 70 años. En el caso de que estas limpiezas se realizaran dos veces mensuales, como es el caso de algunos de los meses estudiados, es decir, considerando 360 horas de limpiezas anuales, lo que debería ser lo óptimo para mantener las condiciones dentro de las cámaras, esta inversión se recuperaría en aproximadamente 20 años. Por lo tanto, para considerar la inversión como beneficiosa, debido a que el periodo de recuperación de inversión es alto, es necesario estudiar los beneficios relacionados a la calidad del vapor producido por las tinas.

Además del valor entregado por ambas empresas, hay que tener en consideración costos adicionales, como, por ejemplo, para la adaptación del terreno donde este pudiera ser instalado, la compra e instalación de estanques para el almacenamiento del agua tratada, transporte, conexiones eléctricas, entre otros.

Para la evaluación de la localización dentro de la empresa, se tomaron medidas del espacio disponible dentro de esta, para el posterior análisis del tamaño de los sistemas propuestos. Este cuenta con dos sectores contiguos. El primero cuenta con 10 m de ancho y 15 m de largo y el segundo sector cuenta con 7 m de ancho y 15 m de largo. La figura N°10, representa las medidas del terreno disponible y en Anexo 11, se presenta una fotografía del lugar en cuestión.

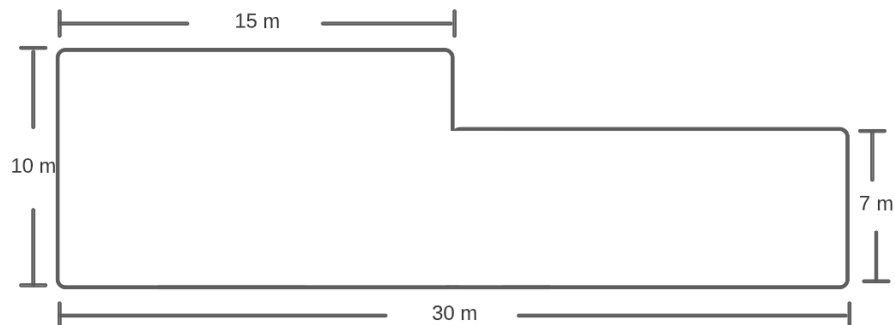


Figura N°10: Plano espacio disponible en la empresa.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al tamaño de los tratamientos propuestos, en el primer caso, el sistema de osmosis inversa tiene dimensiones de 7 m de largo y 1,2 m de ancho, pero las medidas del sistema de ultrafiltración no se encuentran en las especificaciones del sistema. En la segunda propuesta, se considera el equipamiento montado en un contenedor Reefer de 40 ft., es decir, un contenedor de 12 m de largo y 3 m de ancho aproximadamente. Considerando que ambas propuestas debieran tener un tamaño similar, esto si puede ser instalado dentro del espacio disponible en la planta. Sin embargo, hay que tener en consideración el estanque de agua de almacenamiento. Es por esto, que, si se requiere almacenar aproximadamente 300 m³ de agua permeada, se debe buscar un estanque de máximo de 9 m de diámetro aproximadamente, y poder, de esta forma, utilizar el espacio disponible dentro de la planta de manera óptima. Esta medida puede variar dependiendo de la altura que el estanque tenga.

Además de establecer la localización y el tamaño del proyecto, es necesario tener en consideración el recurso humano para la adaptación del terreno a utilizar y de las conexiones que se requieran desde el estanque de almacenamiento de los RILes de energía, hasta la planta de tratamiento, y del nuevo estanque de almacenamiento de agua permeada, hasta las tinas de los secadores, junto con las instalaciones eléctricas que se requieran para la puesta en marcha y funcionamiento del sistema de tratamiento.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

A partir de la caracterización de los RILes de la planta de energía y a la caracterización elemental, fue posible identificar el principal causante de las incrustaciones generadas en la superficie de las tinas de los secadores de madera, donde el origen de este es la concentración de sílice proveniente del estero Pirumavida,

Se logró identificar que el mejor método para poder tener un agua más pura, es decir, con menor concentración de sales incrustantes, el sistema de osmosis inversa.

Para poder llevar a cabo el sistema de osmosis inversa, es necesario la instalación de un pretratamiento, en este caso, de coagulación para eliminar solidos suspendidos y material de gran tamaño, junto a un sistema de ultrafiltración, para cumplir con los requerimientos de la osmosis inversa.

De acuerdo a las propuestas obtenidas, considerando la superficie disponible de la planta, tamaño de los equipos propuestos más el tamaño estimativo de un estanque de almacenamiento de agua permeada, se concluye que es factible implementar este tratamiento para mejorar la calidad del agua utilizada.

La pérdida de producción por detención de las cámaras por limpieza de las tinas no es un factor de gran escala, considerando que, dentro de un año, solo se perdieron dos cargas, lo que conlleva a que el tiempo de recuperación de la inversión mínima propuesta es a largo plazo, por lo cual no sería beneficioso para la empresa.

Por otra parte, y gracias a los resultados obtenidos de los análisis de los RILes generados por los secadores de madera, se puede apreciar que la composición de estos, en comparación con los RILes de la planta de energía, son relativamente similares, existiendo la posibilidad de recircularlos y mezclarlos, logrando así, disminuir la cantidad de residuos que son depositados en el estero.

Las incrustaciones adheridas en la superficie de las tuberías actúan como material aislante, impidiendo la correcta transferencia de calor, generando menor vapor y mayores tiempos dentro

de la operación. Por lo tanto, el realizar un tratamiento a las aguas de alimentación, permitiría optimizar el proceso, siendo beneficioso para la planta.

7.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar un protocolo de limpieza de tinas fijando un parámetro, como, por ejemplo, el espesor de las incrustaciones o el área que estas abarcan dentro de la superficie. Además, se recomienda desarrollar un sistema de control para que los propios operadores sean capaces de identificar cuando es necesario realizar estas limpiezas.

Por otra parte, en el caso de que se quiera disminuir el costo del tratamiento de las aguas utilizadas en las tinas de las cámaras de secado, se recomienda evaluar la alternativa de cambiar el agua utilizada en esta, ya sea por agua del estero Pirumavida o Agua Make up proveniente de la planta de energía, ya que estas aguas, en análisis realizados anteriormente, registraron aproximadamente la mitad de la concentración de sales como sílice, por lo que las incrustaciones generadas deberían generarse en menor cantidad.

Además, se recomienda estudiar la calidad del vapor producido por las tinas actualmente y el que se podría producir con un agua libre de impurezas o con menor concentración de contaminantes que dificulten el proceso.

8. REFERENCIAS

- ALS Life Sciences Chile. (2022) Informe de ensayo 30208/2022: Monitoreo y Análisis RIL
- Álvarez González, V., Poblete, P., Soto Aguirre, D. A., & Pardo, V. (2021). La Industria del Aserrío 2021.
- Barraza, J. (2021, 27 octubre). Estrategia climática de Chile y plantaciones forestales. cr2. <https://www.cr2.cl/estrategia-climatica-de-chile-y-plantaciones-forestales/>
- Calderón, A. D. (1993). Secado de la madera. Cuadernos de dasonomía, 23.
- Candolini, C. F. (2010). Disminución de generación de riles en planta de pinturas líquidas (Doctoral dissertation, pontificia universidad católica de valparaiso).
- Caraballo Florez, D. R. (2009). Metodología para el diseño y evaluación de intercambiadores de calor tipo box cooler.
- CITEmadera. (2009). Competencias básicas para la producción industrial de muebles de madera. Técnicas de secado de la madera. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/571600/03. T%C3%A9cnicas de secado.pdf>
- Corma 2022. Bosques y Madera. <https://www.corma.cl/bosques-y-madera/>.
- Ibáñez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). Silicatos.
- INFOR (Mayo 2022). Poco más de la mitad de la producción de madera aserrada en Chile pasa por cámaras de secado. Santiago. https://wef.infor.cl/bannerdestacados/2022/185/destacado_185.php
- Instituto Forestal (Chile) (2021). El sector forestal chileno 2021 = Chilean forestry sector 2021. Santiago, Chile: INFOR. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31342>
- International Agency for Research on Cancer. (2012). Arsenic, metals, fibres and dusts. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans.
- FAO., (2021). Estadísticas de productos forestales. FAO. <https://www.fao.org/forestry/statistics/80938/es/>

- FAO., (2021). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 - Informe principal. Roma.
<https://doi.org/10.4060/ca9825es>
- FAO, (2022). FAO. <https://fra-data.fao.org/>
- Fernández, R., (2015). Sedimentación/Aguas. Escuela de Organización industrial, 2016.
- Foglia, R. C. (2005). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 2(5), 88-92.
- Gálvez, C. A., (s.f) descripción de algunas operaciones unitarias 1.-Procesos de acondicionamiento del aire.
- Gil Gil, J. D. (2013). Caracterización del proceso de secado de madera para uso industrial.
- González Campayo, I., (2020). Análisis técnico-económico de una planta de desalación de agua salobre mediante electrodiálisis. (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Grisales Penagos, D., Ortega López, J., & Rodríguez Chaparro, T. (2012). Remoción de la materia orgánica y toxicidad en aguas residuales hospitalarias aplicando ozono
- Hitschefeld, S. D. (2009). Proyecto cámara de secado para madera elaborada.
- Lapeña, M. R. (1989). Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales (Vol. 27). Marcombo
- Linares Peña, E., & rodrigues Roldan, L. F. (2018) Evaluación de efectividad de remoción de sílice mediante intercambio iónico en la Termoeléctrica Térmica, Villavicencio.
- Lorenzo-Acosta, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar
- Matsumoto, T., & Sánchez Ortiz, I. A. (2010). Eficiencia del tratamiento de aguas residuales por lagunas facultativas e implicaciones en la salud pública. Universidad y Salud.

