



MAT.: Presenta Informes que indica.

ANT.: Res. Ex. N° 1/ROL D-001-2016.

REF.: Expediente Sancionatorio N° D-001-2016.

Santiago, 15 de abril de 2016

**Carolina Silva Santelices**

Fiscal Instructora de la División de Sanción y Cumplimiento

Superintendencia del Medio Ambiente

Teatinos N° 280 piso 8, Santiago.

Presente

**JULIO GARCÍA MARÍN**, en representación de **Celulosa Arauco y Constitución S.A.**, ambos domiciliados para estos efectos en La Concepción N° 141, oficina 1106, Providencia, Región Metropolitana, en procedimiento sancionatorio **D-001-2016**, y en conformidad a lo establecido en el artículo 17 f) y 35 de la Ley N° 19.880, que Establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado, y del artículo 50 de la Ley N° 20.417 Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, vengo en presentar la siguiente prueba documental que fuera ofrecida en los descargos del presente procedimiento.

La presente prueba documental se acompaña con el objeto de acreditar las alegaciones y defensas formuladas en nuestros descargos. Para tal efecto se acompañan dos informes elaborados y suscritos por terceros expertos e independientes, uno de ellos extendido en lengua portuguesa y traducido al español, sobre los puntos que se señalan a continuación.

**1. Sobre la inexistencia de una contingencia que hubiese dado origen a la obligación de reporte que la autoridad supone como exigible**

Celulosa Arauco y Constitución S.A., en relación al cargo N° 1 del levantamiento de cargos, ha sostenido que la contingencia que tuvo lugar el día 17 de enero de 2014 fue un *trip* parcial de

caldera, no generándose una situación que quepa dentro de las hipótesis de reportabilidad de contingencias a las que la autoridad hace alusión.

En base a ello, y con el objeto de desvirtuar lo sostenido por la Superintendencia del Medio Ambiente y de demostrar que el marginal volumen de licor verde recuperado y recirculado al sistema de tratamiento de efluentes como acción de último recurso propia del diseño de la Planta Valdivia, no es una situación de contingencia que se deba reportar, se acompaña el siguiente informe:

**a) Informe Técnico Cálculo Rebase de Licor Verde a Clarificador Primario de Planta de Tratamiento de Efluentes Celulosa Arauco y Constitución, Planta Valdivia, Evento: Trip de caldera recuperadora 17/01/2014, elaborado por el Dr. Ing. Óscar Farías Fuentes.**

Respecto a la recuperación de una ínfima cantidad de sustancia rebasada generada producto de este *trip* de caldera, conforme las medidas de control interno diseñadas de la planta para este tipo de situaciones, la sustancia sobrante fue contenida en el pozo de recuperación y recirculado al proceso. En concreto, en los descargos se señaló que la cantidad de licor verde correspondería a “aproximadamente  $1,2 \text{ m}^3$ ”, el cual fue derivado en forma controlada al sistema de tratamiento. Esta mínima cantidad, en efecto, “corresponde a un 0,024% efluente contenido solo en el clarificador primario”, tal como se señaló en los descargos.

El Informe suscrito por el Dr. Farías que se presenta realiza el cálculo del licor verde que fue efectivamente contenido el día del evento de *trip* de caldera, concluyendo que corresponde a la cantidad de  $1,1 \text{ m}^3$  del volumen de efluentes derivado.

Para arribar a dicho cálculo el Dr. Ing. Óscar Farías Fuentes consideró los parámetros operacionales y las características técnicas del sistema de efluentes de Planta Valdivia.

Por lo tanto, tal como ya se afirmó en los descargos, habiéndose controlado y recirculado prácticamente la totalidad de licor verde, la depuración de un pequeño remanente en el sistema de tratamiento de efluentes no constituye una contingencia de las que supone la autoridad, ya que, por el contrario, la situación correspondió a la operación normal y eficiente del sistema. En este último sentido, el señor Farías señala “Para el caso hipotético en que Planta Valdivia no contara con un sistema de control de rebases, en particular en esta área, con un pozo y una bomba de recuperación, el licor rebasado al área de efluentes hubiera correspondido a  $20,5 \text{ [m}^3\text{]}^{\prime\prime}$ .



El señor Farías Fuentes es Ingeniero Civil Mecánico de la Universidad de Concepción y Doctor en Ciencias Aplicadas por la *Université de Liège*, Bélgica. Posee un vasto conocimiento en materias de transformaciones energéticas. En efecto, dentro de sus publicaciones se encuentran los artículos “*Mathematical Modeling of Coal Gasification in a Fluidized Bed Reactor Using a Eulerian Granular Description*”, publicado en el *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, Vol. 9, 2011; “Gasificación de Carbón para Generación de Energía Eléctrica: Análisis con Valoración de Opciones Reales”, publicado en la *Revista Chilena de Ingeniería “Ingeniare”*, 17(3), 2009, pp. 347-359, y “*Real-Time Monitoring and Characterization of Flames by Principal Component Analysis*”, publicado en la revista *Combustion and Flame*, 132(3), 2003, pp. 591-595.

**2. Sobre la ausencia de efectos negativos en la calidad de las aguas del Río Cruces y el óptimo funcionamiento del sistema de tratamiento de efluentes de Planta Valdivia**

Se ha sostenido por mi representada que Planta Valdivia cuenta con un diseño operacional que le permite reaccionar ante eventos que dejan la recuperación y recirculación de derrames de sustancias al sistema de tratamiento como acción de último recurso y excepcional. De esta forma, la operatividad de este diseño impide que se afecte la calidad de la descarga del efluente de Planta Valdivia, y de esta forma, la calidad de las aguas del río Cruces. En particular, la gestión del rebalse de una pequeña cantidad de licor verde durante el *trip* de caldera del día 17 de enero de 2014, obedeció a esta lógica de diseño.

Con el objeto de demostrar lo anterior es que se acompaña el siguiente informe extendido en lengua portuguesa, junto con su traducción a idioma español, del ingeniero especialista Dr. Cláudio Arcanjo de Sousa.

**a) *Relatório Técnico Período 15/12/2013 a 31/01/2014 Avaliação técnica da estação de tratamento de efluente (ETE) da ARAUCO-Valdivia/Chile***

Este informe evalúa la eficiencia y capacidad de tratamiento de efluentes durante la recepción de licor verde ocurrido el 17 de enero de 2014, demostrando que el sistema presentó excelentes resultados en cuanto a la calidad del efluente comprados con los límites máximos de descarga regulados en las diferentes RCA asociadas a Planta Valdivia.

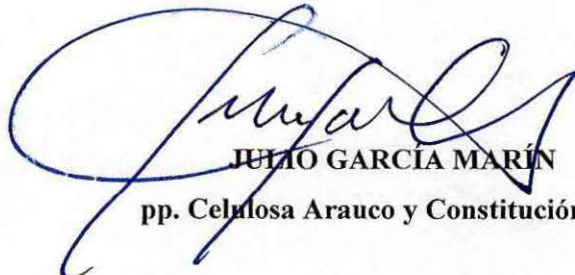
El Informe indica que la entrada de 1,1 m<sup>3</sup> de licor verde no impactó de manera negativa el sistema general. Al respecto, señala que “*Todos los parámetros de descarga de los efluentes tratados*

*durante el período evaluado cumplieron los parámetros de descarga definidos por la RCA N° 377 de 06/06/05”, y en base a ello concluye que “La planta de tratamiento de efluentes de la Planta Valdivia presentó en el período evaluado, estándares de descargas con calidad superior a los estándares europeos para las mejores fábricas del sector de celulosa”.*

El señor Arcanjo estudió Ingeniería Forestal en la *Universidade Federal de Viçosa* y es Doctor en Recursos Forestales e Ingeniería Forestal de la misma Universidad. Es una reconocida autoridad académica en materias de pulpa y el papel y el tratamiento de aguas residuales y su reutilización. En efecto, dentro de sus publicaciones se encuentra el artículo *“Thermophilic treatment of paper machine white water in laboratory-scale membrane bioreactors”* publicado en la revista *Desalination and Water Treatment*, Volume 27, Issue 1-3, 2011, y el artículo *“Uso de seletores biológico em planta de lodos ativados de fábrica de papel reciclado para controle de intumescimento filamentoso”*, publicado en *Associação Brasileira de Engenharia Sanitaria e Ambiental. Saneamento ambiental Brasileiro: Utopia ou realidade?* Rio de Janeiro, ABES, 2005.

**Por tanto**, solicito a Ud. se sirva tener por presentados los informes individualizados, así como tener presente las consideraciones efectuadas respecto de ellos, para todos los efectos legales que correspondan.

Sin otro particular, se despide atentamente,



**JULIO GARCÍA MARÍN**

pp. Celulosa Arauco y Constitución S.A.



**INFORME TÉCNICO**  
**CÁLCULO REBASE DE LICOR VERDE A CLARIFICADOR PRIMARIO**  
**DE PLANTA DE TRATAMIENTOS DE EFLUENTES**  
**Celulosa Arauco y Constitución, Planta Valdivia**  
Evento: Trip caldera recuperadora 17/01/2014.  
Consultor: Dr. Ing. Oscar Farías Fuentes

## 1. Introducción

El presente informe tiene por objetivo realizar el cálculo del volumen de efluentes generado en el área de Caldera Recuperadora de Planta Valdivia de Celulosa Arauco y Constitución ante una desconexión eléctrica, generada en fecha 17-01-2014, lo cual produjo la detención temporal de la bomba de alimentación de licor verde desde el estanque (Tk.) Disolvedor hacia el área de Caustificación.

El análisis considera las características técnicas de los equipos involucrados en el proceso (Estanques, bombas, controladores, y sistemas de medición de niveles, flujos y densidades), junto con la evolución de los parámetros de operación obtenida desde el software ASPEN (IP.21). Luego, a través de un balance de materia, se realiza el cálculo mediante el software Engineering Equation Solver (ver anexo 2) de los flujos involucrados, para finalmente integrar de acuerdo a la respuesta dinámica observada en los gráficos del proceso.

La metodología para realizar este análisis se basó en:

- Datos proporcionados por el solicitante.
- Acceso a la base de datos del software IP.21
- Visita a la Planta Valdivia.
- Revisión de planos operacionales y constructivos.

## 2. Definición del problema

### 2.1 *Análisis conceptual*

La figura 1 presenta un diagrama en el cual se basa el análisis conceptual desarrollado para el caso del estudio, conforme a los antecedentes técnicos proporcionados por el solicitante y a los obtenidos en visita técnica a la planta, entre el TK. Disolvedor y el área de Caustificación se ubica la bomba B1, la cual posee medición de caudal (F) y densidad ( $\rho$ ) y que dejó de funcionar en el momento del Trip de la caldera recuperadora.

#### Definición.

**Caudal:** Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo, cuya unidad se expresa como  $[m^3/min]$ .

**Densidad:** Relación entre la masa y el volumen de una sustancia, cuya unidad es  $[kg/M^3]$

El análisis considera un balance de flujos de materia en el TK. Disolvedor, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \quad (1)$$

Donde el subíndice 1 corresponde al flujo másicos que sale del estanque y pasa a través de la bomba B1; el subíndice 2 al flujo que ingresa al estanque impulsado por la bomba B2 ubicada en el área de Caustificación y controlado en función de la densidad de la línea 1; mientras el subíndice 3 corresponde al flujo de licor verde que proviene de la Caldera Recuperadora al TK. Disolvedor.

Dado que se conocen las densidades del licor verde en las líneas 1 y 2, los flujos correspondientes se calculan a partir del principio de continuidad:

$$\begin{aligned} \dot{m}_1 &= \rho_1 \cdot Q_1 \\ \dot{m}_2 &= \rho_2 \cdot Q_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Donde.

Q1: Flujo de licor verde enviado desde Tk. Disolvedor a Caustificación.

Q2: Flujo de licor débil enviado desde Caustificación.

$\rho_1$ : Densidad del licor verde enviado desde Tk. Disolvedor a Caustificación.

$\rho_2$ : Densidad del licor verde enviado a Caustificación.

(Los flujos y densidades se obtuvieron desde el software IP.21)

El cálculo del flujo  $m_3$  (ecuación 3) se basa en factores empíricos obtenidos de la literatura especializada<sup>1</sup>. Este flujo ( $m_3$ ) es licor verde concentrado, también llamado "Fundido" y es un subproducto de la combustión del "licor negro" ( $m_{LN}$ ), que es quemado en el hogar de la Caldera Recuperadora.

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_{LN} \cdot F_{fs} \cdot F_{fund} \quad (3)$$

$$\dot{m}_{LN} = 24 \text{ [l/s]} \cdot \rho_{LN} \cdot 60 \text{ [s/min]} \quad (4)$$

Donde la ecuación (4) representa el flujo de licor negro consumido en la caldera al momento del evento (24 [l/s]) y los valores considerados para los coeficientes de las ecuaciones (3) y (4) son:

$$\rho_{LN} = 1,374 \text{ [kg/l]} \quad \text{Densidad del licor negro}$$

$$F_{fs} = 0,482 \text{ [kg}_f\text{/kg}_{LN_s}] \quad \text{Factor que relaciona kg de material fundido por kg de licor negro en base seca}$$

$$F_{fund} = 0,72 \text{ [kg}_{LN_s}\text{/kg}_{LN}]$$

<sup>1</sup> Gullichsen J. and Fogelholm C., "Chemical Pulping: Papermaking Science and Technology, Book 6B", Helsinki University of Thechnology, ISBN 952-5216-00-4, Finland, 2000.