- MIGUEL, R. (1999). Tratamiento de aguas industriales. Aguas de proceso y residuales. Alfaomega. Barcelona.
- Moeller, G., & Tomasini, A. C. (2004). Microbiología de lodos activados. Memorias curso internacional de sistemas integrados de tratamiento de aguas residuales y su reúso para un medio ambiente sustentable [Internet]. Bogotá: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
- Morales Carbonell, L. F. (s.f) Estudio de incrustaciones calcáreas en componentes de centrales térmicas de agua caliente sanitaria.
- Moreno Benavídes, J. A. (2012). Diseño de planta de tratamiento de agua de osmosis inversa para la empresa Dober Osmotech de Colombia Ltda.
- Neumann. (2006) Manual de Mantenimiento: Secador ST/ACT-120, Cámara 1 y 2.
- Neumann. (2010) Manual de Mantenimiento: Secador ACT-120, Cámara 3.
- Neumann. (2010) Sistema de Control: “Canelo 8.0 – Control Total” Guía del usuario.
- Novelo, R. M., López, A. N., Peraza, V. C., Borges, E. C., & Riancho, M. S. (2008). Remoción de materia orgánica y metales pesados de lixiviados por flotación con aire disuelto.
- Papageorgiou, S., Massai, C., (2020). Los Bosques de Chile: Un Pilar para el Desarrollo Inclusivo y Sostenible (Español). Washington, DC: Grupo del Banco Mundial. <http://documents.worldbank.org/curated/en/466411591268480067/Chile-s-Forests-A-Pillar-for-Inclusive-and-Sustainable-Development.pdf>
- Revista Chile Forestal N° 394 (2020). Chile Forestal. <https://www.conaf.cl/cms/editorweb/chifo/394/4/>
- Romero, J. (2017). Tratamiento de Residuos Industriales Líquidos (RILES). Santiago de Chile.
- Rojas, R. (2002). Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Gestión integral de tratamiento de aguas residuales

- Saavedra, F. P. (2004). Secado de la Madera: Recomendaciones Prácticas. *Revista Cis-Madera*, 47-57.
- Santana, J. E. F., Arboleda, N. C., & Ríos, L. M. O. (2009). Secado natural, manejo y transformación de la madera. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI".
- Suarez, C. (2022) Reporte análisis elemental.
- SGS Chile Ltda. (2022, junio). Informe de análisis: ES22-32680.
- Zaderenko, C. (2000). Determinación de tiempos de secado por difusión en cámaras convencionales para *Pinus taeda* implantado de Misiones.

9. ANEXOS

9.1 Anexo 1: Producción mundial de productos forestales

Tabla N°11: Producción mundial de productos forestales en 2019.

Producto	Producción
Madera en rollo	3.966.000.000 m ³
Pellets de madera y otros aglomerados	46.000.000 t
Madera aserrada	488.000.000 m ³
Tableros a base de madera	357.000.000 m ³
Pulpa madera	190.000.000 t
Pulpa de otras fibras	12.000.000 t
Papel recuperado	228.000.000 t
Papel y cartón	404.000.000 t

Fuente: FAO. (2021)

9.2 Anexo 2: Consumo de trozos por Industria Forestal

Tabla N°12: Consumo de trozos por Industria Forestal en Chile, en 2020.

Industria Forestal	Consumo	Producción
Industria de Pulpa	16.506.685 m ³	5.205.500 t
Industria del aserrío	15.441.769 m ³	7.873.826 m ³
Industria de tableros y chapas	4.482.608 m ³	3.381.348 m ³
Otras industrias	7.132.768 m ³	

Fuente: Instituto Forestal. (2021)

9.3 Anexo 3: Superficie de plantaciones forestales

Tabla N°13: Superficie de plantaciones forestales por especie y región.

Región	<i>Eucalyptus Globulus</i> (ha)	<i>Eucalyptus Nitens</i> (ha)	<i>Pinus radiata</i> (ha)	Otras especies (ha)	Total (ha)
Coquimbo	2.732	-	-	72.241	74.973
Valparaíso	36.142	-	6.156	1.198	43.496
Metropolitana	5.164	-	17	428	5.609
O'Higgins	45.320	20	60.049	1.697	107.086
Maule	53.137	2.764	356.544	3.685	416.130
Ñuble	67.229	16.639	187.632	6.154	277.654
Bío Bío	183.273	92.819	339.254	19.308	634.654
La Araucanía	145.894	69.683	245.783	18.131	479.491
Los Ríos	20.104	60.769	90.215	11.822	182.410
Los Lagos	21.731	31.666	13.801	2.589	69.787
Aysén	-	7	-	29.960	29.967
Total	580.726	273.867	1.299.451	167.213	2.321.257

Fuente: Instituto Forestal. (2021)

9.4 Anexo 4: Ubicación Empresas León

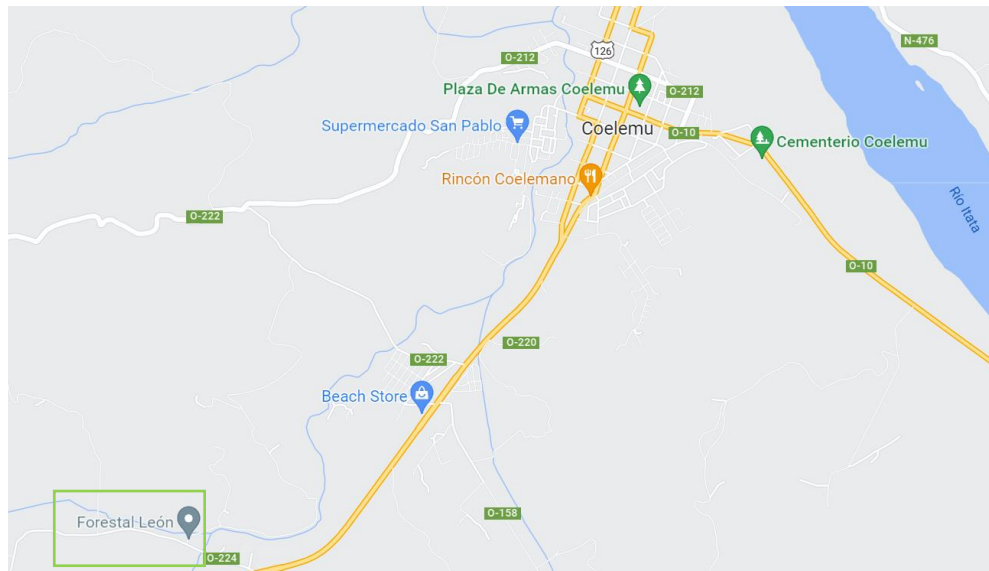


Figura N°11: Ubicación geográfica de Forestal León.



Figura N°12: Vista superior de Empresas León.

9.5 Anexo 5: DS 90/2000

Tabla N°14: Tabla 1 DS 90.

Límites Máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales.

Contaminantes	Unidad	Expresión	Límite Máximo Permitido
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	20
Aluminio	mg/l	Al	5
Arsénico	mg/l	As	0,5
Boro	mg/l	B	0,75
Cadmio	mg/l	Cd	0,01
Cianuro	mg/l	CN-	0,2
Cloruros	mg/l	Cl-	400
Cobre total	mg/l	Cu	1
Coliformes fecales	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1.000
Índice de Fenol	mg/l	Fenoles	0,5
Cromo hexavalente	mg/l	Cr ₆ ⁺	0,05
DBO5	mgO ₂ /l	DBO5	35*
Fosforo	mg/l	F ⁻	10
Fluoruro	mg/l	HF	1,5
Hidrocarburos Fijos	mg/l	HF	10
Hierro disuelto	mg/l	Fe	5
Manganeso	mg/l	Mn	0,3
Mercurio	mg/l	Hg	0,001
Molibdeno	mg/l	Mo	1
Níquel	mg/l	Ni	0,2
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	NKT	50
Pentaclorofenol	mg/l	C ₆ OHCl ₅	0,009
pH	Unidad	pH	6,0-8,5
Plomo	mg/l	Pb	0,05
Poder Espumógeno	mm	PE	7
Selenio	mg/l	Se	0,01
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	SS	80*
Sulfatos	mg/l	SO ₄₂ ⁻	1.000

Sulfuros	mg/l	S_2^-	1
Temperatura	°C	T°	35
Tetracloroetano	mg/l	C_2Cl_4	0,04
Tolueno	mg/l	$C_6H_5CH_3$	0,7
Triclorometano	mg/l	$CHCl_3$	0,2
Xileno	mg/l	$C_6H_4C_2H_6$	0,5
Zinc	mg/l	Zn	3

Fuente: Elaboración Propia

9.6 Anexo 6: Instrumentos



Figura N°13: Medidor sobremesa multiparámetro HANNA instruments.



Figura N°14: Colorímetro HACH DR 900.

9.7 Anexo 7: Resultados análisis elemental

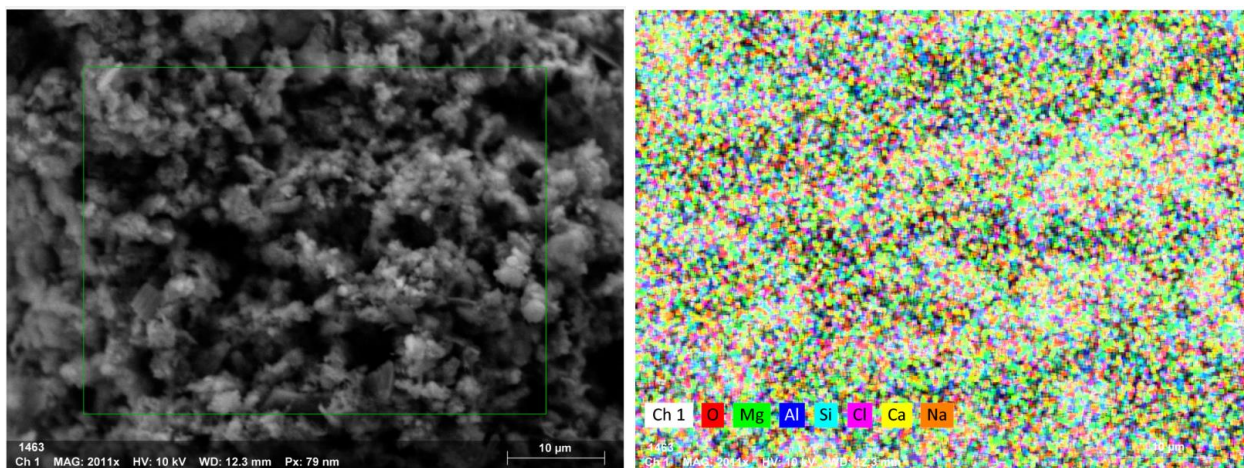


Figura N°15: Muestra 1.