ESQUEMA DEL TK. DISOLVEDOR Y SUS EQUIPOS ASOCIADOS.

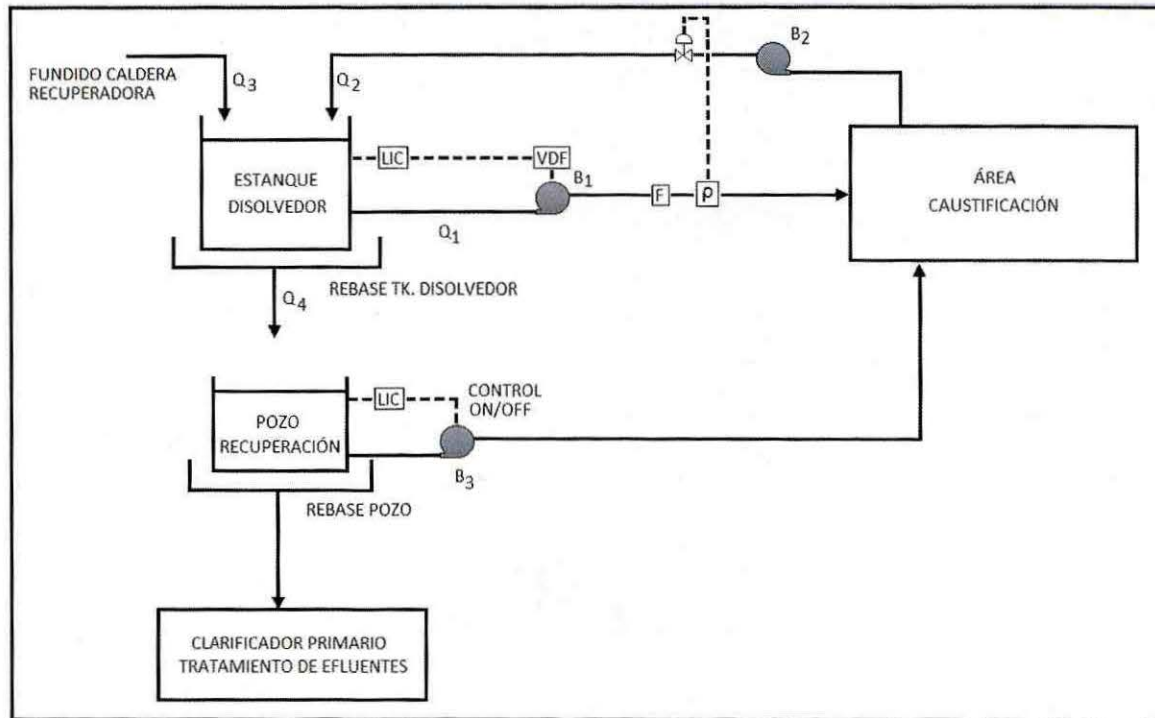


Figura 1: Esquema para análisis conceptual del caso de estudio.

Análisis de Información obtenida de proceso

En la figura 2 se observa el incremento en el nivel en el Tk. Disolvedor al producirse el evento y cómo éste se recupera cuando la bomba B1 se vuelve a poner en funcionamiento. A partir de la evolución de parámetros registrados en software IP.21 antes de ocurrido el Trip, se obtuvo la información promedio de las siguientes variables:

- Flujo de licor débil desde bomba 353M208 de Caustificación a Tk Disolvedor ( $Q_1$ ): 57,24 [l/s] (ver anexo 1.1)
- Densidad del flujo 1 ( $\rho_1$ ): 1200 [kg/m<sup>3</sup>]
- Densidad del flujo 2 ( $\rho_2$ ): 1000 [kg/m<sup>3</sup>]
- Tiempo de rebase desde TK Disolvedor: 22 [min]

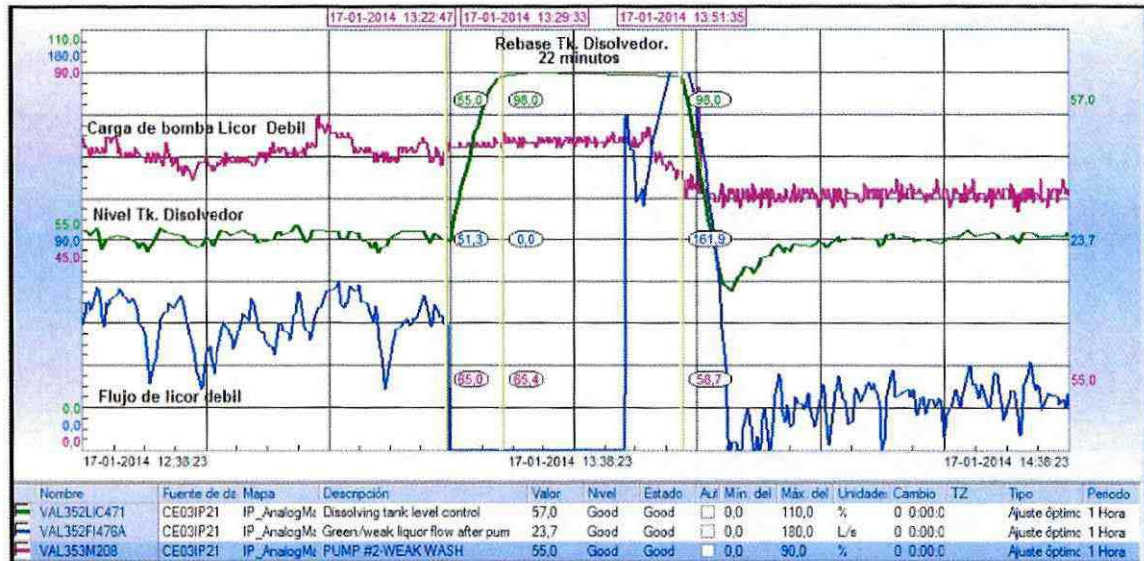


Figura 2: Evolución de las variables consideradas en el análisis

### 3. Memoria de Cálculo

#### 3.1 Balance de materia

Aplicando las ecuaciones del ítem 2.1, se obtienen los siguientes flujos:

$$Q_1 = 3,434 \text{ [m}^3\text{/min]}$$

$$Q_2 = 3,435 \text{ [m}^3\text{/min]}$$

$$\dot{m}_1 = 4121 \text{ [kg/min]}$$

$$\dot{m}_2 = 3435 \text{ [kg/min]}$$

$$\dot{m}_3 = 686,6 \text{ [kg/min]}$$

#### 3.2 Cálculo de rebase de licor verde desde Tk. Disolvedor:

$$V_{RD} = Q_2 \cdot \Delta t_R = 3,435 \text{ [m}^3\text{]} \times 22 \text{ [min]} = 75,6 \text{ [m}^3\text{]}$$

Este valor de 75,6 [m<sup>3</sup>] corresponde al volumen total de licor verde rebasado desde Tk. Disolvedor.



3.3 Licor verde acumulado en pozo de recuperación del área de caldera recuperadora.

Se adjunta memoria de cálculo del licor verde acumulado en el pozo de recuperación del área de caldera Recuperadora, antes de rebasar hacia el Clarificador Primario del tratamiento de Efluentes.

Datos:

- Nivel antes de rebasar : 65 %
- Nivel de rebase: 100 %
- Delta nivel ( $P_{dp}$ ): 35 %
- Volumen Pozo de recuperación ( $V_p$ ): 3,150 [m] x 1,9 [m] x 1,8 [m] = 10,77 [m<sup>3</sup>]

Cálculo.

$$V_{rP} = V_p \cdot P_{dp} = 35\%/100 \times 10,77 [m^3] = 3,77 [m^3]$$

Donde.

$V_{rP}$ : Volumen de retención del pozo de recuperación de Caldera Recuperadora.

$V_p$ : Volumen del pozo de recuperación de Caldera Recuperadora.

$P_{dp}$ : Delta volumen pozo de recuperación Caldera Recuperadora, disponible en el momento del evento

En el siguiente gráfico se observa el Nivel del pozo de recuperación (línea color roja)

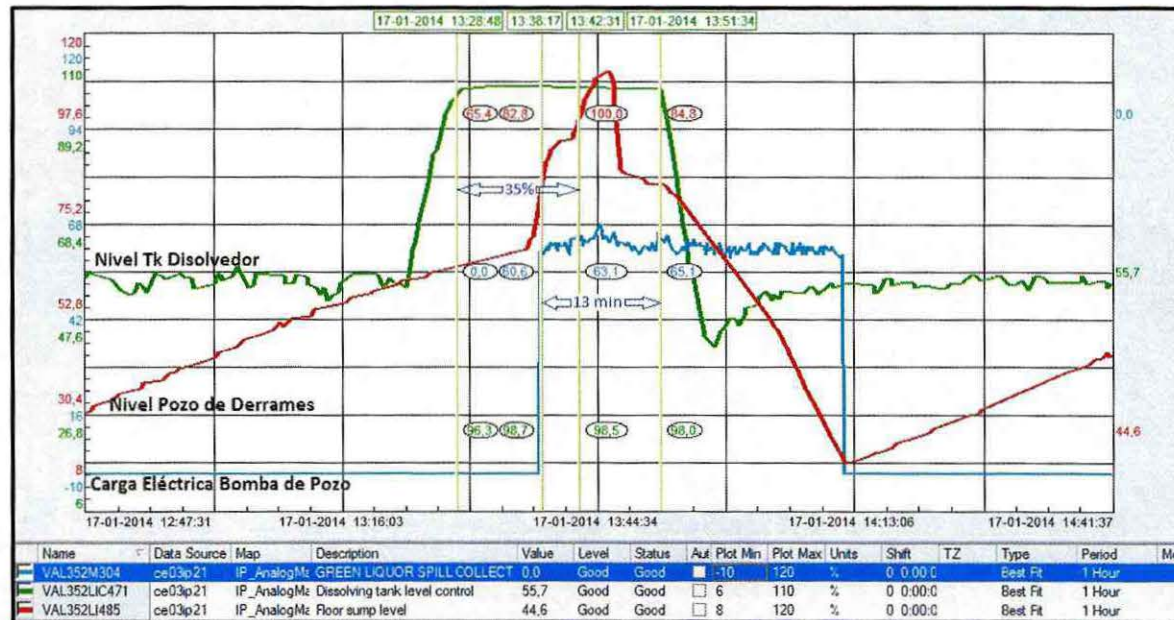


Figura 3: Nivel del pozo de recuperación.

3.4 Licor verde desde Tk Disolvedor al área de Caustificación.

Se adjunta memoria de cálculo del licor verde que fue enviado al área de Caustificación, mientras el Tk. Disolvedor rebasaba.

Datos:

- Tiempo en servicio bomba de licor verde a Caustificación ( $\Delta t_{B1}$ ): 7 [min] (ver figura 4)
- Flujo de licor verde enviado a Caustificación ( $Q_{1df}$ ): 131,1 [l/s] (ver anexo 1.2)
- Flujo licor verde:  $131,1 [l/s] \times 60 / 1000 = 7,86 [m^3/min]$

Cálculo del Volumen de licor verde a Caustificación:

$$V_{B1} = Q_{1df} \cdot \Delta t_{B1} = 7,866 [m^3/min] \times 7 [min] = 55,1 [m^3]$$

Dónde:

$V_{B1}$ : Volumen de licor enviado por la bomba B1 a Caustificación.

$Q_{1df}$ : Flujo de licor verde enviando por la bomba B1 a Caustificación [ $m^3/min$ ]

$\Delta t_{B1}$ : Tiempo en que estuvo en servicio la bomba B1 [min]

En el gráfico de la figura 4 se observa el momento en que se comienza a recuperar licor verde desde el Tk. Disolvedor con la bomba B1, produciéndose un incremento del flujo de licor verde (línea café) que es enviado al área de Caustificación (ver anexo 1) mientras el Tk. Disolvedor rebasa. La puesta en servicio de la bomba B1 (línea azul) permite determinar que dentro de los siete minutos siguientes a su puesta en marcha el estanque deje de rebasar.