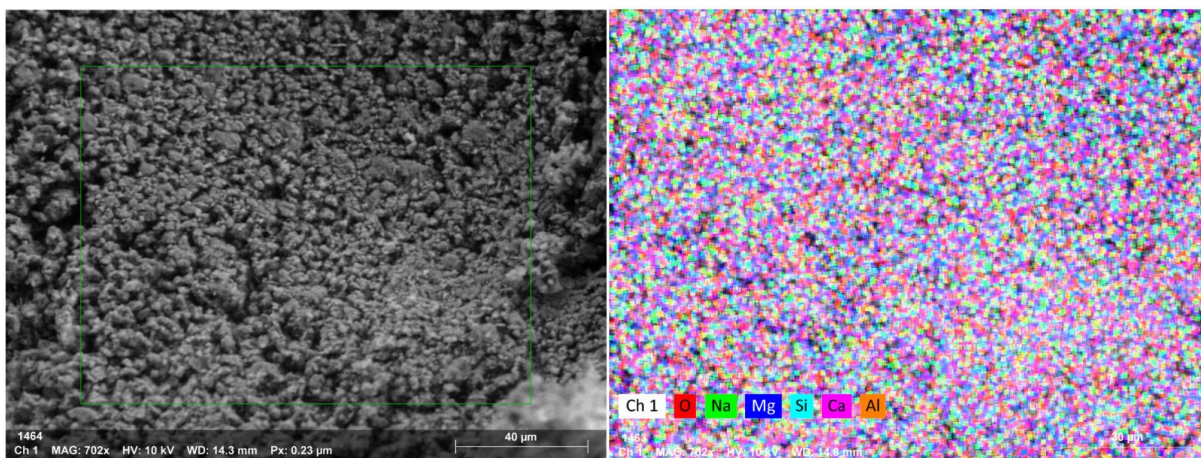


Figura N°16: Muestra 2.

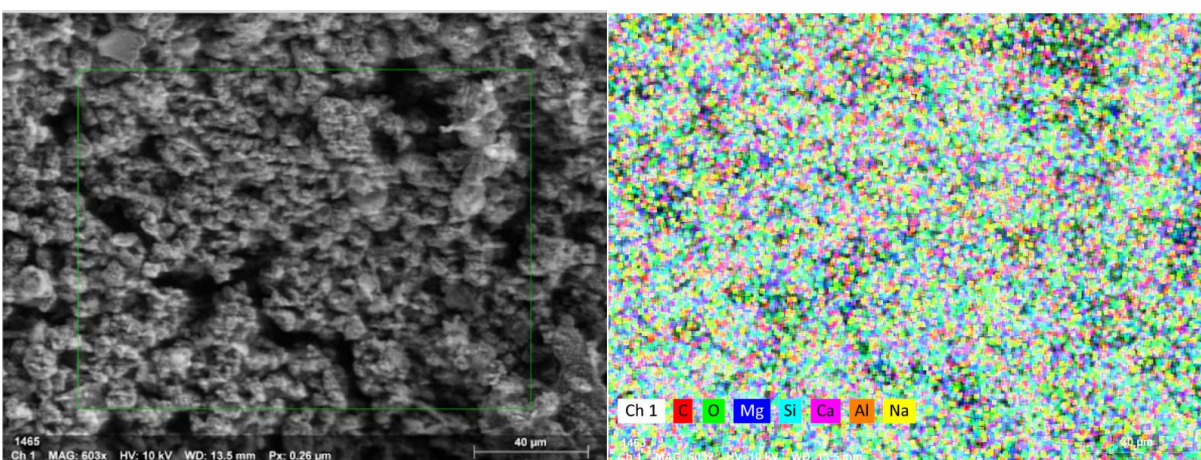


Figura N°17: Muestra 3.

9.8 Anexo 8:

Tabla N°15: Datos de secadores de madera.

Fecha	Mes	Año	Secador	T.Secado	T. ciclo	Volumen
28-05-2021	Junio	2021	1	59:10	88:41:00	132,82
01-06-2021	Junio	2021	1	42:40	65:36:00	132,51
03-06-2021	Junio	2021	1	49:01	75:48:00	131,39
07-06-2021	Junio	2021	1	51:34	78:06:00	132,99
10-06-2021	Junio	2021	1	49:49	76:44:00	133,28
13-06-2021	Junio	2021	1	48:29	69:08:00	132,9
16-06-2021	Junio	2021	1	45:30	69:52:00	133,12
19-06-2021	Junio	2021	1	65:38	90:17:00	131,01
23-06-2021	Junio	2021	1	51:01	72:42:00	134,09
26-06-2021	Junio	2021	1			134,79
29-06-2021	Junio	2021	1	43:21	64:41:00	132,24
02-07-2021	Julio	2021	1	56:54	77:07:00	134,56
05-07-2021	Julio	2021	1	45:36	67:41:00	128,13
08-07-2021	Julio	2021	1	45:10	64:38:00	133,86
11-07-2021	Julio	2021	1	58:37	77:56:00	134,43
14-07-2021	Julio	2021	1	40:30	62:15:00	134,68
16-07-2021	Julio	2021	1	56:55	78:32:00	133,36
20-07-2021	Julio	2021	1	50:20	72:32:00	129,72
23-07-2021	Julio	2021	1	38:57	59:12:00	134,55
26-07-2021	Julio	2021	1	37	56:39:00	135,7
28-07-2021	Julio	2021	1	41:34	60:18:00	136:62
31-07-2021	Julio	2021	1	46:21	67:26:00	135:48
03-08-2021	Agosto	2021	1	43:05	60:37:00	136:16
05-08-2021	Agosto	2021	1	44:26	69:28:00	133:4
08-08-2021	Agosto	2021	1	42:43	65:23:00	133:97
11-08-2021	Agosto	2021	1	48:47	69:02:00	136:05
14-08-2021	Agosto	2021	1	46:29	71:02:00	133:29
17-08-2021	Agosto	2021	1	39:07	58:57:00	136:56
19-08-2021	Agosto	2021	1	46:10	75:59:00	136:56
23-08-2021	Agosto	2021	1	45:48	72:49:00	133:64
26-08-2021	Agosto	2021	1	50:55	72:03:00	133:62
29-08-2021	Agosto	2021	1	47:03	83:01:00	133:17
01-09-2021	Septiembre	2021	1	39:38	58:54:00	135:7
04-09-2021	Septiembre	2021	1	40:37	51:35:00	134:21
07-09-2021	Septiembre	2021	1	62:09	87:47:00	133:39
10-09-2021	Septiembre	2021	1	63:44	57:44:00	133:75
14-09-2021	Septiembre	2021	1	42:16	59:29:00	133:86
17-09-2021	Septiembre	2021	1	42:03	61:12:00	136:15
19-09-2021	Septiembre	2021	1	39:57	68:59:00	136:8

22-09-2021	Septiembre	2021	1	44	63:46:00	128:86
25-09-2021	Septiembre	2021	1	39:54	57:56:00	134:67
27-09-2021	Septiembre	2021	1	41:09	64:01:00	136:16
30-09-2021	Septiembre	2021	1	36:20	54:48:00	126:35
02-10-2021	Octubre	2021	1	41:39	54:22:00	134:57
05-10-2021	Octubre	2021	1	36:17	55:45:00	135:4
08-10-2021	Octubre	2021	1	30:21	47:49:00	125:6
10-10-2021	Octubre	2021	1	49:46	68:21:00	131:11
13-10-2021	Octubre	2021	1	33:21	54:29:00	134:78
15-10-2021	Octubre	2021	1	47:21	78:58:00	132:46
19-10-2021	Octubre	2021	1	46:4	59:25:00	132:29
22-10-2021	Octubre	2021	1	48:11	69:11:00	133:08
24-10-2021	Octubre	2021	1	40:06	59:35:00	132:22
27-10-2021	Octubre	2021	1	47:21	66:05:00	131:02
30-10-2021	Octubre	2021	1	42:07	60:16:00	131:88
01-11-2021	Noviembre	2021	1	42:33	58:28:00	131:66
04-11-2021	Noviembre	2021	1	46:30	71:36:00	132:36
07-11-2021	Noviembre	2021	1	23:05	25:14:00	14:32
08-11-2021	Noviembre	2021	1	45:51	66:04:00	131:2
11-11-2021	Noviembre	2021	1	52:59	73:01:00	132:32
14-11-2021	Noviembre	2021	1	45:42	67:45:00	131:58
17-11-2021	Noviembre	2021	1	55:22	82:42:00	134:96
20-11-2021	Noviembre	2021	1	49:16	67:43:00	131:16
23-11-2021	Noviembre	2021	1	44:26	62:51:00	129:65
26-11-2021	Noviembre	2021	1	56:58	78:32:00	130:25
29-11-2021	Noviembre	2021	1	31:13	46:03:00	124:26
01-12-2021	Diciembre	2021	1	45:50	66:29:00	132:08
07-12-2021	Diciembre	2021	1	47:40	66:29:00	124:02
10-12-2021	Diciembre	2021	1	65:57	82:53:00	102:92
14-12-2021	Diciembre	2021	1	33:42	51:03:00	135:05
17-12-2021	Diciembre	2021	1	33	50:19:00	135:04
21-12-2021	Diciembre	2021	1	51:37	68:36:00	132:08
24-12-2021	Diciembre	2021	1	34:4	53:04:00	136:33
26-12-2021	Diciembre	2021	1	45:57	63:39:00	135:114
29-12-2021	Diciembre	2021	1	46:26	103:02:00	122:41
04-01-2022	Enero	2022	1	54:28	72:29:00	134:44
07-01-2022	Enero	2022	1	43:31	60:51:00	135:85
10-01-2022	Enero	2022	1	56:40	73:34:00	129:96
13-01-2022	Enero	2022	1	47:07	64:29:00	135:25
18-01-2022	Enero	2022	1	51:28	68:58:00	125:42
21-01-2022	Enero	2022	1	44:3	73:15:00	130:52
24-01-2022	Enero	2022	1	51:4	69:52:00	132:54
27-01-2022	Enero	2022	1	33:06	52:24:00	134:16
31-01-2022	Enero	2022	1	74:04	91:46:00	109:2