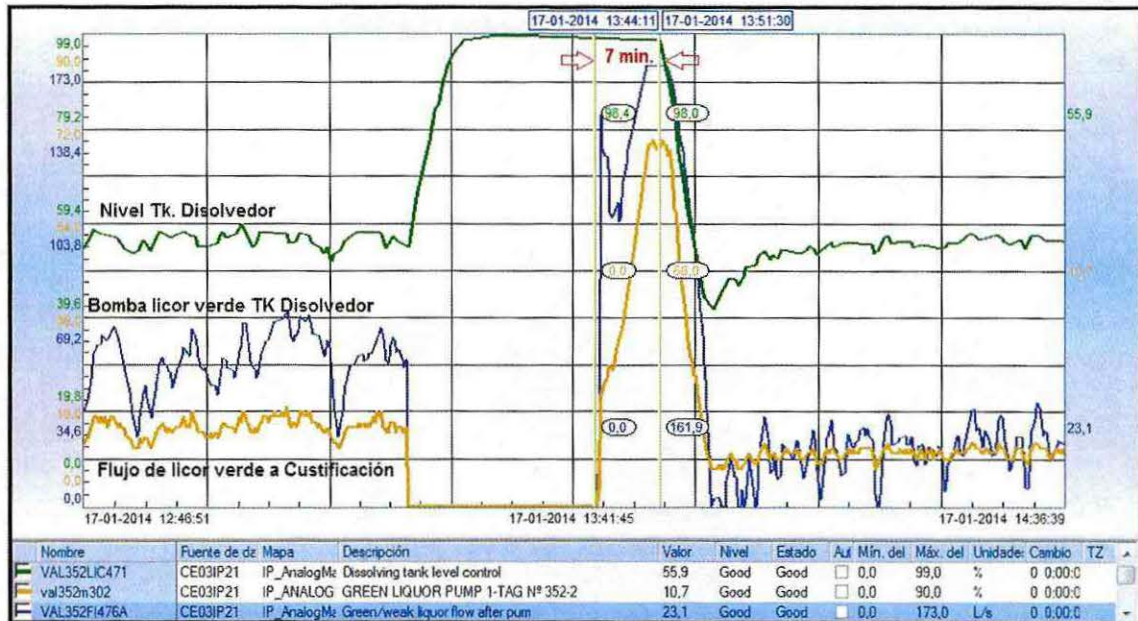




Figura 4: Análisis flujo en periodo de rebalse en Disolvedor.

### 3.5 Licor verde recuperado por bomba del pozo de recuperación al área de Caustificación

Se adjunta memoria de cálculo del licor verde que fue enviado al área de Caustificación, por la bomba de recuperación de recuperación del área de caldera.

Datos.

- Flujo de bomba de recuperación de recuperación ( $Q_{B3r}$ ): 1,2 [m<sup>3</sup>/min] (ver anexo 1.3)
- Tiempo de bomba en servicio ( $\Delta t_{B3r}$ ): 13 [min] (ver Figura 3)

Cálculo.

$$V_{B3r} = Q_{B3r} \cdot \Delta t_{B3r} = 1,2 \text{ [m}^3\text{/min]} \times 13 \text{ [min]} = 15,6 \text{ [m}^3\text{]}$$

Dónde:

$V_{B3r}$ : Volumen de licor verde recuperado por bomba del pozo a Caustificación.

$Q_{B3r}$ : Flujo de bomba B3 de recuperación del pozo [m<sup>3</sup>/min]

$\Delta t_{B3r}$ : Tiempo que estuvo en servicio bomba del pozo [min]

### 3.6 Licor verde rebasado desde el pozo de recuperación a Clarificador Primario de efluentes

El rebalse hacia el Clarificador Primario de la planta de tratamiento de efluente calcula de acuerdo a la siguiente ecuación, obteniéndose como resultado 1,1 [m<sup>3</sup>] de efluentes.

$$V_{\text{Efluentes}} = V_{RD} - V_{rP} - V_{B1} - V_{B3r}$$

Dónde:

$V_{\text{Efluentes}}$ : Es el volumen de licor verde al Clarificador Primario de Efluentes.

$V_{RD}$ : Volumen de licor verde rebasado en TK. Disolvedor.

$V_{rP}$ : Volumen de licor verde retenido en el pozo de recuperación de Caldera Recuperadora.

$V_{B1}$ : Volumen enviado al área de Caustificación por la bomba del Tk. Disolvedor.

$V_{B3r}$ : Volumen de licor verde enviado al área de Caustificación por la bomba del pozo de recuperación.

#### 4. Resumen de Resultados

Conforme a las características técnicas del sistema, así como a los parámetros operacionales, es posible afirmar que el licor verde que fue rebasado desde el área de caldera recuperadora al clarificador primario de la planta de tratamiento de efluentes es de  $1,1[m^3]$ , conforme a los cálculos efectuados, y que se resumen a continuación.


Para el hipotético caso en que la Planta Valdivia no contara con un sistema de control de rebases, en particular en esta área, con un pozo y bomba de recuperación, el licor rebasado al área de efluente hubiera correspondido a  $20.5 [m^3]$

##### 4.1 Caso analizado

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| a. Licor verde rebasado del Tk. Disolvedor                          | : 75,6 $[m^3]$                  |
| b. Licor almacenado en pozo de recuperación                         | : - 3,8 $[m^3]$                 |
| c. Licor verde bombeado a Caustificación                            | : - 55,1 $[m^3]$                |
| d. Licor verde recuperado por bomba de recuperación                 | : - 15,6 $[m^3]$                |
| e. <b>Licor verde rebasado del pozo de recuperación a efluentes</b> | : <b>1,1 <math>[m^3]</math></b> |

##### 4.2 Caso hipotético si no existiera bomba y pozo de recuperación

- **Licor verde rebasado a el área de efluentes (a-c) : 20,5  $[m^3]$**

  
OSCAR FARIÁS F.  
RUT = 10.472.030-7



## ANEXOS

Anexo 1: Determinación caudales en bombas de proceso

A1.1

## CÁLCULO DEL FLUJO DE LICOR VERDE BOMBEADO A CAUSTIFICACIÓN.

Cálculo del flujo de licor débil que es bombeado desde Caustificación al Tk. Disolvedor antes del evento. Este caudal corresponde al flujo de licor que luego rebasa del Tk. Disolvedor.

Fecha
17-01-2014 13:17
17-01-2014 13:22

val352fi476a	Flujo de licor débil
--------------	----------------------

Horario	Flujo l/s
17-01-2014 13:17	53,8
17-01-2014 13:18	54,6
17-01-2014 13:19	59,6
17-01-2014 13:20	59,8
17-01-2014 13:21	58,4

Promedio	57,24
----------	-------

Nota:

Los datos se tomaron como el promedio cada un minuto

A1.2 CÁLCULO DEL FLUJO DE LICOR VERDE BOMBEADO A CAUSTIFICACIÓN.

Cálculo flujo de licor verde que es bombeado desde el Tk. Disolvedor al área de Caustificación, al momento de poner en servicio la bomba 352M302 del TK Disovedor. Este caudal corresponde al flujo de licor que es bombeado del Tk Disolvedor y que permite que no siga rebasando.

Fecha																							
17-01-2014 13:44	<b>val352fi476a</b> Flujo de licor Debil																						
17-01-2014 13:54																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Horario</th> <th>Flujo l/s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>17-01-2014 13:44</td><td>40,2</td></tr> <tr><td>17-01-2014 13:45</td><td>127,7</td></tr> <tr><td>17-01-2014 13:46</td><td>108,4</td></tr> <tr><td>17-01-2014 13:47</td><td>117,4</td></tr> <tr><td>17-01-2014 13:48</td><td>138,1</td></tr> <tr><td>17-01-2014 13:49</td><td>152,3</td></tr> <tr><td>17-01-2014 13:50</td><td>161,6</td></tr> <tr><td>17-01-2014 13:51</td><td>161,9</td></tr> <tr><td>17-01-2014 13:52</td><td>160,4</td></tr> <tr><td>17-01-2014 13:53</td><td>145,1</td></tr> </tbody> </table>	Horario	Flujo l/s	17-01-2014 13:44	40,2	17-01-2014 13:45	127,7	17-01-2014 13:46	108,4	17-01-2014 13:47	117,4	17-01-2014 13:48	138,1	17-01-2014 13:49	152,3	17-01-2014 13:50	161,6	17-01-2014 13:51	161,9	17-01-2014 13:52	160,4	17-01-2014 13:53	145,1
Horario	Flujo l/s																						
17-01-2014 13:44	40,2																						
17-01-2014 13:45	127,7																						
17-01-2014 13:46	108,4																						
17-01-2014 13:47	117,4																						
17-01-2014 13:48	138,1																						
17-01-2014 13:49	152,3																						
17-01-2014 13:50	161,6																						
17-01-2014 13:51	161,9																						
17-01-2014 13:52	160,4																						
17-01-2014 13:53	145,1																						
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Promedio flujo bomba Licor Verde</td> <td>131,3</td> </tr> </tbody> </table>	Promedio flujo bomba Licor Verde	131,3																				
Promedio flujo bomba Licor Verde	131,3																						

Nota:

Los datos se tomaron como el promedio cada un minuto  
 El periodo captura de datos fue de 10 minutos antes del evento.



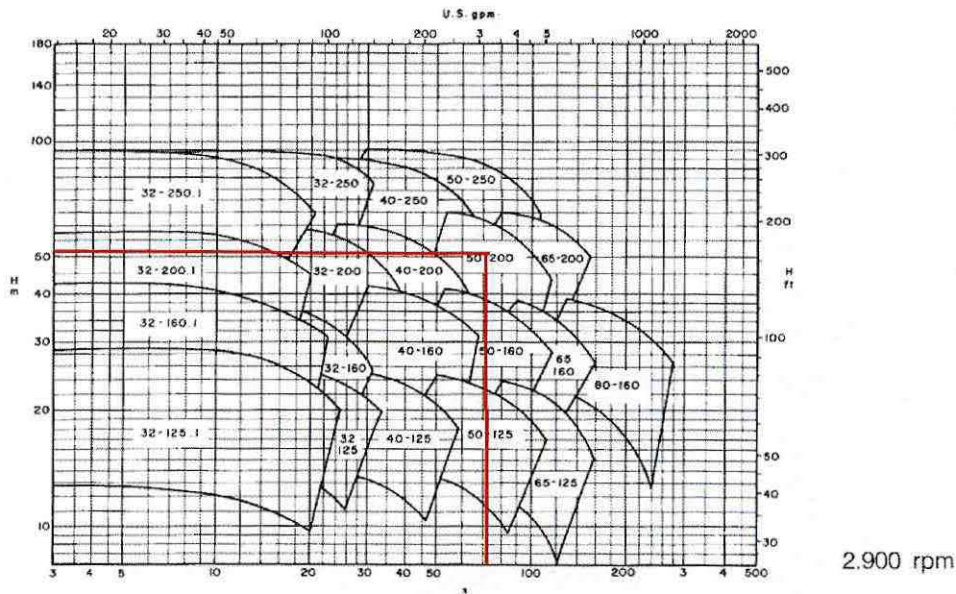
A1.3 Caudal bomba de recuperación de recuperación: 1,2 m<sup>3</sup>/min (72 m<sup>3</sup>/h)

B	C	D	E	G	H	M	N	AC	AD
AREA	TAG UBICACIÓN EQUIPO EN PLANTA	EQUIPO	EQUIPMENT NAME	MARCA	MODELO	CAUDAL m <sup>3</sup> /h	VELOCIDAD DE GIRO RPM	ALTURA DE ELEVACION m	POTENCIA MOTOR KW
352	352-21-304	BOMBA	(GREEN LIQUOR) SPILL COLLECTION PUMP	KSB	MEGACHEM V-G 50-200	72	2900	50	30



KSB Megachem V

Campo de Aplicação - 50 Hz



## Anexo 2: Cálculo mediante software EES



"!Balance materia disolvedor"

$$m\_dot\_1 = \rho_1 * Q_1$$

$$m\_dot\_2 = \rho_2 * Q_2$$

$$m\_dot\_1 = m\_dot\_2 + m\_dot\_3$$

$$Q_1 = 57.24 * 60 / 1000$$

$$\rho_1 = 1200 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$\rho_2 = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

"Estimación del flujo de fundido proveniente de la caldera"

$$m\_dot\_3 = m\_dot\_LN * F\_fs * F\_fund$$

$$m\_dot\_LN = 24 \text{ [l/s]} * \rho\_LN * 60 \text{ [s/min]}$$

$$\rho\_LN = 1.374 \text{ [kg/l]} \text{ "Densidad del licor negro"}$$

$$F\_fs = 0.482 \text{ [kg\_f/kg\_LNs]} \text{ "Factor que relaciona kg de material fundido por kg de licor negro en base seca"}$$

$$F\_fund = 0.72 \text{ [kg\_LNs/kg\_LN]} \text{ "Factor de kg de licor negro seco por kg totales"}$$

"Cálculo del volumen de rebalse en el disolvedor"

$$V\_RD = Q_2 * \Delta t\_R$$

$$\Delta t\_R = 22 \text{ [min]}$$

"Cálculo del volumen de retención del pozo V\_rP"

$$V\_P = 10.77 \text{ [m}^3\text{]} \text{ "Volumen efectivo del pozo"}$$

$$P\_dP = 0.35 \text{ "Porcentaje disponible de retención en el pozo al momento de la falla"}$$

$$V\_rP = V\_P * P\_dP$$

"Cálculo del volumen recuperado desde la entrada en funcionamiento de la bomba de licor verde a caustificación"

$$Q\_1d = 131.1 * 60 / 1000 \text{ "Caudal bomba de licor verde del tanque disolvedor, después de la falla"}$$

$$\Delta t\_B1 = 7 \text{ [min]} \text{ "Tiempo de servicio hasta que deja de rebalsar estanque disolvedor"}$$

$$V\_B1 = Q\_1d * \Delta t\_B1$$

"Cálculo del volumen de licor verde recuperado por bomba B3 del pozo hacia caustificación"

$$\Delta t\_B3r = 13 \text{ [min]}$$

$$Q\_B3r = 72 / 60 \text{ [m}^3\text{/min]}$$

$$V\_B3r = Q\_B3r * \Delta t\_B3r$$

"Cálculo volumen de rebalse del pozo de recuperación de licor verde a efluentes"

$$V\_Efluente = V\_RD - V\_rP - V\_B1 - V\_B3r$$



The screenshot shows a software window titled "Solution" with a "Main" tab. It displays a list of unit settings and calculated values. The unit settings are: SI, C, kPa, kJ, mass, deg. The calculated values are:

$\Delta t_{B1} = 7$ [min]	$\Delta t_{B3r} = 13$ [min]
$\Delta t_R = 22$ [min]	$F_{fs} = 0,482$ [kg <sub>p</sub> /kg <sub>LN</sub> s]
$F_{fund} = 0,72$ [kg <sub>LN</sub> s/kg <sub>LN</sub> ]	$\dot{m}_1 = 4121$ [kg/min]
$\dot{m}_2 = 3435$ [kg/min]	$\dot{m}_3 = 686,6$ [kg/min]
$\dot{m}_{LN} = 1979$ [kg/s]	$P_{dP} = 0,35$
$Q_1 = 3,434$ [m <sup>3</sup> /min]	$Q_{1df} = 7,866$ [m <sup>3</sup> /min]
$Q_2 = 3,435$ [m <sup>3</sup> /min]	$Q_{B3r} = 1,2$ [m <sup>3</sup> /min]
$\rho_1 = 1200$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\rho_2 = 1000$ [kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_{LN} = 1,374$ [kg/l]	$V_{B1} = 55,06$ [m <sup>3</sup> ]
$V_{B3r} = 15,6$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{Effluente} = 1,1$ [m <sup>3</sup> ]
$V_P = 10,8$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{RD} = 75,6$ [m <sup>3</sup> ]
$V_{rP} = 3,8$ [m <sup>3</sup> ]	

Anexo 3: Certificados de título y postgrado del Consultor



UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
CHILE

*Certifico que por Decreto del señor Rector*  
de 9 de SEPTIEMBRE de 19 91  
se confirió el TITULO  
de INGENIERO CIVIL MECANICO  
a don OSCAR FRANCISCO FARIAS FUENTES

Concepción, 23 de SEPTIEMBRE de 19 91

*[Firma]*  
PMT  
23099109



*[Firma]*  
CARLOS ALVAREZ NUÑEZ  
Secretario General



COMMUNA JTE FRANÇAISE D BELGIQUE

UNIVERSITÉ DE LIÈGE

Nous, Président, Secrétaire et Membres du Jury chargé par la Faculté des Sciences appliquées de l'Université de Liège de procéder aux examens de grade scientifique de Docteur en Sciences appliquées.

Nous l'arrêté royal du 30 septembre 1958 fixant les conditions générales de délivrance des diplômes scientifiques et honorifiques dans les Universités de l'Etat.

Attendu que Monsieur Oscar FARIAS FUENTES, né(e) à Cauquenes (Chili), le 04 février 1966, est titulaire d'un diplôme d'ingénieur civil Mécanicien, lui décerné par l'Université de Concepcion (Chili).

Attendu qu'il (elle) a satisfait aux obligations relatives aux enseignements de troisième cycle.

Attendu qu'il (elle) a présenté et défendue publiquement avec la plus grande distinction une thèse intitulée Towards the Development of an Optimal Combustion Control in Fuel-Oil Boilers from the Flame Emission Spectrum.

En conséquence à Monsieur Oscar FARIAS FUENTES le grade scientifique de Docteur en Sciences appliquées.

En foi de quoi, nous lui délivrons le présent diplôme, attestant que Monsieur Oscar FARIAS FUENTES a été véritablement élève de l'Université de Liège et que les prescriptions légales et réglementaires, quant à la durée des études et à la publicité des examens, ont été observées.

Fait à Liège, le 28 novembre 1997.



Le Secrétaire,  
Etienne  
Le Doyen,  
H

Les Membres du Jury,  
J. Demoy  
H. Mery  
J. J. J.

Le Président,  
H. J.



Instituto Regional de Administración de Empresas

## DIPLOMADO

COACHING PARA EL DESARROLLO DE  
COMPETENCIAS DE GESTIÓN Y LIDERAZGO

IRADE certifica que

***ÓSCAR FARIÁS FUENTES***

Cumplió los requisitos del diplomado, realizado en  
Concepción en el periodo 8 de Junio al 15 de Diciembre de 2007  
con una duración de 178 horas.

Aldo Miquelán Jobet  
Gerente General  
IRADE

Francisco Miguicres Salazar  
Gerente  
IRADE Capacitación Ltda.







INSTITUTO NACIONAL  
DE NORMALIZACION



D I P L O M A

El Instituto Nacional de Normalización, INN, certifica que

**OSCAR FRANCISCO FARIAS FUENTES**

Aprobó el "Diplomado en gestión de laboratorios de ensayo y calibración, NCh-ISO17025", realizado entre el 10 de Mayo y el 13 de Julio de 2013, con una duración de 136 horas.

Santiago de Chile, 30 de Agosto de 2013

  
JUAN CARLOS JORQUERA DIAZ  
Jefe División Difusión y Capacitación

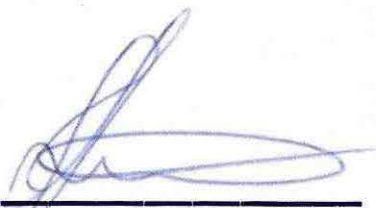
  
SERGIO TORO GALLEGUILLLOS  
Director Ejecutivo

Miembro de  International  
Organization for  
Standardization





**Avaliação técnica da estação de  
tratamento de efluente (ETE) da  
ARAUCO – Valdivia/Chile**



---

**DSc. Cláudio Arcanjo de Sousa**

**04 de março de 2016**

**Preparado para:  
Celulosa Arauco e Constitución S.A.  
Planta Valdivia – Chile**



---

## Sumário

<b>Introdução</b> .....	1
<b>Unidades operacionais da Estação de Tratamento de efluentes</b> .....	1
<b>Objetivos</b> .....	4
<b>Metodologia</b> .....	4
<b>Descrição do processo de geração e decomposição do licor verde</b> .....	5
Origem e dissociação do licor verde .....	5
<b>Avaliação dos parâmetros operacionais</b> .....	6
Tempo de detenção hidráulica (TDH) do efluente no tratamento secundário e terciário .....	6
Condutividade dos Efluentes: Geral (Alcalino), Baixo Sólido (Ácido) e tanque de neutralização .....	7
pH do Efluente geral, efluente baixo sólido e tanque de neutralização .....	8
Temperatura na saída das torres de resfriamento/entrada dos reatores biológicos.....	10
Potencial Redox nas câmaras Anóxicas.....	11
Concentrações e carga de DQO na entrada dos reatores .....	12
Concentração de DQO nos reatores .....	13
Eficiência de remoção de DQO .....	14
Índice Volumétrico do Lodo – IVL .....	16
Concentração de nutrientes no interior dos reatores biológicos .....	17
Taxa de Alimento/Microrganismos (A/M).....	20
Condutividade e pH do efluente tratado .....	21
Emissões específicas de Nitrogênio .....	22
Emissões específicas de Fósforo .....	22
Emissões específicas de Sólidos Suspensos Totais - SST .....	23
Demais parâmetros da qualidade dos efluentes tratados .....	24
<b>Conclusões</b> .....	24
<b>Referências</b> .....	24
<b>ANEXO 1. Boletim de análise pontual (Controle interno da Arauco)</b> .....	26
<b>ANEXO 2. Controle externo da qualidade do efluente tratado</b> .....	27





## **Introdução**

A Arauco, Valdivia – Chile é uma fábrica de celulose Kraft branqueada de Eucalipto e Pinus localizada na Rota 5 - Sul, Km 788, Setor Rucaco, cidade de San José de La Mariquina, província de Valdivia as margens do Rio Cruces.

A principal matéria prima utilizada pela Arauco, Valdivia para a produção de madeira é o *Eucalyptus globulus* e o *Pinus radiata* ambos cultivados na região dos Rios, na província de Valdivia. Além das matérias primas já citada, são utilizados diversos insumos, dentre eles, água, energia elétrica, vapor, agentes químicos de cozimento e branqueamento da celulose, dentre outros.

Atualmente a produção anual de celulose da Planta Valdivia é de 550.000tsa distribuídas entre pinus e eucalipto. O volume de água captada diariamente no Rio Cruces é de aproximadamente 3.000m<sup>3</sup>/hora e a geração média de efluente é de 2.500m<sup>3</sup>/h.

Durante o processo industrial são produzidos diversos tipos de efluentes que são coletados nas diversas áreas e encaminhados para uma estação de tratamento de efluentes por lodos ativados onde os mesmos são submetidos aos diversos tratamentos tais como: tratamento preliminar para remoção dos sólidos grosseiros, tratamento primário para remoção dos sólidos sedimentáveis, tratamento secundário para remoção da matéria orgânica dissolvida e coloidal e tratamento terciário para remoção de cor. Após as etapas de tratamentos físico, químicos e biológicos, os efluentes tratados são encaminhados para o Rio Cruces e diluídos subsuperficialmente através de difusores.

O presente relatório técnico tem como principal objetivo avaliar a eficiência e a capacidade de tratamento de efluentes da estação de tratamento de efluentes industriais durante o recebimento do licor verde ocorrido no dia 17 de janeiro de 2014.

## **Unidades operacionais da Estação de Tratamento de efluentes**

A estação de tratamento de efluentes industriais da Arauco, Valdivia é composta de tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário, tratamento terciário, emissário e lagoa de derrames.

Um croqui simplificado das unidades de tratamento é apresentado na Figura 1.

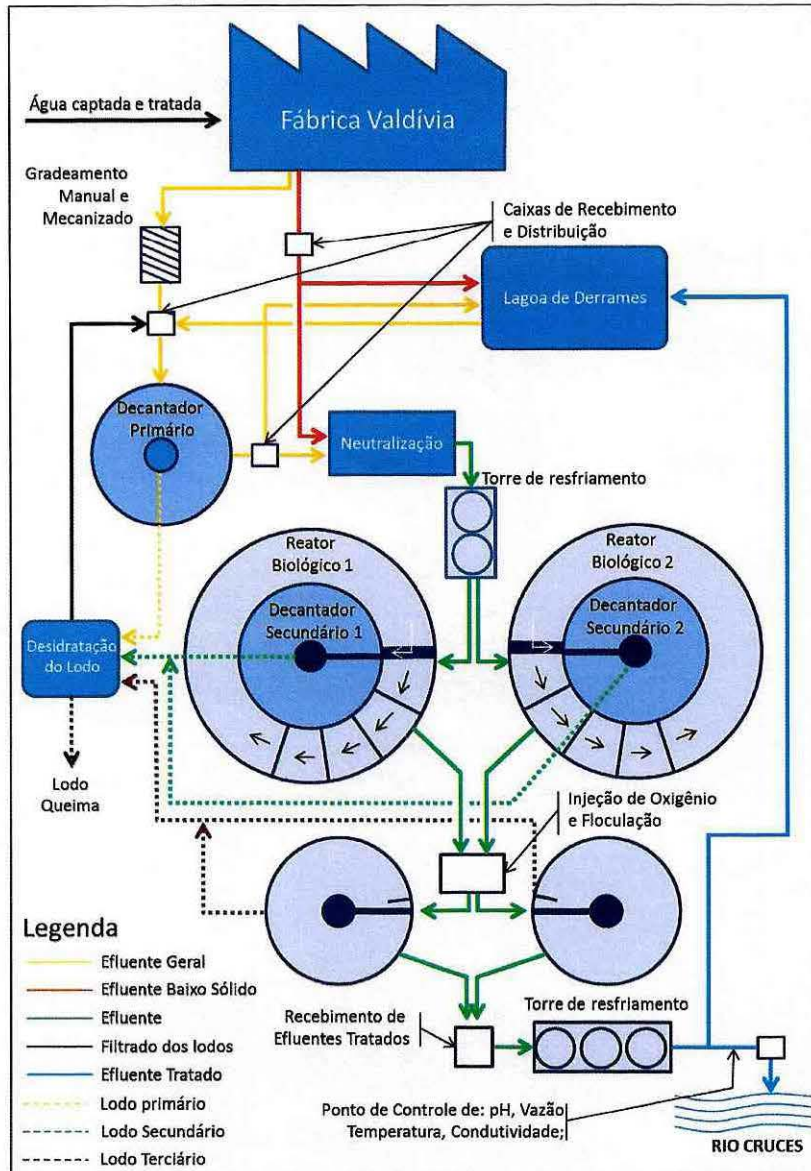


Figura 1. Croqui simplificado da Estação de Tratamento de Efluentes – Arauco-Valdivia

As principais dimensões das unidades operacionais da ETE com suas respectivas dimensões/capacidades utilizadas neste relatório estão apresentadas no Quadro 1.

**Quadro 1.** Principais Unidades Operacionais e suas respectivas Dimensões e capacidades<sup>1</sup>

Unidade Operacional/Descrição	Dimensão/Capacidade
Pré gradeamento manual	Quantidade: 1 Espaçamentos entre grades: 4 cm

<sup>1</sup> Todos os dados de projeto foram fornecidos pelo fornecedor dos equipamentos.





Unidade Operacional/Descrição	Dimensão/Capacidade
Gradeamento mecanizado	Quantidade: 1 Largura: 1,8m Altura: 1,8m Espaçamento entre grades: 1,5cm Capacidade: 1.890m <sup>3</sup> /h
Clarificador primário	Quantidade: 1 Diâmetro: 40m Altura: 4m Volume: 5.027m <sup>3</sup> Tempo de Detenção Hidráulica (TDH): 3,5h Taxa de aplicação Hidráulica (TAH): 0,7 m/h
Tanque de neutralização	Quantidade: 1 Volume: 133 m <sup>3</sup> Misturador hiperbólico: 1 Sistema de amostragem: 1
Torre de resfriamento	Quantidade: 1 Vazão de projeto: 2.700 m <sup>3</sup> /h Temp. entrada efluente: 69°C (máx.) Temp. saída efluente: 29°C Número de células: 02 células Diâmetro do ventilador: 7.300mm
Lagoa de derrames	Quantidade: 1 Volume Total: 130.000m <sup>3</sup> Nível máximo operacional <sup>2</sup> : 90% Volume máximo operacional: 117.000m <sup>3</sup>
Reator biológico	Quantidade: 2 em paralelo Volume total de cada reator: 25.400m <sup>3</sup> Volume total de reação do sistema: 50.800m <sup>3</sup> MBP <sup>3</sup> : 3.750m <sup>3</sup> /Reator Zona Anóxica: 3.000m <sup>3</sup> /Reator Seletor 1: 1.300m <sup>3</sup> /Reator Seletor 2: 1.300m <sup>3</sup> /Reator Tanque de Aeração plug flow: 15.650m <sup>3</sup> /Reator
Sistema de Aeração	Quantidade total: 29 unidades/reator Compressor: 4 compressores/reator Capacidade dos compressores: 7.400Nm <sup>3</sup> /h
Decantador Secundário	Quantidades: 02 unidades Diâmetro: 52m

<sup>2</sup> Nível máximo determinado pelo Órgão Ambiental de Operação da Unidade Industrial.

<sup>3</sup> MBP - Minimal Biosludge Production



Unidade Operacional/Descrição	Dimensão/Capacidade
	<b>Altura:</b> 4,1m <b>Volume:</b> 8.707m <sup>3</sup> /Linha <b>TDH:</b> 6,40 h <b>TAH:</b> 0,56 m/h <b>Taxa de Aplicação de Sólido (TAS):</b> 4,45 Kg/m <sup>2</sup> .d <sup>-1</sup>
<b>Tratamento terciário - Flotador</b>	<b>Largura:</b> 20,5m <b>Altura útil:</b> 1,8m <b>Área útil:</b> 267m <sup>2</sup> <b>Volume útil:</b> 162m <sup>3</sup> <b>Vazão de projeto:</b> 1.350m <sup>3</sup> /h <b>TAH:</b> 5,1m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h
<b>Sistema de desagüamento do lodo</b>	<b>Vazão:</b> 175m <sup>3</sup> /h <b>Consistência:</b> <25% <b>Capacidade operacional:</b> 10t/d

De acordo com Metcalf E Eddy (2003), as dimensões e as capacidades das unidades operacionais da estação de tratamento de efluentes industriais estão dentro dos padrões recomendados para este tipo de tratamento, portanto, a ETE tem capacidade instalada de projetos suficiente para tratar de forma adequada todos os efluentes industriais da Planta Valdivia-Chile.

## Objetivos

O presente relatório técnico tem como principal objetivo avaliar o desempenho e a capacidade de tratamento de efluentes da estação de tratamento de efluentes industriais durante e após a parada "trip" da caldeira de recuperação com subsequente envio de licor verde para a ETE ocorrido no dia 17 de janeiro de 2014.

Analisar o destino do licor verde durante os tratamentos físico-químicos e biológicos realizados na ETE da planta Valdivia – Chile.

## Metodologia

Todos os dados utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram fornecidos pela Celulosa Arauco e Constitución S.A, Valdivia – Chile.

Todos os dados foram obtidos através do Sistema Supervisório "Aspen Process Explorer V8.4 – IP.21" da Arauco e através de boletins internos de monitoramento. Devido ao tempo de residência total que os efluentes permanecem no sistema (Figura 2) foram utilizadas as médias diárias de todos os parâmetros avaliados.

Foi feita ainda visita incursiva na estação de tratamento de efluentes para conhecer as instalações e as práticas operacionais de controle para melhor elucidar a elaboração deste relatório. Também foi visitado o ponto de lançamento dos efluentes tratados no Rio Cruces.





## Descrição do processo de geração e decomposição do licor verde

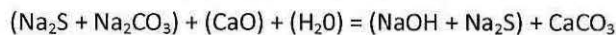
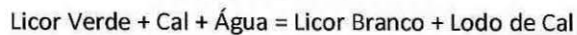
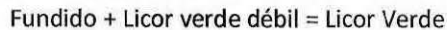
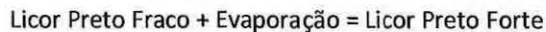
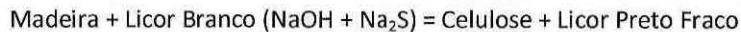
### *Origem e dissociação do licor verde*

Após o cozimento da madeira com licor branco ( $\text{Na}_2\text{S}$  e  $\text{NaOH}$ ), a polpa de celulose segue para a etapa de branqueamento e o licor branco de cozimento se transforma em licor preto fraco que será concentrado na seção de evaporação originando o licor preto concentrado.

Este licor preto concentrado é previamente aquecido e misturado com as cinzas dos precipitadores e posteriormente é bombeado para o interior da caldeira, onde inicia a sua queima.

Na queima da matéria orgânica (principalmente lignina originária do cozimento) é produzido calor e o vapor gerado é usado no processo de fabricação da celulose como um todo e geração de energia elétrica. A matéria inorgânica (reagentes químicos) funde sob o efeito do calor e o fundido (*smelt*) é recolhido pelo fundo da caldeira, sendo em seguida encaminhado para o tanque dissolvedor de *smelt*.

Da solubilização do *smelt* com licor verde débil proveniente da caustificação, resulta se o licor verde, que toma esta cor devido aos sais ferrosos formados. Este licor verde é rico em carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e sulfeto de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ). Este licor verde quando adicionado cal ( $\text{CaO}$ ) mais água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) formará o licor branco ( $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$ ) de cozimento mais a lama de cal que após o processo de calcinação formará a cal ( $\text{CaO}$ ) que será novamente adicionado ao licor verde e o ciclo do processo continua. A equação da geração do licor verde é apresentada abaixo.



É importante mencionar que o licor verde ( $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ ) durante o tratamento de efluentes na zona anóxica será convertido em  $\text{Na}$  e  $\text{CO}_2$  devido às bactérias utilizarem o  $\text{CO}_3^-$  como acceptor final de elétrons liberando o  $\text{CO}_2$  e durante o tratamento na zona aeróbia o  $\text{Na}_2\text{S}$  será dissociado em  $\text{Na}^+$  e  $\text{HS}$  que devida à condição aeróbica é convertido a  $\text{SO}_4^{2-}$  que são utilizados pelas bactérias presentes no sistema eliminando completamente quaisquer efeitos deletérios para as etapas subsequentes e para o meio ambiente.



Uma forma prática de se medir as concentrações dos diversos compostos resultantes da depuração do licor verde ( $\text{Na}^+ \text{SO}_4^{2-}$ ) e demais íons é através da utilização de medidores *on-line* de condutividade no efluente tratado. Esses equipamentos estão instalados na saída dos efluentes tratados da ETE da Planta Valdivia e será discutido adiante.

### **Avaliação dos parâmetros operacionais**

Para avaliar os parâmetros operacionais da planta de tratamento de efluentes e os efeitos do licor verde sobre estes parâmetros, foi necessário avaliar um período maior ao período da ocorrência do *trip* da caldeira de recuperação de modo a verificar como todo o sistema estava se comportando e como o envio de licor verde devido ao *trip* na caldeira de recuperação no dia 17 de janeiro impactou a operação da ETE e os efeitos desses sobre a qualidade dos efluentes tratados. Dessa forma para melhor elucidação dos parâmetros operacionais, foram avaliados os principais parâmetros operacionais da ETE no período compreendido entre 15/12/2013 a 01/02/2014.

Considerando que o licor verde é composto basicamente de  $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$  e que o aumento na vazão deste licor verde no efluente geral impacta principalmente os valores de pH e condutividade e considerando que o as alterações de pH e condutividade poderiam causar impactos da qualidade da biota, com redução na eficiência de remoção de matéria orgânica, sobretudo DQO, elegeu-se os seguintes parâmetros operacionais para determinar se o volume de licor verde transbordado de  $1,1\text{m}^3$  e encaminhado para a ETE causou algum efeito deletério ao sistema e conseqüentemente alterando a qualidade do efluente tratado.

Os principais parâmetros avaliados foram:

- Tempo de detenção hidráulica dos efluentes
- Condutividade dos efluentes geral (alcalino), efluente baixo sólido (ácidos) e tanque de neutralização
- pH do efluente geral (alcalino), efluente baixo sólido (ácidos) e tanque de neutralização
- Temperatura na saída das torres de resfriamento/entrada dos reatores biológicos
- Potencial redox nas câmaras anóxicas
- Concentração e carga de DQO na entrada dos reatores
- Concentração de DQO nos reatores
- Eficiência de remoção de DQO
- Índice volumétrico do lodo – IVL
- Concentração de nutrientes no interior dos reatores biológicos
- Taxa Alimento/Microrganismos (A/M) nos reatores biológicos

### **Tempo de detenção hidráulica (TDH) do efluente no tratamento secundário e terciário**

O tempo de detenção hidráulica dos efluentes no sistema tem a função determinar qual o



tempo que os efluentes ficarão no sistema, ou seja, após o efluente chegar à ETE depois de quanto tempo em que os mesmos estarão saindo do sistema.

O TDH para cada unidade e o TDH total estão apresentados na Figura 2.

**Observação:** Considerando-se que os maiores efeitos poderão ocorrer no tratamento biológico e terciário, foram considerados os TDH's desses dois tratamentos excluindo-se o tratamento preliminar e primário.

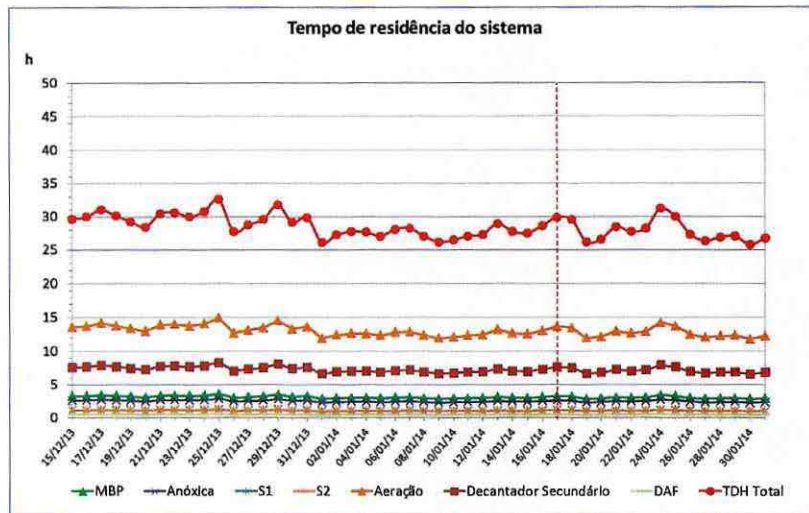


Figura 2. Tempo de detenção hidráulica do sistema.

Observa-se que o TDH médio desconsiderando o tratamento preliminar e o tratamento primário foi superior a um dia, demonstrando que o tempo de permanência do efluente no sistema foi suficiente para depurar as cargas orgânicas e está de acordo com o estabelecido pelo fornecedor da planta (AQUAFLOW, 2003).

### **Condutividade dos Efluentes: Geral (Alcalino), Baixo Sólido (Ácido) e tanque de neutralização**

Os dados da condutividade dos efluentes Geral, baixo sólido e tanque de neutralização estão apresentados na Figura 3.

A concentração de íons é diretamente proporcional ao valor da condutividade, ou seja, na medida em que ocorre o aumento dos íons no meio, ocorre também o aumento da condutividade (METCALF & EDDY, 2003). Jenkins, et al (2003) cita que o excesso e o tipo de íons interferem na floculação da biota prejudicando a formação dos flocos. De uma maneira geral para a adequada operação dos tratamentos biológicos, recomenda-se o valor máximo da média diária de  $3.500\mu\text{S}/\text{cm}$  o que garantirá que a biota crescerá e floculará de modo adequado.