04-02-2022	Febrero	2022	1	37:26	53:51:00	134:77
07-02-2022	Febrero	2022	1	45:39	61:29:00	132:15
10-02-2022	Febrero	2022	1	58:19	75:55:00	136:67
14-02-2022	Febrero	2022	1	41:15	58:28:00	121:36
17-02-2022	Febrero	2022	1	51:29	70:11:00	134:44
20-02-2022	Febrero	2022	1	64:01	84:42:00	133:94
24-02-2022	Febrero	2022	1	42:13	67:17:00	135:78
26-02-2022	Febrero	2022	1	53:24	72:28:00	136:05
01-03-2022	Marzo	2022	1	41:11	61:24:00	135:4
04-03-2022	Marzo	2022	1	52:52	75:59:00	133:64
08-03-2022	Marzo	2022	1	48:47	80:31:00	134:61
14-03-2022	Marzo	2022	1	55:04	68:01:00	134:88
17-03-2022	Marzo	2022	1	39	57:13:00	134:2
20-03-2022	Marzo	2022	1	61:31	77:15:00	99:76
23-03-2022	Marzo	2022	1	52:10	67:55:00	134:67
26-03-2022	Marzo	2022	1	47:25	75:25:00	135:02
30-05-2021	Mayo	2021	2	44:34	68:56:00	135:36
02-06-2021	Junio	2021	2	45:08	64:29:00	132:13
05-06-2021	Junio	2021	2	62:22	84:25:00	133:11
09-06-2021	Junio	2021	2	49:24	62:47:00	133:17
11-06-2021	Junio	2021	2	47:25	70:39:00	134:9
14-06-2021	Junio	2021	2	47:14	64:00:00	134:9
17-06-2021	Junio	2021	2	44:57	65:08:00	135:59
20-06-2021	Junio	2021	2	51:57	72:01:00	132:01
23-06-2021	Junio	2021	2	40:06	54:42:00	136:06
25-06-2021	Junio	2021	2	43:42	60:02:00	133:63
28-06-2021	Junio	2021	2	50:38	74:17:00	133:17
01-07-2021	Julio	2021	2	39:46	59:32:00	133:86
04-07-2021	Julio	2021	2	40:55	59:33:00	135:59
06-07-2021	Julio	2021	2	48:08	65:55:00	134:91
09-07-2021	Julio	2021	2	48:56	66:32:00	134:03
12-07-2021	Julio	2021	2	45:57	63:13:00	133:74
14-07-2021	Julio	2021	2	52:30	74:04:00	132:59
17-07-2021	Julio	2021	2	49:22	66:25:00	131:65
20-07-2021	Julio	2021	2	16:03	16:03	128:32
21-07-2021	Julio	2021	2	35:43	55:03:00	126:22
23-07-2021	Julio	2021	2	43:57	61:11:00	133:4
26-07-2021	Julio	2021	2	40:16	58:51:00	130:47
29-07-2021	Julio	2021	2	47:09	68:17:00	132:16
01-08-2021	Agosto	2021	2	40:51	31:54:00	133:86
04-08-2021	Agosto	2021	2	37:13	53:09:00	133:83
06-08-2021	Agosto	2021	2	38:02	57:56:00	132:49
09-08-2021	Agosto	2021	2	40:10	55:51:00	135:3
12-08-2021	Agosto	2021	2	33:19	52:44:00	136:52

14-08-2021	Agosto	2021	2	36:52	60:25:00	135:83
17-08-2021	Agosto	2021	2	42:25	62:52:00	133:53
20-08-2021	Agosto	2021	2	50:58	94:08:00	129:87
24-08-2021	Agosto	2021	2	37:29	54:02:00	135:58
26-08-2021	Agosto	2021	2	36:59	49:01:00	135:13
28-08-2021	Agosto	2021	2	38:02		136:28
01-09-2021	Septiembre	2021	2	55:27	74:14:00	133:97
04-09-2021	Septiembre	2021	2		62:49:00	131:7
07-09-2021	Septiembre	2021	2	46:04	67:13:00	133:52
10-09-2021	Septiembre	2021	2	39:29	60:28:00	135:13
13-09-2021	Septiembre	2021	2	44:09	66:28:00	138:13
15-09-2021	Septiembre	2021	2	51:17	71:09:00	135:13
18-09-2021	Septiembre	2021	2	41:45	66:23:00	135:38
21-09-2021	Septiembre	2021	2	46:27	64:25:00	132:13
24-09-2021	Septiembre	2021	2	40:32	55:01:00	134:68
26-09-2021	Septiembre	2021	2	49:18	67:58:00	134:68
29-09-2021	Septiembre	2021	2	46:17	64:24:00	131:95
02-10-2021	Octubre	2021	2	76:37	92:12:00	131:35
07-10-2021	Octubre	2021	2	44	62:17:00	128:03
09-10-2021	Octubre	2021	2	35:48	54:18:00	135:48
13-10-2021	Octubre	2021	2	38:04	58:14:00	131:14
16-10-2021	Octubre	2021	2	34:08	48:41:00	135:24
18-10-2021	Octubre	2021	2	34:20	52:42:00	134:89
20-10-2021	Octubre	2021	2	33:01	51:06:00	135:48
23-10-2021	Octubre	2021	2	35:57	53:43:00	134:19
25-10-2021	Octubre	2021	2	30:53	44:33:00	132:79
27-10-2021	Octubre	2021	2	10:05	10:06	121:47
28-10-2021	Octubre	2021	2	33:11	46:59:00	135:59
30-10-2021	Octubre	2021	2	32:15	49:43:00	133:59
02-11-2021	Noviembre	2021	2	30:5	45:05:00	129:69
04-11-2021	Noviembre	2021	2	36:29	56:47:00	133:55
07-11-2021	Noviembre	2021	2	38:35	55:19:00	124:58
09-11-2021	Noviembre	2021	2	36:5	55:01:00	134:3
12-11-2021	Noviembre	2021	2	33:44	48:52:00	134:21
14-11-2021	Noviembre	2021	2	33:53	50:18:00	134:09
16-11-2021	Noviembre	2021	2	35:4	56:53:00	132:05
19-11-2021	Noviembre	2021	2	16:16	16:18	122:05
20-11-2021	Noviembre	2021	2	32:6	51:31:00	98:53
22-11-2021	Noviembre	2021	2	27:10	38:24:00	122:72
24-11-2021	Noviembre	2021	2	32:9	46:06:00	123:51
26-11-2021	Noviembre	2021	2	33:55	47:18:00	131:57
28-11-2021	Noviembre	2021	2	31:21		132:72
01-12-2021	Diciembre	2021	2	1:70	49:19:00	132:4
03-12-2021	Diciembre	2021	2	48:26	67:55:00	131:9

07-12-2021	Diciembre	2021	2	34:33	51:35:00	134:6
09-12-2021	Diciembre	2021	2	40:48	61:21:00	120:9
13-12-2021	Diciembre	2021	2	42:3	63:33:00	129:78
16-12-2021	Diciembre	2021	2	40:34	58:01:00	134:14
20-12-2021	Diciembre	2021	2	30:11	45:24:00	134:9
22-12-2021	Diciembre	2021	2	51:32	68:54:00	133:32
28-12-2021	Diciembre	2021	2	28:51	47:03:00	134:73
30-12-2021	Diciembre	2021	2	33:22	90:00:00	137:25
05-01-2022	Enero	2022	2	33:1	49:45:00	134:94
08-01-2022	Enero	2022	2	47:05	65:04:00	132:36
13-01-2022	Enero	2022	2	36:03	54:01:00	135:48
19-01-2022	Enero	2022	2	28:56	43:44:00	130:62
21-01-2022	Enero	2022	2	39	68:02:00	121:39
25-01-2022	Enero	2022	2	30:52	47:04:00	135:03
28-01-2022	Enero	2022	2	51:59	71:29:00	135:48
02-02-2022	Febrero	2022	2	41:59	58:21:00	135:81
04-02-2022	Febrero	2022	2	32:22	50:22:00	135:55
08-02-2022	Febrero	2022	2	54	73:00:00	135:69
14-02-2022	Febrero	2022	2	28:4	43:26:00	134:64
16-02-2022	Febrero	2022	2	51:2	66:51:00	131:46
19-02-2022	Febrero	2022	2	31:44	47:39:00	133:44
22-02-2022	Febrero	2022	2	39:53	57:45:00	133:26
25-02-2022	Febrero	2022	2	31:31	48:39:00	136:04
01-03-2022	Marzo	2022	2	43:24	62:58:00	135:07
04-03-2022	Marzo	2022	2	29:37	50:43:00	135:34
07-03-2022	Marzo	2022	2	34	50:03:00	134:09
16-03-2022	Marzo	2022	2	30:57	44:01:00	132:81
18-03-2022	Marzo	2022	2	43:3	62:54:00	132:52
21-03-2022	Marzo	2022	2	40:5	54:02:00	135:01
23-03-2022	Marzo	2022	2	31:37	45:49:00	136:05
25-03-2022	Marzo	2022	2	50:48	69:12:00	135:6
28-03-2022	Marzo	2022	2	33:05	49:38:00	136:05
30-05-2021	Mayo	2021	3	38:25	64:04:00	135:6
01-06-2021	Junio	2021	3	33:28	53:13:00	135:36
04-06-2021	Junio	2021	3	43:10	72:32:00	135:01
07-06-2021	Junio	2021	3	33:34	56:06:00	134:9
09-06-2021	Junio	2021	3	32:45	52:42:00	129:21
11-06-2021	Junio	2021	3	35:42	59:32:00	135:01
14-06-2021	Junio	2021	3	34:05	57:53:00	134:43
16-06-2021	Junio	2021	3	31:32		136:17
19-06-2021	Junio	2021	3	34:59	58:19:00	135:13
21-06-2021	Junio	2021	3	37:52	62:01:00	136:05
24-06-2021	Junio	2021	3	32:24	55:18:00	136:51
26-06-2021	Junio	2021	3			134:91

30-06-2021	Junio	2021	3	72:31	92:41:00	135:47
04-07-2021	Julio	2021	3	44:32	61:41:00	135:93
07-07-2021	Julio	2021	3	35:05	55:34:00	135:24
09-07-2021	Julio	2021	3	34:22	51:49:00	135:59
11-07-2021	Julio	2021	3	30	48:02:00	134:68
13-07-2021	Julio	2021	3	33:09	55:18:00	134:45
15-07-2021	Julio	2021	3	33:18	58:14:00	134:67
19-07-2021	Julio	2021	3	31:48	53:58:00	134:56
22-07-2021	Julio	2021	3	33:51	57:21:00	130:93
24-07-2021	Julio	2021	3	47:45	66:03:00	133:4
27-07-2021	Julio	2021	3	32:46	51:28:00	135:01
29-07-2021	Julio	2021	3	37:55	54:38:00	134:79
31-07-2021	Julio	2021	3	40:55	61:36:00	135:83
03-08-2021	Agosto	2021	3	33:3	53:45:00	134:9
05-08-2021	Agosto	2021	3	38	65:31:00	134:67
08-08-2021	Agosto	2021	3	36:03	63:42:00	134:67
11-08-2021	Agosto	2021	3	33:01	56:28:00	134:67
13-08-2021	Agosto	2021	3	49:23	74:31:00	135:48
17-08-2021	Agosto	2021	3	27:28	46:48:00	122:54
19-08-2021	Agosto	2021	3	32:03	56:25:00	136:04
22-08-2021	Agosto	2021	3	37:39	65:24:00	135:01
25-08-2021	Agosto	2021	3	34:11	51:06:00	13:56
25-08-2021	Agosto	2021	3	36:11	58:14:00	135:02
30-08-2021	Agosto	2021	3	42:52	79:59:00	136:74
02-09-2021	Septiembre	2021	3	34:34	55:44:00	135:59
04-09-2021	Septiembre	2021	3	33:23	56:58:00	134:78
07-09-2021	Septiembre	2021	3	38:36	58:57:00	134:44
09-09-2021	Septiembre	2021	3	37:55	60:28:00	134:2
12-09-2021	Septiembre	2021	3	40:32	63:08:00	134:56
14-09-2021	Septiembre	2021	3	38:12	58:17:00	134:9
17-09-2021	Septiembre	2021	3	34:56	54:51:00	135:82
19-09-2021	Septiembre	2021	3	37:43	65:37:00	133:68
22-09-2021	Septiembre	2021	3	33:59	52:27:00	135:82
24-09-2021	Septiembre	2021	3	42:14	62:13:00	136:06
27-09-2021	Septiembre	2021	3	31:28	54:04:00	134:49
29-09-2021	Septiembre	2021	3	34:07	53:36:00	136:64
02-10-2021	Octubre	2021	3	40:45	62:16:00	134:44
04-10-2021	Octubre	2021	3	34:07	54:39:00	135:36
07-10-2021	Octubre	2021	3	31:41	49:05:00	136:1
09-10-2021	Octubre	2021	3	36:35	56:29:00	135:69
12-10-2021	Octubre	2021	3	33:18	51:51:00	134:91
14-10-2021	Octubre	2021	3	35:11	55:43:00	135:37
17-10-2021	Octubre	2021	3	47:16	65:47:00	130:46
19-10-2021	Octubre	2021	3	30:27	52:04:00	134:1

22-10-2021	Octubre	2021	3	38:29	57:04:00	133:51
24-10-2021	Octubre	2021	3	34:47	53:35:00	133:72
26-10-2021	Octubre	2021	3	30:27	49:02:00	133:15
29-10-2021	Octubre	2021	3	30	47:25:00	134:08
31-10-2021	Octubre	2021	3	35:52	56:55:00	135:71
03-11-2021	Noviembre	2021	3	33:14	53:39:00	132:71
06-11-2021	Noviembre	2021	3	33:25	54:56:00	132:15
08-11-2021	Noviembre	2021	3	30:1	46:23:00	131:8
10-11-2021	Noviembre	2021	3	27:19	48:28:00	132:83
12-11-2021	Noviembre	2021	3	33:33	50:06:00	132:71
14-11-2021	Noviembre	2021	3	30:26	48:51:00	131:09
16-11-2021	Noviembre	2021	3	30:38	50:54:00	131:71
18-11-2021	Noviembre	2021	3	31:2	47:22:00	132:31
21-11-2021	Noviembre	2021	3	38:5	58:25:00	131:07
23-11-2021	Noviembre	2021	3	31:59	48:41:00	131:41
25-11-2021	Noviembre	2021	3	31:4	50:02:00	131:59
27-11-2021	Noviembre	2021	3	31:39	57:43:00	136:89
30-11-2021	Noviembre	2021	3	30:34	48:19:00	132:49
02-12-2021	Diciembre	2021	3	31:1	48:34:00	130:23
07-12-2021	Diciembre	2021	3	33:26	55:19:00	133:37
10-12-2021	Diciembre	2021	3	30:39	50:01:00	129:27
13-12-2021	Diciembre	2021	3	30:56	52:04:00	136:1
16-12-2021	Diciembre	2021	3	30:23	48:38:00	137:72
18-12-2021	Diciembre	2021	3	47:15	64:27:00	102:57
22-12-2021	Diciembre	2021	3	94:42	113:17:00	133:82
27-12-2021	Diciembre	2021	3	27:17	50:46:00	133:65
29-12-2021	Diciembre	2021	3	34:13	92:57:00	
03-01-2022	Enero	2022	3	31:03	47:46:00	136:32
07-01-2022	Enero	2022	3	31:17	54:13:00	134:55
12-01-2022	Enero	2022	3	27:41	44:06:00	129:81
14-01-2022	Enero	2022	3	35:16	56:01:00	132:28
18-01-2022	Enero	2022	3	28:19	44:55:00	114:57
20-01-2022	Enero	2022	3	30:54	50:27:00	134:48
24-01-2022	Enero	2022	3	34:06	54:35:00	130:68
26-01-2022	Enero	2022	3	28:57	46:07:00	133:56
29-01-2022	Enero	2022	3	32:59	52:23:00	135:48
31-01-2022	Febrero	2022	3	32:11	20:09:00	134:91
02-02-2022	Febrero	2022	3	27:13	46:06:00	134:67
05-02-2022	Febrero	2022	3	35:02	62:29:00	123:01
08-02-2022	Febrero	2022	3	27	43:07:00	134:78
15-02-2022	Febrero	2022	3	42:55	58:37:00	135
18-02-2022	Febrero	2022	3	28:1	45:53:00	135:13
21-02-2022	Febrero	2022	3	27:18	42:22:00	135:19
23-02-2022	Febrero	2022	3	31:33	47:58:00	136:56

25-02-2022	Febrero	2022	3	25:53	43:46:00	130:18
28-02-2022	Febrero	2022	3	28:01	44:13:00	136:05
02-03-2022	Marzo	2022	3	27:01	43:53:00	136:48
04-03-2022	Marzo	2022	3	41:51	65:31:00	133:61
08-03-2022	Marzo	2022	3	47:4	82:14:00	100:18
11-03-2022	Marzo	2022	3	41:32	60:14:00	134:51
15-03-2022	Marzo	2022	3	26:41	38:37:00	135:37
17-03-2022	Marzo	2022	3	30	47:17:00	134:67
19-03-2022	Marzo	2022	3	28:57	46:03:00	133:68
21-03-2022	Marzo	2022	3	28:01	43:02:00	131:61
23-03-2022	Marzo	2022	3	29:51	46:45:00	136:17
25-03-2022	Marzo	2022	3	28:26	47:03:00	134:78
27-03-2022	Marzo	2022	3	29:08	46:33:00	136:74
29-03-2022	Marzo	2022	3	33:15	50:45:00	136:03

Fuente: Elaboración Propia

9.9 Anexo 9: Datos secadores

Tabla N°16: Datos de secadores de madera.