Geralmente o sistema de tratamento biológico aumenta a concentração de condutividade (SOUSA 2007) e considerando que a Planta Valdivia existe uma condicionante que determina



que o limite máximo de condutividade a ser lançado no Rio Cruces deva ser menor que  $4.000\mu\text{S}/\text{cm}$  e considerando que até  $3.500\mu\text{S}/\text{cm}$  ocorre uma boa floculação, definiu-se o limite de  $3.500\mu\text{S}/\text{cm}$  como sendo o limite máximo recomendado para os valores de condutividade no tanque de neutralização, localizado antes dos reatores biológicos.

Devido os efluentes de baixo sólido ser gerados nas sequências de branqueamento, estes possuem condutividade ligeiramente elevada comparadas ao efluente geral, isso ocorre porque no branqueamento se utiliza agentes químicos de branqueamento e de alvejamento da polpa conferindo assim maior carga de condutividades aos mesmos.

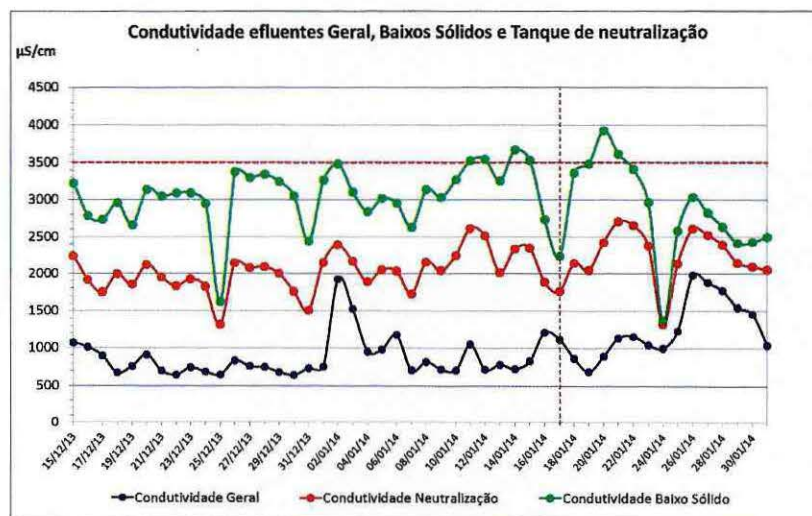


Figura 3. Condutividade dos efluentes geral, efluente baixo sólido e tanque de neutralização.

Após a mistura entre o efluente geral e o efluente baixo sólido produz um efluente com características ideais de condutividade e pH (Figura 4) para o tratamento de efluentes. De um modo geral, os valores de condutividade verificados nos efluentes da fábrica de celulose da Arauco, Valdivia sempre inferiores aos valores recomendados garantindo assim, uma condição adequada para o tratamento biológico dos efluentes.

### ***pH do Efluente geral, efluente baixo sólido e tanque de neutralização***

O pH exerce um papel importante para o tratamento biológico, sobretudo no crescimento biológico, pois todos os processos metabólicos que ocorrem durante o tratamento biológico são dependentes do pH. Os valores de pH do efluente geral, efluente baixo sólido e do tanque de neutralização estão apresentados na Figura 4.



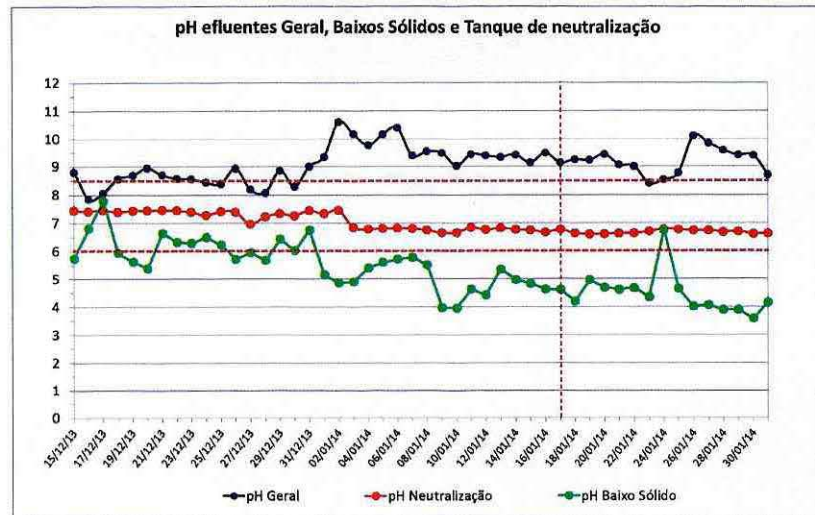


Figura 4. pH do efluente geral, efluente baixo sólido e tanque de neutralização.

Variações de pH na entrada dos reatores biológicos ocasionam grandes distúrbios no processo acarretando, redução do crescimento, desflocação do lodo e perda da eficiência da planta para remover as cargas orgânicas dos efluentes, principalmente DBO e DQO (GRADY 1999).

Muitas bactérias não toleram valores de pH acima de 9,5 ou abaixo de 4,0. Geralmente o pH ótimo de crescimento está entre 6,5 e 7,5. No entanto, existem algumas espécies de *archaea-bactérias* que podem crescer em condições extremas de temperatura, pH e condutividade (METCALF & EDDY, 2003). Para operação de plantas de tratamento de efluentes recomenda-se valores de pH variando entre 6,0 a 8,5, garantindo assim a estabilidade dos processos bioquímicos do tratamento biológico de efluentes, que está de acordo com o manual do fornecedor da ETE AQUAFLOW (2003).

Essas pequenas variações de pH dentro da faixa recomendada são totalmente tamponadas pelo tratamento biológico, uma vez que o mesmo adequa os valores de pH para atender as demandas fisiológicas. A Figura 6 apresenta os valores de pH na câmara de neutralização e no interior dos reatores biológicos. Observa-se o perfeito ajuste do pH dentro do reator para a neutralidade (pH 7,0) independente dos valores que entraram.

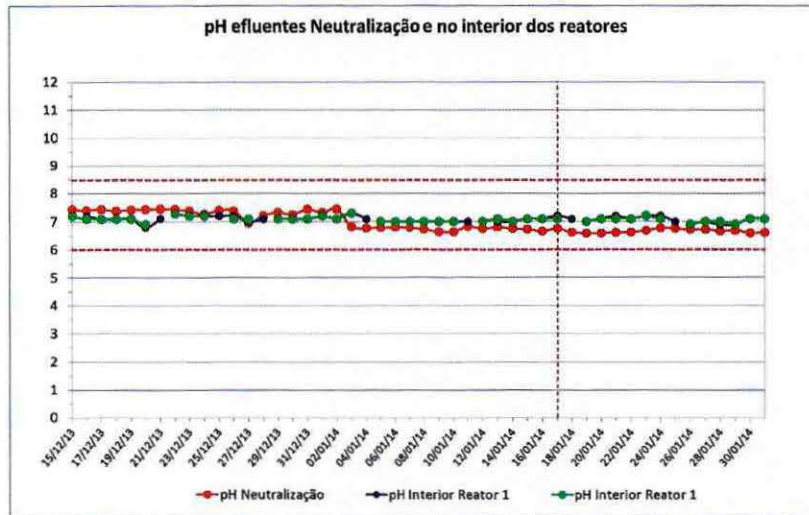


Figura 5. Valores de pH no tanque de neutralização e no interior dos reatores biológicos.

Pelos valores de condutividade do tanque de neutralização na Figura 3 e 4, verifica-se que o tanque de neutralização tem funcionado perfeitamente para a neutralização e homogeneização tanto do pH quanto da condutividade.

Outro fator muito importante que se pode verificar é que o pH dentro do interior do reator biológico se manteve completamente estável durante todo o período, confirmando que a biota não sofrera impactos com as cargas de licor verde ocorrida no dia 17 de janeiro de 2014.

### **Temperatura na saída das torres de resfriamento/entrada dos reatores biológicos**

Os valores de temperatura na saída das células da torre de resfriamento antes do tratamento biológico estão apresentados na Figura 6.

A faixa de temperatura ótima para o perfeito desempenho dos microrganismos que são responsáveis pelo tratamento de efluentes está entre 30 e 35°C (METCALF & EDDY, 2003).



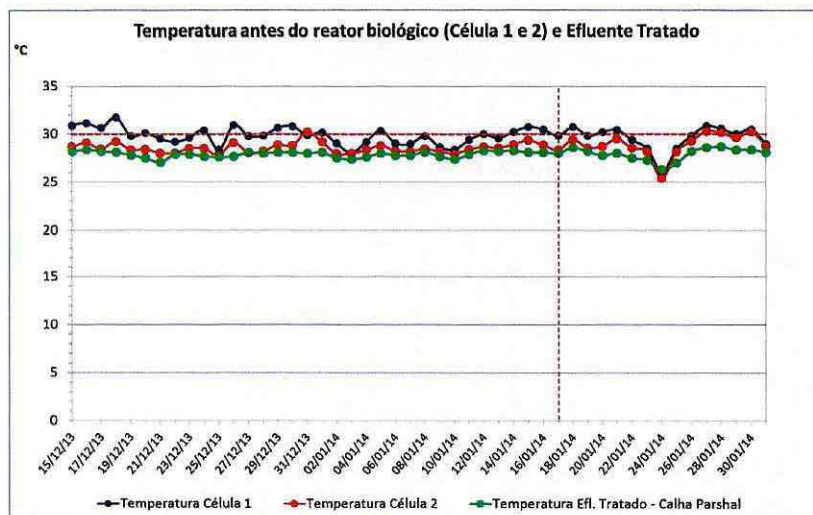


Figura 6. Temperatura na saída da torre de resfriamento (Célula 1 e 2) antes do reator biológico e efluente tratado (Calha Parshal).

### **Potencial Redox nas câmaras Anóxicas**

O potencial redox quantifica indiretamente a existência de agentes oxidantes ou redutores em um meio líquido. É uma análise muito sensível e eficiente para monitoramento dos agentes oxidantes ou redutores no meio. Desse modo, medir o potencial redox na câmara anóxica permite monitorar com grande eficiência a presença dos agentes oxidantes para os sistemas biológicos, evitando que ocorra algum impacto na biota, nas etapas subsequentes e principalmente no meio ambiente.

O clorato é um agente oxidante de maior preocupação para o tratamento de efluentes e para o meio ambiente, dessa forma, mede-se o potencial redox na câmara anóxica de modo a monitorar e providenciar o tratamento adequado nesta etapa.

A Figura 7 apresenta os resultados do potencial redox durante o período avaliado demonstrando que o mesmo não sofreu nenhuma alteração significativa que fosse um indicativo da presença do licor verde ou de qualquer outro composto. Observa-se que o limite máximo de -150mV não fora atingido em nenhum dos dias analisados.

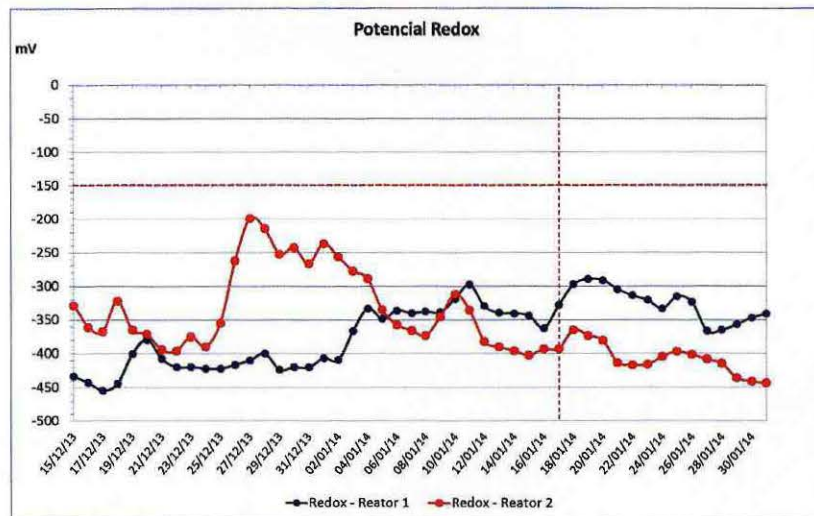


Figura 7. Potencial redox no interior das câmaras anódicas.

### Concentrações e carga de DQO na entrada dos reatores

As concentrações e carga de DQO estão apresentadas na Figura 9. No início do mês de dezembro houve uma redução da carga de DQO na entrada dos reatores.

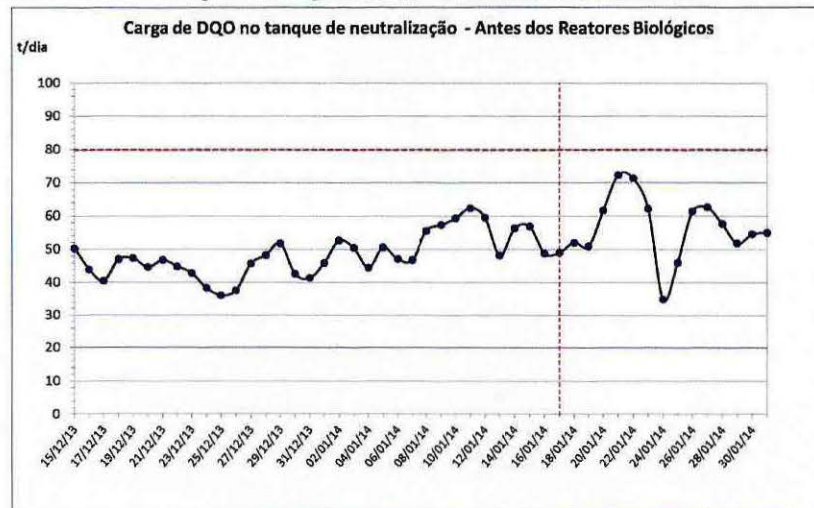


Figura 8. Cargas de DQO na saída do tanque de neutralização - entrada do tratamento biológico.