Año	Mes	Secador	Promedio volumen	Volumen total	Promedio Tiempo	Tiempo total
2021	Junio	1	132,83	1461,14	75,09	751,35
2021	Julio	1	133,73	1471,09	67,39	744,16
2021	Agosto	1	134,64	1346,42	69,5	698,21
2021	Septiembre	1	133,63	1469,9	62,22	686,11
2021	Octubre	1	132,22	1454,41	61,17	674,16
2021	Noviembre	1	120,34	1323,72	63,58	699,59
2021	Diciembre	1	128,33	1155,04	67,17	605,34
2022	Enero	1	129,7	1167,34	69,84	627,38
2022	Febrero	1	133,15	1065,16	68,02	544,21
2022	Marzo	1	130,27	1042,18	70,27	563,43
2021	Junio	2	133,87	1338,67	67,15	672,3
2021	Julio	2	132,25	1586,94	59,33	714,39
2021	Agosto	2	134,38	1478,22	59,52	629,14
2021	Septiembre	2	134,21	1476,4	65,3	720,32
2021	Octubre	2	132,43	1589,24	52,02	624,34
2021	Noviembre	2	127,2	1653,57	47,19	615,11
2021	Diciembre	2	132,39	1323,92	60,18	603,05
2022	Enero	2	132,19	925,3	57,01	399,09
2022	Febrero	2	134,49	1075,89	55,45	446,03
2022	Marzo	2	134,73	1212,54	57,22	489,2
2021	Junio	3	134,85	1618,16	62,01	744,2
2021	Julio	3	134,59	1615,08	56,18	675,42
2021	Agosto	3	123,03	1353,3	61,04	671,53
2021	Septiembre	3	135,08	1620,98	58	696,2
2021	Octubre	3	134,36	1746,6	54,5	711,55
2021	Noviembre	3	132,37	1720,76	51,03	663,49
2021	Diciembre	3	129,59	1036,73	64	576,03
2022	Enero	3	131,3	1181,73	50,3	450,33
2022	Febrero	3	133,55	1335,48	21,68	454
2022	Marzo	3	131,98	1583,83	51,79	617,57
Promedios			132	1381	60	626

Fuente: Elaboración Propia

9.10 Anexo 9: Propuesta 1



2230 S. Huron Dr., Santa Ana, CA 92704 USA
 Tel: +1 (714) 432-9996 | Fax: +1 (714) 432-9898
 Toll Free: +1 (844) 309-7501
 sales@pureaqua.com | www.pureaqua.com

COTIZACIÓN 139185-0

17 Junio, 2022

Preparado por: **May Higazy**



Compañía: Forestal Leon Ltda	Dirección:
Nombre: Rosa Barraza	País: Chile
Email: rosa.barraza1701@alumnos.ubiobio.cl	Teléfono:
	Fax

Cantidad	No.	Descripción	Precio Unitario (\$)	Precio total (\$)
21 m3/hr UF+ 15 m3/hr GPM Sistema de Nanofiltración				
Pretratamiento recomendado;				
1	CDS-36-G-35	Sistema de dosificación de precloración, 36 GPD, bomba dosificadora ajustable, tanque de solución de polietileno, manual, 220V/1pH/50Hz	\$795.00	\$795.00
1	CRN	Bomba de alimentación UF , 380V/3Ph/50Hz, 1 x 100%, serie Grundfos CRN, 316 SS mojado	\$9,950.00	\$9,950.00
1	UF-12	Sistema de ultrafiltración (UF), 10-12 módulos UF (Filmtec 2860, Hydranautics o igual), diseñado para producir 80 GPM de pantalla de filtrado automático, incluye instrumentación GF Signet (PT y FT), tuberías de PVC sched. 80, válvulas de mariposa de accionamiento eléctrico (CI, disco de acero inoxidable 316, EPDM), bomba centrífuga de retrolavado Grundfos CR, todo ello sobre una plataforma de acero al carbono con revestimiento de polvo, Siemens S7-1200, etc.	\$109,220.00	\$109,220.00
1	CEB#1	Lavado a contracorriente mejorado químicamente - Ácido	\$1,950.00	\$1,950.00
1	CEB#2	Lavado a contracorriente mejorado químicamente - Alcalino	\$1,950.00	\$1,950.00
1	CEB#3	Lavado a contracorriente mejorado químicamente - Oxidante	\$2,750.00	\$2,750.00
1	UF-CS8	Patín de limpieza UF/RO, 380V/3ph/50Hz	\$18,885.00	\$18,885.00
Break tank by others				
1	FP	Bomba de alimentación de ósmosis inversa, 380V/3Ph/50Hz, 1 x 100%, Grundfos serie CRN, 316 SS húmedo	\$9,578.00	\$9,578.00
1	CDS-36-G-15-ORP	Sistema de Dosificación de Decloración, 36 GPD, Bomba dosificadora ajustable, Tanque de solución de polietileno, manual, monitor de ORP, 220V/1pH/50Hz	\$1,563.00	\$1,563.00
1	CDS-36-G-35	Sistema de dosificación de antiincrustante, 36 GPD, bomba dosificadora ajustable, Tanque de solución de polietileno, manual, 220V/1pH/50Hz	\$795.00	\$795.00
1	TW-130K-3680	Sistema de nanofiltración para producir 15 m3/hora a un máximo de 1000 ppm de TDS en el agua de alimentación, 380V/3ph/50Hz, con estructura de acero al carbono con recubrimiento de polvo, (3) recipientes de presión de FRP, (18) membranas en espiral de TFC de 8".	\$75,400.00	\$75,400.00

Otros/excepciones:

- Tanques (excepto los de CIP y químicos) - Aire por otros

Nota: INTERCONEXIÓN DE TUBERÍAS Y CABLEADO POR PARTE DE OTROS.

1	TT	Tasa de Transferencia Bancaria	\$35.00	\$35.00
---	----	--------------------------------	---------	---------

Cotización 139185-0

17 Junio, 2022

Preparado por: **May Higazy**

Cantidad	No.	Descripción	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
----------	-----	-------------	----------------------	-------------------

Nota: El aceite/grasa no debe ser superior a 0,1 mg/l \$0,00

Términos y condiciones	
Pago:	50% entrada /50% salida
Plazo de entrega:	14-16 semanas
Validez:	30 días
Términos de la carga:	Exworks Santa Ana, CA – USA

Sub Total:	\$232,871.00
Descuento 0%:	\$0.00
Impuesto 0%:	\$0.00
Flete:	\$0.00
Total (USD):	\$232,871.00

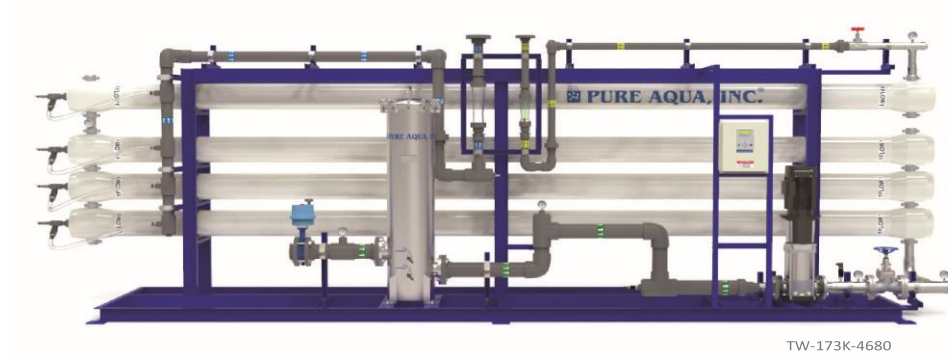
Sistema de RO industrial salobre

Capacidad: 28,000 a 173,000 GPD

RO-400

SERIES

Los sistemas de osmosis inversa de Pure Aqua son capaces de eliminar sales, así como otras impurezas como bacterias, azúcares, proteínas, colorantes y constituyentes con un peso molecular superior a 150-250 g/mol. Nuestros sistemas RO industriales están estratégicamente diseñados para ser energéticamente eficientes y respetuosos con el medio ambiente, al mismo tiempo que producen agua de alta calidad.



TW-173K-4680

Pure Aqua suministra una línea completa de sistemas de osmosis inversa estándar y totalmente personalizables, todos los cuales están diseñados utilizando software avanzado de diseño de procesos y modelado por computadora en 3D.

Características estandar

- Estructura de acero al carbono con recubrimiento en polvo
- Membranas enrolladas en espiral TFC de 8"
- Bomba multietapa de acero inoxidable con motor TEFC
- Carcasa de membrana de FRP
- Prefiltro de cartucho de 5 micras
- Requisito de alimentación de 460V/3ph/60Hz
- Panel de control basado en microprocesador
- Retardo de tiempo y punto de ajuste programables
- Pantalla LCD
- Arrancador de motor
- Switch de baja presión
- Switch de alta presión
- Manómetros llenos de líquidos
- Monitor de conductividad de permeado
- Medidores de flujo de permeado y concentrado

Opciones disponibles

- Monitoreo remoto
- Monitoreo de conductividad del agua de alimentación
- Patín de limpieza de membranas
- Descarga automática por hora
- Mezcla de alimentación/permeado
- Embalaje de exportación
- 220V or 380-415V/3ph/50Hz
- Interruptor de nivel del tanque de producto
- Medidor de pH de alimentación con sensor
- Feed ORP monitor with sensor
- Medidores de agua y horas
- Sistemas de dosificación de químicos
- Sistema de prefiltración de medios
- Sistema de ozonización y esterilización UV
- Descalcificadores de agua
- Pulidores posteriores a la desionización
- Patín montado con tratamiento previo y posterior
- Sistema de osmosis inversa en contenedores

 **PURE AQUA, INC.®**

Sistema de RO industrial salobre

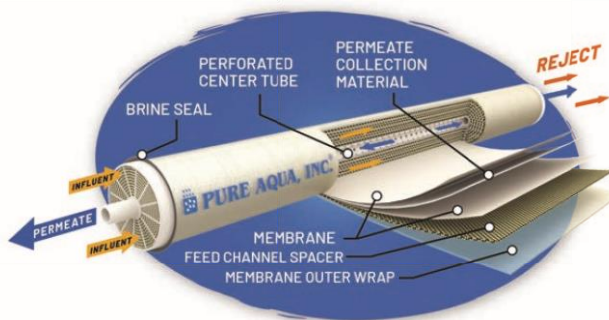
RO-400

Capacidad: 28,000 a 173,000 GPD

SERIES

La membrana en espiral se construye a partir de una o mas envolturas de membrana enrolladas alrededor de un tubo central perforado. El permeado pasa a través de la membrana hacia la envoltura y gira en espiral hacia el interior del tubo central para recopilación.

Las capas de la envoltura de la membrana se detallan en el diagrama



Especificaciones de operación

- ◆ Máx temperatura agua alimentación: 42°C
- ◆ Presión del agua de alimentación: 20 a 80 psi
- ◆ Presión de operación: 150 a 250 psi
- ◆ Rango de tolerancia de pH: 3-11
- ◆ Max. Contenido de hierro 0.05 ppm
- ◆ Máxima tolerancia a la silice: 60 ppm @
- ◆ 60% recuperación
- ◆ Agua de alimentación: 0 a (1,000 o 3,000 o 5,000 ppm)
- ◆ Actualización de equipos para TDS sobre 5,000 ppm
- ◆ Se debe eliminar el sulfuro de hidrógeno
- ◆ Se debe eliminar la turbidez
- ◆ Operar a TDS más altos al reducir la recuperación

Modelo #	Tasa de flujo de permeado		Cantidad de membranas 8"	Potencia nominal del motor a 1,000 ppm		Peso aprox. (libras)	Dimensiones L"xW"xH"
	GPD	M³/D		60Hz	50Hz		
TW-28K-1480	28,000	106	4	7.5	5	2,300	185x45x70
TW-36K-1580	36,000	136	5	7.5	5	2,350	225x45x70
TW-43K-1680	43,000	163	6	7.5	7	2,400	275x45x70
TW-57K-2480	57,000	216	8	7.5	7	2,500	185x45x70
TW-72K-2580	72,000	273	10	15	10	2,600	225x45x70
TW-87K-3480	87,000	329	12	15	15	2,700	185x45x75
TW-108K-3580	108,000	409	15	15	15	3,200	225x45x75
TW-130K-3680	130,000	492	18	20	15	3,500	275x45x75
TW-144K-4580	144,000	545	20	20	20	4,200	225x45x85
TW-173K-4680	173,000	655	24	20	25	4,550	225x45x85

Note: Si el TDS del agua de alimentación supera las 1,000 ppm, el numero del modelo del sistema cambia a BW-XXXX-XXXX y se agrega un sufijo al final del número de modelo: se agrega -3 si el TDS es de 3000 ppm o menos, y se agrega 5 si el TDS es de 5,000 ppm o menos.

Ejemplo: Sistema requerido para producir 130,000 GPD con un TDS de agua de alimentación de 5,000 ppm, el numero de modelo correspondiente es: "BW- 130K-3680-5"

Pure Aqua también suministra: soluciones de ingeniería personalizadas, pretratamientos multimedia. Pretratamientos de carbon activado, acondicionamiento de agua, sistemas de dosificación de productos químicos, esterilizadores ultravioleta (UV) y sistemas de ozonización.

<p>PURE AQUA, INC. Water Treatment and Reverse Osmosis Systems sales@pureaqua.com Tel: +1-714-432-9996 www.pureaqua.com Fax: +1-714-432-9898</p>		<p>Authorized Dealer:</p>
---	--	---------------------------

Sistema de Ultrafiltración Industrial

Capacidad: 10,000 a 1,000,000 GPD

La Ultrafiltración es un proceso de separación por membrana impulsado por presión que elimina el material en suspensión o en partículas (incluidos los coloides y el limo) de agua. La ultrafiltración multimedia convencional que elimina aprox. Materia de 10 micras o mas grandes. La ultrafiltración también elimina eficazmente las bacterias y la mayoría de los virus.



Características estándar

- Módulos UF (PVC)
- Bomba de retrolavado de acero inoxidable
- Mampara lavable de 150 um
- Tubería de PVC 80
- Panel de control con microprocesador
- Arrancadores de motor
- Gabinete NEMA 12
- Presostato diferencial
- Manómetros llenos de líquidos (montaje en panel)
- Válvulas accionadas eléctricamente
- Medidor de corriente

Pure Aqua suministra una línea completa de sistemas de ultrafiltración estándar y totalmente personalizables, todos los cuales están diseñados utilizando software avanzado de diseño de proceso y modelado por computadores en 3D.

Opciones disponibles

- Retrolavado mejorado química (CEB)
- Patin de limpieza de membranas
- (CIP) Alimentación 380-415V/3PH/50 Hz
- Monitor de turbidez en línea
- Bomba de alimentación VFD
- PLC + HMI
- Tanque de filtrado (retrolavado) (HDPE)
- Transductores de presión
- Soplador (para retrolavado)
- Pantalla Duplex 2205 (frente a SS 316)
- Bomba de alimentación de etapas múltiples de acero inoxidable
- Oxidante de alimentación/retrolavado (sistema de dosificación)



 Pure Aqua, Inc.®

Sistema de Ultrafiltración Industrial

Capacidad: 10,000 a 1,000,000 GPD

Los sistemas de ultrafiltración eliminan la necesidad de clarificadores y filtros multimedia. El diseño estándar se basa en un módulo UF con configuración de flujo de afuera hacia adentro que permite menos obstrucciones, mayor carga de sólidos, mayor área de flujo y fácil limpieza.

Especificaciones de operación

- Fuente de alimentación 460/3Ph/60Hz
- Turbidez <50 max. 300 NTU
- SST < 50 max. <100 mg/L
- TOC < 10 max. < 40mg/L
- DQO max <60mg/L
- pH 6-9 (2-11 limpieza)
- Temperatura 25°C (max 40°C)
- C12 0,5ppm (2000 limpieza)
- Frecuencia de retrolavado 20-60 minutos.



Aplicaciones

- Pretratamiento de osmosis inversa
- Tratamiento de agua potable
- Proceso de separación o recuperación
- Tratamiento terciario de aguas residuales o aguas grises

Modelo #	Filtrado superficial o aguas grises Flujo: 25 GPD		Filtrado agua de mar Flujo: 35 GPD		Filtrado agua subterránea Flujo: 53 GPD		Número de módulos UF
	GPD	M ³ /D	GPD	M ³ /D	GPD	M ³ /D	
UF-10K-1	10,000	38	15,000	60	25,000	98	1
UF-20K-2	20,000	76	30,000	117	50,000	192	2
UF-40K-4	40,000	153	63,000	241	103,000	394	4
UF-60K-6	60,000	229	94,000	358	154,000	586	6
UF-80K-8	80,000	305	127,000	481	207,000	788	8
UF-100K-10	100,000	382	158,000	599	258,000	980	10
UF-120K-12	120,000	458	190,000	722	311,000	1,182	12
UF-161K-16	161,000	611	254,000	963	415,000	1,575	16
UF-201K-20	201,000	764	316,000	1,197	517,000	1,959	20
UF-262K-26	262,000	993	412,000	1,561	674,000	2,555	26
UF-302K-30	302,000	1,145	475,000	1,802	778,000	2,949	30
UF-403K-40	403,000	1,527	633,000	2,401	1,037,000	3,928	40



Pure Aqua, Inc.[®]

Water Treatment and Reverse Osmosis Systems

sales@pureaqua.com Tel: +1-714-432-9996
www.pureaqua.com Fax: +1-714-432-9898





Authorized Dealer:

Sistema de dosificación química

Capacidad: 6 a 120 GPD

Pure Aqua suministra una amplia selección de sistemas de bombas de dosificación para aplicaciones de pequeña a gran escala dentro de desinfección, floculación y ajuste del pH. Nuestros ingenieros tienen experiencia en propuestas de "enchufe y bomba" incluyendo paquetes completos. Fabricamos sistemas de dosificación de productos químicos con soluciones a medida que tienen como objetivo producir tecnología de dosificación disponible en paquetes completos. Los sistemas de dosificación química de la serie CDS de Pure Aqua ofrecen una amplia gama de capacidades para satisfacer diversas aplicaciones de tratamiento químico. Cada sistema incluye la bomba dosificadora de productos químicos y el depósito de productos químicos de polietileno, junto con las mangueras y los accesorios necesarios para la bomba.



Características estándares

Medición de diafragma

- Capacidad de salida totalmente ajustable de 6 a 120 GPD
- Control de la función manual para la velocidad y la longitud de la carrera
- Circuito de sincronización de alta fiabilidad
- Resistente a la EMI
- Solenoide con protección térmica y rearme automático
- Conjunto de válvula de purga
- Cabezal/accesorios de plástico de pvc y depósito de polietileno para una amplia
- Resistencia a productos químicos como el ácido suave, el cloro y la solución cáustica

Medidor digital

- Relación de giro máxima de 1:1000
- La tasa de dosificación se ajusta mediante una escala logarítmica que va del 0,1 al 100%

Opciones disponibles

- 230V/1ph/50Hz o 60Hz
- Mezclador de acero inoxidable recubierto de epoxi
- Regulador de pH
- Controlador de ORP
- Bomba de reserva
- Unidad montada en patín
- Unidad construida a medida
- Kit de repuesto para el mantenimiento de la bomba
- Interruptor de nivel
- Panel de control local



Aplicaciones

- Purificación del agua y control de la contaminación
- Eliminación de hierro, sulfuro de hidrógeno y manganeso
- Prevención de incrustaciones
- Neutralización del agua ácida
- Coagulación y eliminación de la turbidez
- Tratamiento de aguas residuales
- Procesamiento de alimentos
- Dosificación de detergentes y humectantes
- Tratamiento de piscinas
- Tratamiento de fertilizantes líquidos
- Tratamiento de nutrientes en hidroponía
- Tratamiento de aguas municipales
- Control de algas
- Tratamiento del agua para el ganado