Essa redução da carga de DQO foi devida tanto pela redução da DQO quanto pela redução da vazão dos efluentes no período (Figura 10).



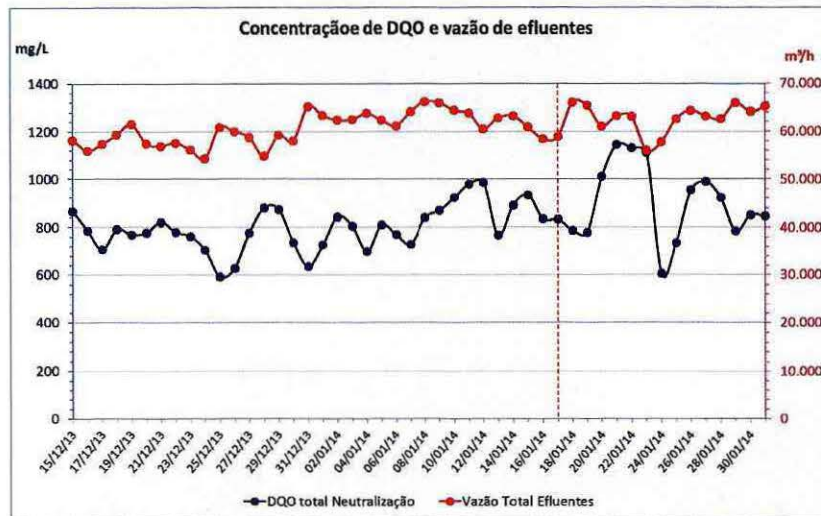


Figura 9. Concentração de DQO e vazão total dos efluentes

Verifica-se que a capacidade de operação da ETE da Arauco, Valdivia operou com folga no período avaliado e, portanto o recebimento do licor verde pela estação de tratamento de efluentes no dia 17 de janeiro não ocasionou maiores impactos na carga de DQO e tampouco na operação da ETE como um todo.

Um fato muito importante a se considerar neste caso, é que o licor verde derramado foi coletado e contido pelo sistema de recuperação de derrames que existem nas áreas industriais para este fim e encaminhado para o decantador primário para a remoção dos sólidos grosseiros. Esse conceito de controle preventivo da poluição ambiental industrial adotado pela Arauco, Valdivia segue as recomendações do European Commission (2015) através do *Report Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board*.

Além de promover a remoção dos sólidos sedimentáveis, o decantador primário também proporciona uma grande taxa de diluições dos diversos efluentes que são coletados nas diversas áreas, reduzindo os riscos de impacto deletério na biota e na qualidade dos efluentes tratados. Considerando-se que o volume transbordado de licor verde foi de  $1,1\text{m}^3$  e considerando o volume total do decantador primário de  $5.027\text{m}^3$  a diluição que ocorreu no dia 17 de janeiro foi de 1:4.570 aproximadamente.

Outro fato que deve ser considerado é que as bactérias utilizadas no tratamento biológico de efluentes são mais resistentes e adaptadas para degradar os diversos compostos que são encaminhados nos efluentes industriais, tais como  $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ .

### Concentração de DQO nos reatores

Na Figura 11 observa-se a concentração de DQO nos reatores biológicos durante o período avaliado. Observa-se que após o evento do dia 17 de janeiro, as concentrações de DQO nas saídas dos reatores reduziram, demonstrando que o sistema apresentava-se melhor do que



vinha operando. De igual modo, essa redução não fora ocasionado pelo licor verde, mas possivelmente as variações normais do processo.

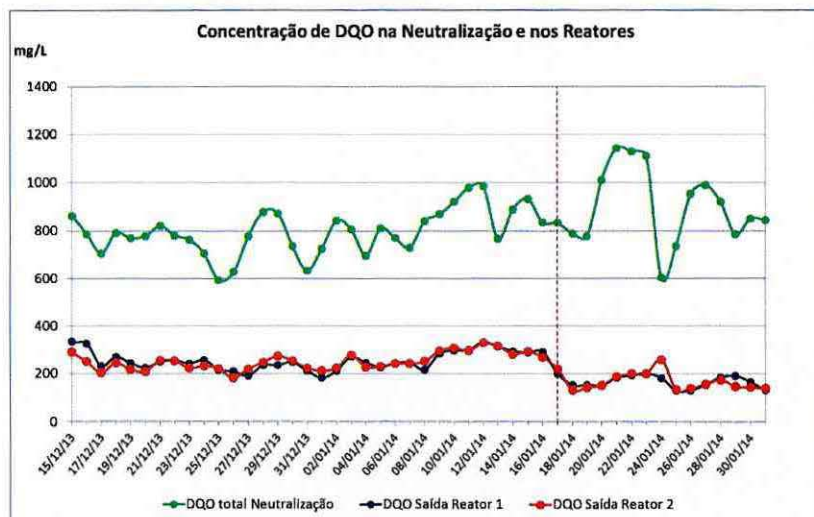


Figura 10. Concentração de DQO no tanque de neutralização e nos reatores biológicos.

Esta Figura mostra ainda a capacidade que o sistema biológico tem de neutralizar as cargas, pois embora tenha havido elevação na concentração e carga de DQO na entrada (Figura 7), o sistema se comportou perfeitamente bem, ajustando as concentrações finais de DQO dos reatores.

### ***Eficiência de remoção de DQO***

Com relação à eficiência de remoção de DQO pelo tratamento secundário pode se observar na Figura 10 que o sistema apresentou elevadas taxas de eficiências de remoções durante todo o período avaliado, inclusive no dia 17 de janeiro, legitimando que o licor verde não ocasionou efeito deletério para a biota do tratamento biológico.

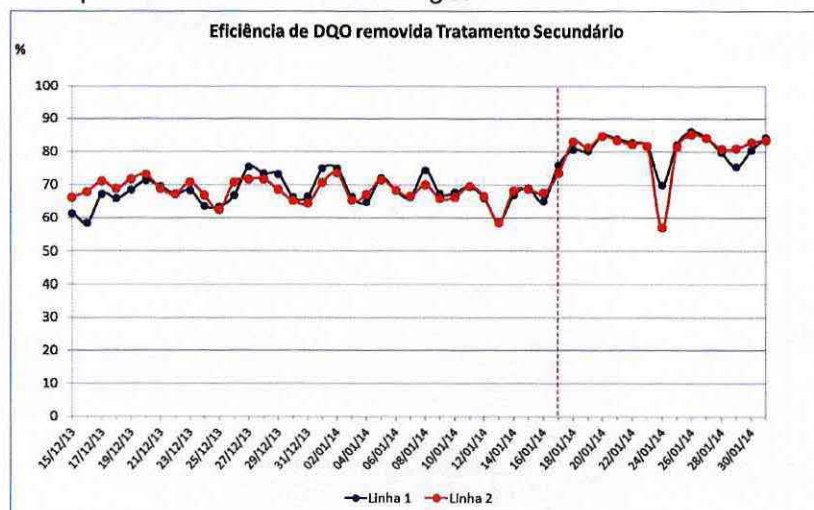


Figura 11. Eficiência de remoção de DQO pelo tratamento secundário (Reatores biológicos).





O aumento da eficiência de remoção da DQO a partir do dia 17 foi ocasionado principalmente pelo aumento da DQO inicial (Figura 9) e pela redução das concentrações da DQO no efluente tratado (Figura 11).

A European Comission (2015) cita que em fábricas novas de celulose a remoção de DQO por sistemas de lodos ativados varia entre 50 a 70%. No Brasil valores de remoções de DQO acima de 70% para fábricas de celulose Kraft são considerados excelentes. Dessa forma, pode-se se afirmar que o sistema de tratamento de efluentes da Planta Valdivia-Chile apresenta uma excelente eficiência de remoção de DQO quando comparado com os sistemas europeus e brasileiros.

A Figura 12 apresenta a concentração na saída dos reatores e na saída da calha Parshal.

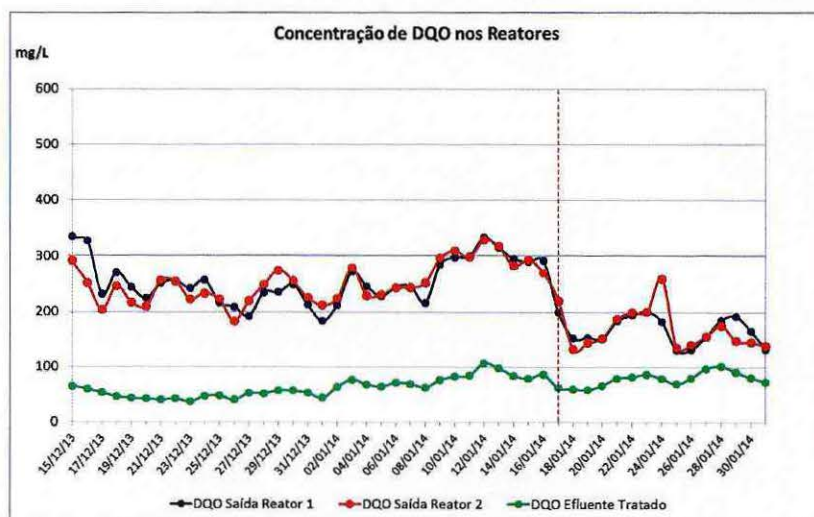


Figura 12. Concentração da DQO na saída nos reatores biológicos e no efluente tratado.

A Figura 13 apresenta a eficiência de remoção de DQO do sistema secundário (reatores biológicos) mais o sistema terciários (flotadores). Em todos os dias a remoção de DQO ficou acima dos 80%, demonstrando que a estação de tratamento de efluentes operou de modo excelente na remoção das cargas de DQO do processo.

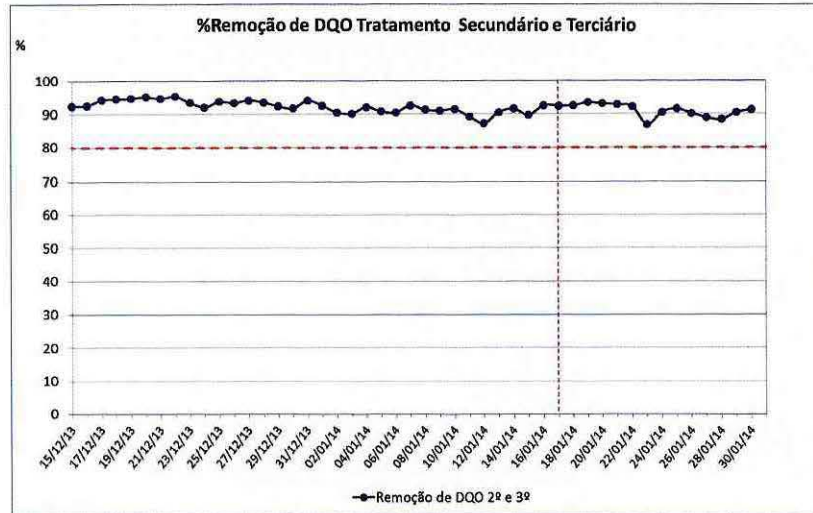


Figura 13. Remoção de DQO dos sistemas secundário e terciários.

A Figura 14 apresenta a média diária das emissões específicas de DQO da Planta Valdivia. A carga média específica de emissão de DQO pela Planta Valdivia no período avaliado foi de 2,6kg de DQO/Adt. A European Commission (2015) cita que o padrão Europeu de emissão de DQO/Adt varia de 5 a 20 Kg de DQO/Adt Celulose para Pinus e de 7,5 a 28 kg de DQO/Adt Celulose para Eucalipto. Comparando as taxas de emissões de DQO da Planta Valdivia com os padrões da Europa que são considerados os mais restritivos e referência para o setor de celulose, verifica-se que as taxas de emissões de DQO da Planta Valdivia estão muito inferiores aos padrões adotados pela Europa e recomendados pela European Commission (2015).

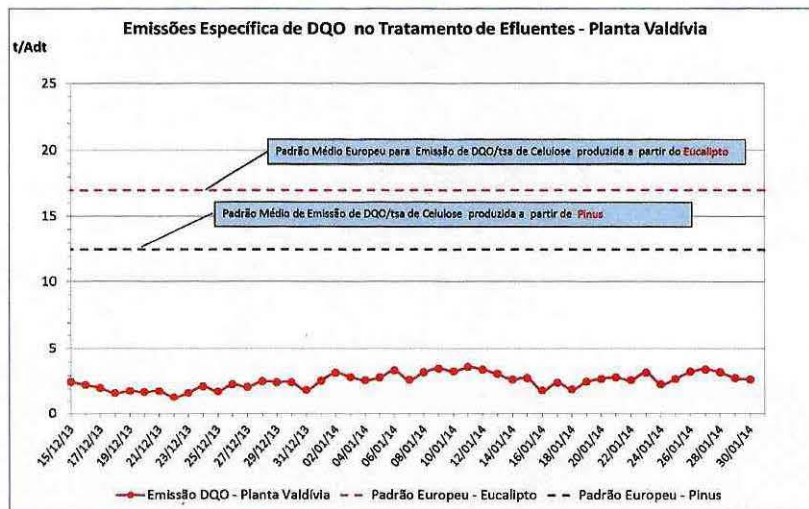


Figura 14. Emissões específicas de DQO/Adt Celulose.