PURE AQUA, INC.®

Sistema de dosificación química

Capacidad: 6 a 120 GPD



El sistema de dosificación química de Pure Aqua proporciona bombas de dosificación de productos químicos que comprenden un paquete completo con ingeniería totalmente personalizada, resistencia a la corrosión y preenvasado. Este paquete consiste en la capacidad de utilizar la tecnología de bombeo específica más adecuada para su uso previsto. La serie CDS permite a los ingenieros y especialistas en esta materia esbozar el sistema de alimentación química más eficaz para su aplicación de tratamiento de aguas. Las características especializadas de nuestro sistema de alimentación de productos químicos le confieren otras ventajas que lo diferencian de otros sistemas similares del mercado. Estas características incluyen un patín preorganizado compacto y transportable con gran seguridad, resistencia a la corrosión y opciones alternativas de bombas dosificadoras disponibles

Aplicaciones y usos del tratamiento del agua

- Neutralización del pH
- Desinfección
- Coagulación y floculación
- Alimentación de hidróxido de sodio
- Dosificación de ácido sulfúrico
- Tratamiento de fluoruro
- Dosificación de permanganato de potasio
- Dosificación de polímeros dispersantes
- Alimentación de alumbre
- Adición de antiincrustante
- Dosificación de ácido clorhídrico
- Sistemas de hipoclorito de sodio
- Declaración SMBS



Modelo #	Capacidad de salida		Presión máxima (PSI)	Material de la bomba			Conexión de tubería	Datos electrónicos		Clasificación NSF	Tamaño del tanque
	GPD	LPD		Cabezal dosificador	Bola de válvula	Empaquetadura		Watts	Clase del recinto		
Medición de diafragma											
CDS-6	6	23	100	PVC	cerámica	Teflón	3/8" OD	130	IP41/NEMA3	125	15
CDS-12	12	45									15
CDS-22	22	83									15
CDS-30	30	114									35
CDS-48	48	182					1/2" OD				50
CDS-76	76	284									100
CDS-96	96	356									100
CDS-120	120	454									150
Medición digital											
CDS-36-G-15	36	136	145	PVC	Cerámica	EPDM	1/4" OD	19	IP65/ NEMA 4X	Yes	15
CDS-36-G-35											35
CDS-96-G-55	96	356	60				3/8" OD				55
CDS-96-G-100				100							

 <p>Water Treatment and Reverse Osmosis Systems sales@pureaqua.com Tel: +1-714-432-9996 www.pureaqua.com Fax: +1-714-432-9898</p>		Authorized Dealer:

© 2021 Pure Aqua, Inc. All rights reserved. Specifications subject to change without notice.

CDS.DEC 2021

Sistema de limpieza de membranas

CS

Capacidad: Membranas de 4" y 8"

Los sistemas de limpieza in situ (CIP) de Pure Aqua están diseñados para la limpieza in situ de equipos de ósmosis inversa (OI), nanofiltración (NF) y otros equipos de tratamiento de agua basados en membranas. El sistema de limpieza está diseñado para ser operado manualmente a través de una caja de control local ubicada en el sistema. Un tanque de almacenamiento de productos químicos está montado en su propio soporte y conectado al patín con tuberías de PVC duro o accesorios de desconexión rápida y mangueras flexibles. De este modo, la unidad puede montarse en un lugar permanente o ser portátil, si se desea.



Características estándar

- ◆ Sistema montado en patín, con tuberías y cableado
- ◆ Alimentación de 220V/1Ph/60Hz o 460V/3Ph/60Hz
- ◆ Filtro de cartucho de 5 micras con carcasa de PVC (todos los CS4 y CS8-1 a CS8-4), carcasa de acero inoxidable para CS8-5 y CS8-6
- ◆ Medidor de flujo local y manómetro
- ◆ Válvula de muestreo

- ◆ Tanque de solución química con tapa
- ◆ Válvula manual de vaciado del tanque
- ◆ Tubería de PVC y válvula de recirculación
- ◆ Bomba de limpieza de acero inoxidable
- ◆ Interruptor de nivel del tanque
- ◆ Válvula de aislamiento del filtro cartucho
- ◆ Línea de recirculación manual para la mezcla de soluciones

Opciones disponibles

- ◆ Unidad de frecuencia variable (VFD)
- ◆ 220V/1Ph/50Hz o 380-415V/3Ph/50Hz
- ◆ Monitor de Ph
- ◆ Mangueras flexibles para conexión de limpieza
- ◆ Indicador de temperatura
- ◆ Patines montados sobre ruedas para unidades más pequeñas

- ◆ Mezclador de tanque químico
- ◆ Tuberías de CPVC
- ◆ Recipientes a presión de 4" o 8" instalados
- ◆ Calentador de inmersión con controlador de temperatura
- ◆ Productos químicos de limpieza de bajo y alto Ph
- ◆ Todas las tuberías y/o patines de acero inoxidable



PURE AQUA, INC.

Sistema de limpieza de membranas

CS

Capacidad: Membranas de 4" y 8"

Proceso de limpieza de la membrana

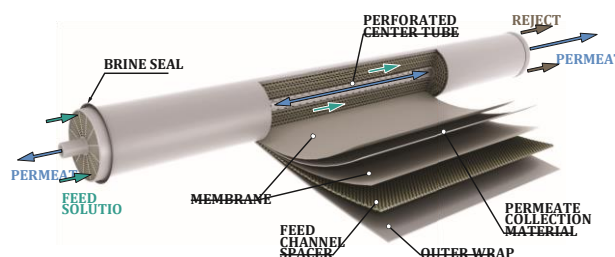
Los elementos de la membrana de ósmosis inversa pueden experimentar una disminución de su rendimiento debido a la acumulación de depósitos en la superficie de la membrana. Las incrustaciones minerales, las partículas coloidales, la materia biológica y los compuestos orgánicos insolubles son las causas habituales del ensuciamiento de las membranas. Cuando la producción de un sistema de ósmosis inversa disminuye al menos un 10%, o la presión diferencial aumenta un 15% (sobre las condiciones normales de funcionamiento), se debe realizar una limpieza de la membrana.

Productos químicos para la limpieza de membranas

Los productos químicos de limpieza ácidos y cáusticos son los más utilizados para la limpieza de las membranas. Los limpiadores ácidos están diseñados para eliminar los depósitos inorgánicos y de hierro. La limpieza con ácido (pH bajo) debe realizarse a un pH de aproximadamente 2. Los limpiadores cáusticos (pH alto) están diseñados para eliminar la materia biológica, los contaminantes orgánicos y los depósitos de sílice. La limpieza cáustica se realiza a un pH de aproximadamente 12. Pure Aqua es un proveedor mundial de productos químicos NSF (antiincrustantes y productos químicos de limpieza).

Operating Parameters

- ◆ Presión de funcionamiento: 35-50 psig
- ◆ Temperatura de funcionamiento: 50-110° F
- ◆ Potencia del motor de la bomba: 460 VAC, trifásico, 60 Hz



- Circuito de control: 120 VAC, 1-Fase, 60 Hz

Modelo #	Cantidad de recipientes a presión que se limpian a la vez	Capacidad del tanque (Gal)	Ubicación del tanque	CIP Motor HP		Dimensiones L"xW"xH"	Peso del envío (Lbs)
				60 Hz	50 Hz		
CS4-1	1 (4")	50	Tank on Skid	1	1	40x45x65	300
CS4-2	2 (4")	115		1.5	2	50x50x65	350
CS4-3	3 (4")	155		3	2	68x68x65	375
CS8-1	1 (8")	165		3	3	68x68x65	500
CS8-2	2 (8")	200	Tank off Skid	7.5	5	70x70x75	600
CS8-3	3 (8")	300		7.5	7.5	80x80x100	700
CS8-4	4 (8")	300		10	7.5	80x80x100	800
CS8-5	5 (8")	600		15	10	80x85x100	900
CS8-6	6 (8")	600		15	15	80x85x100	980



PURE AQUA, INC.

Water Treatment and Reverse Osmosis Systems
 sales@pureaqua.com Tel: +1-714-432-9996
 www.pureaqua.com Fax: +1-714-432-9898



Authorized Dealer:

9.11 Anexo 10: Propuesta 2

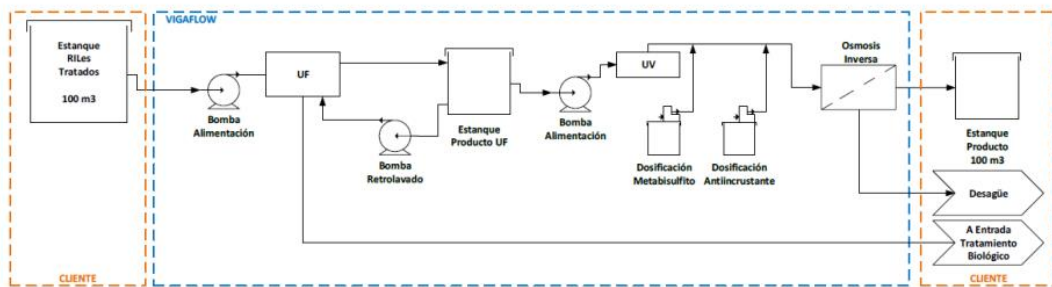
SISTEMA PROPUESTOS

Detalle de los sistemas propuestos – Solución Agua Residual

- Según el requerimiento consideramos el siguiente equipamiento montado en contenedor un contenedor Reefer de 40 pies:

Proceso	Equipos
Pretratamiento	Dosificación de cloro
Pretratamiento	Bomba de impulsión y retrolavado de UF
Pretratamiento	3 Módulos UF 90 m2
Pretratamiento	Sistemas de retrolavado y CIP UF

Proceso	Equipos
Pretratamiento	Dosificación meta bisulfito
Pretratamiento	Dosificación antiincrustante
Osmosis Inversa	Osmosis Inversa ROVF – 836 LP
Post tratamiento	Dosificación de cloro



INVERSIÓN

Valor Budget por solución

Tratamiento y recuperación de RILES para 10 a 15 [m3/h]
 USD 228.500 + IVA



9.12 Anexo 11: Espacio disponible



Figura N°18: Espacio disponible en planta.

Fuente: Elaboración Propia