### Índice Volumétrico do Lodo – IVL

Os valores do IVL estão apresentados na Figura 15. O índice volumétrico do lodo é uma análise prática realizada em laboratório que verifica o valor da decantabilidade durante um período de



30 minutos. Após o resultado, divide-se este valor pela concentração de sólidos do lodo, determinando dessa forma, o volume ocupado por um grama de lodo. Valores elevados de IVL indicam má decantabilidade do lodo.

Diversos fatores podem ocasionar a elevação do IVL, no entanto o mais comum é o crescimento excessivo das bactérias filamentosas presentes no lodo. Esse crescimento pode ser ocasionado por diversos fatores tais como: deficiência de nutrientes, deficiência de oxigênio dissolvido, excesso de sulfeto no efluente de entrada, presença de ácidos graxos voláteis, presença de compostos de fácil biodegradabilidade, baixa disponibilidade de alimento e outros.

Jenkins et. al (2003) e Von Sperling (1996) citam que o valor ideal para o índice volumétrico o lodo é de 150ml/g. No Brasil é muito comum trabalhar com estações de tratamento de efluentes com o IVL próximo de 300ml/g sem ocasionar problemas no processo. Em geral estações mais frias do ano, o IVL tende a ser menor. Considerando que o período avaliado foi no período de verão entre dezembro de 2013 e janeiro de 2014 valores de IVL de 200ml/g são perfeitamente aceitáveis e adequados para a operação da ETE como um todo.

Observa-se uma pequena elevação do IVL após o dia 17 de janeiro, mas de modo algum se pode afirmar que tais variações são devidas ao efeito do licor verde, uma vez que em período anteriores existiam valores superiores e estas variações que ocorrem nos valores do IVL são perfeitamente aceitáveis do ponto de vista operacional. Outro ponto a se considerar especificamente na Arauco, Valdivia é que esta estação de tratamento de efluentes possui um sistema terciário que caso ocorram perdas de lodo serão removidos pelo sistema terciário.

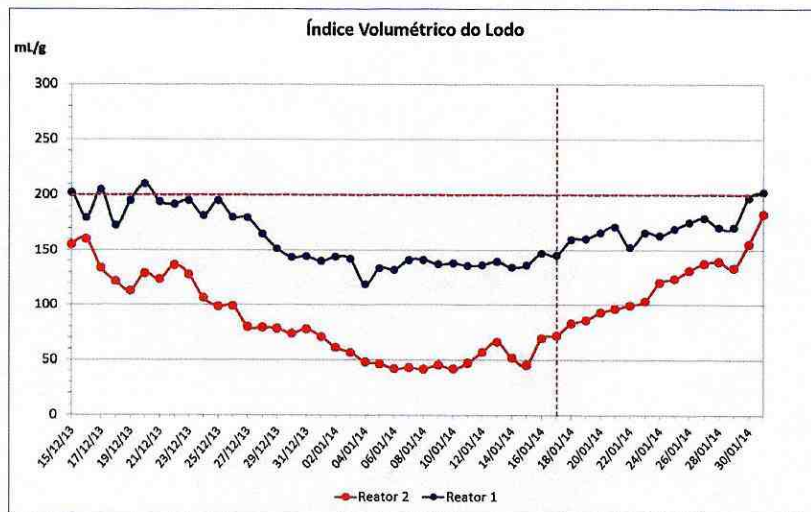


Figura 15. Índice Volumétrico do Lodo, IVL dos reatores da linha 1 e linha 2.

### **Concentração de nutrientes no interior dos reatores biológicos**

O pequeno aumento pontual no dia 17 de janeiro da concentração de N amoniacal no interior do reator (Figura 16) e da concentração de e nitrogênio total no final do reator (Figura 20) não



podem ser atribuídos ao evento do transbordo do licor verde no dia 17, uma vez que pelo tempo de residência determinado para o dia 17 (Figura 2) e o momento em que fora feita a coleta para análise (ANEXO 1) não haveria tempo hábil para que o mesmo tivesse percorrido todo o sistema de tratamento de efluentes.

Em tratamentos de efluentes são comuns a ocorrência dessas variações sem, contudo indicar que há problemas no processo, haja vista que ocorreram variações em outros dias sem que houvessem ocorrido outros distúrbios na planta e na qualidade do efluente tratado. Outro fato que corrobora que este foi um efeito pontual e específico do reator biológico da linha 1, é que o reator biológico da linha 2 comportou de modo inalterado tanto para o nitrogênio quanto para o fósforo (Figura 17 a 19)

A Figura 16 apresenta as concentrações de nitrogênio no interior e no final do reator biológico da linha 1.

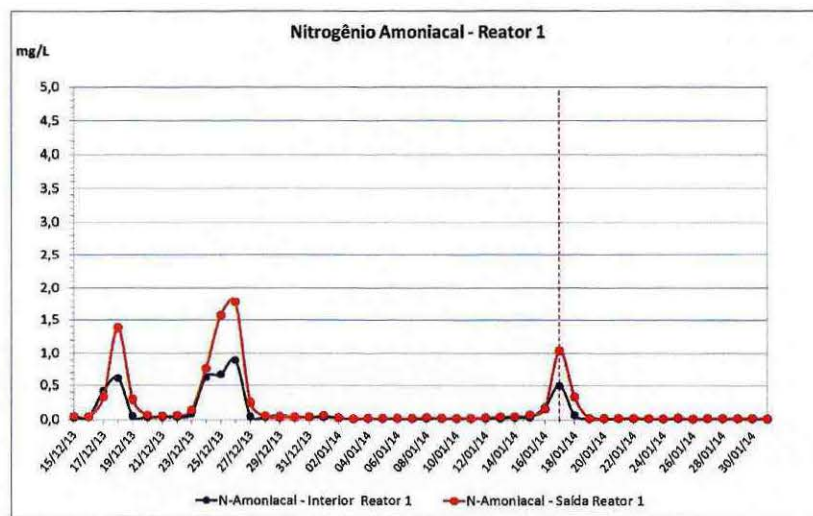


Figura 16. Concentrações de nitrogênio amoniacal solúvel no interior e no final do reator biológico da linha 1.

A Figura 17 apresenta as concentrações de nitrogênio no interior e no final do reator biológico da linha 2.



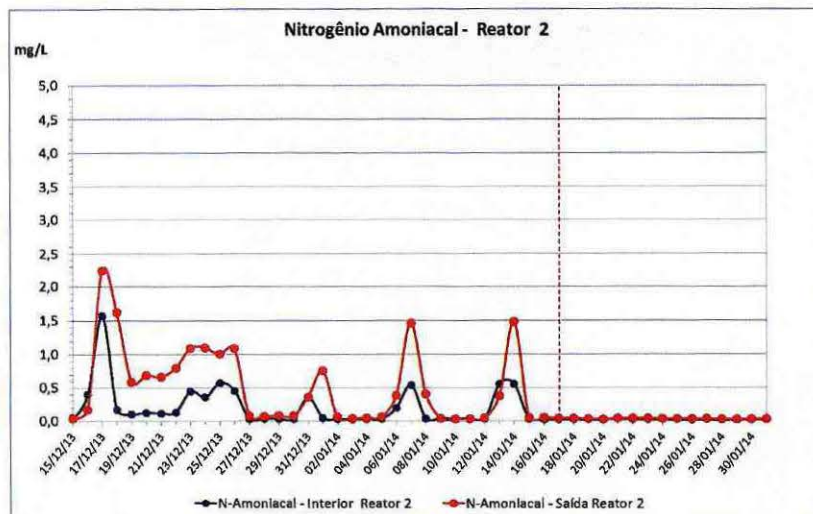


Figura 17. Concentrações de nitrogênio amoniacal solúvel no interior e no final do reator biológico da Linha 2.

A Figura 18 apresenta as concentrações de fósforo no interior e no final do reator biológico da linha 1.

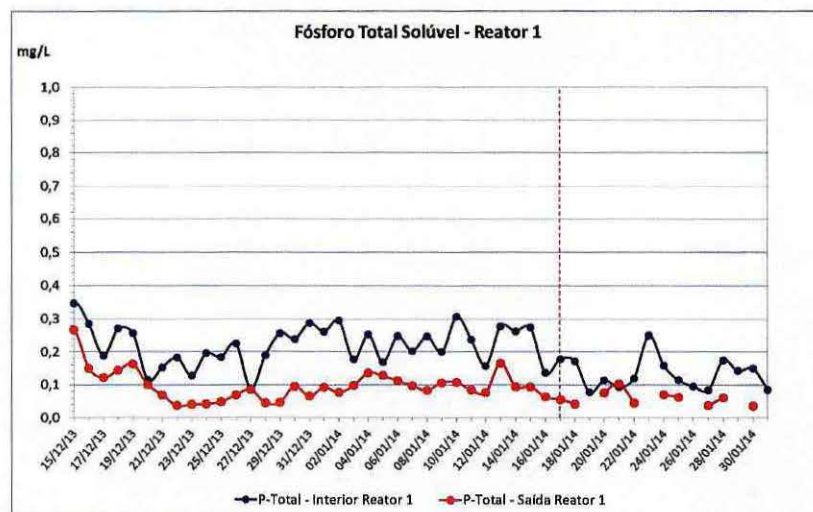


Figura 18. Concentrações de fósforo total solúvel no interior e no final do reator biológico da Linha 1.

A Figura 19 apresenta as concentrações de fósforo no interior e no final do reator biológico da linha 2.

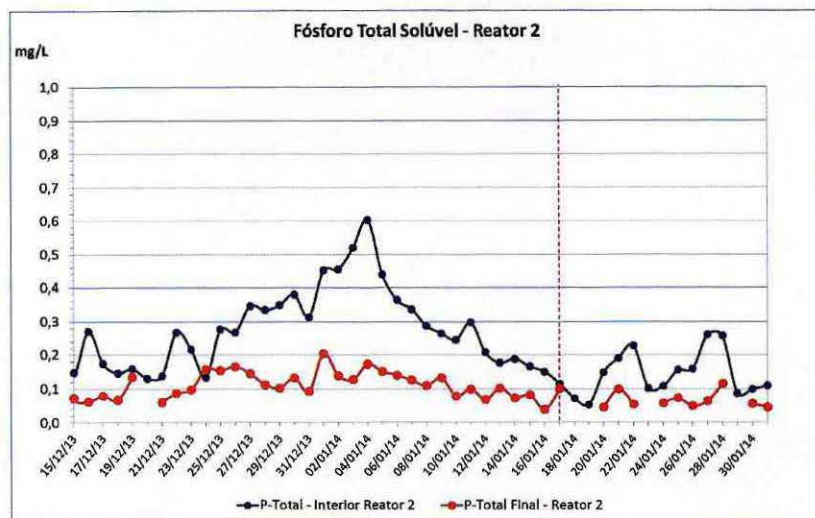


Figura 19. Concentrações de fósforo total solúvel no interior e no final do reator biológico da Linha 2.

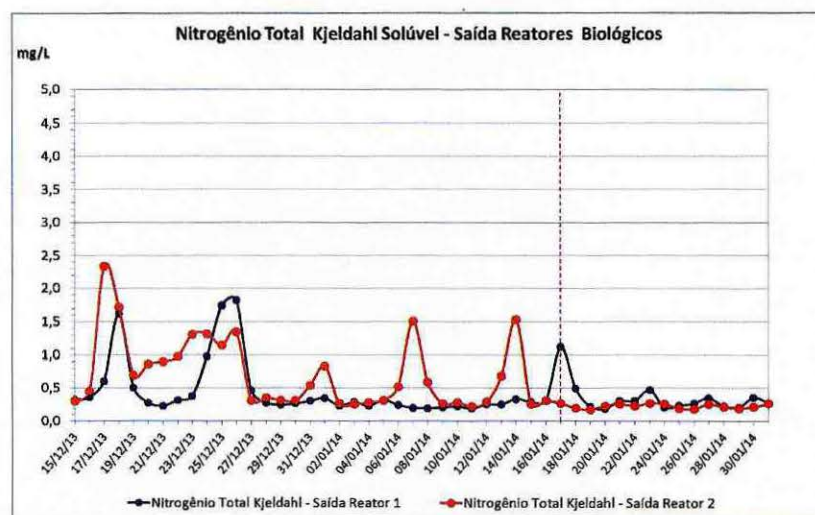


Figura 20. Concentrações de nitrogênio total Kjeldahl solúvel na saída dos reatores biológicos (Linha 1 e 2).

### Taxa de Alimento/Microrganismos (A/M)

A taxa de alimento/microrganismos (A/M) mede a concentração de alimento disponível para a comunidade microbiana. Elevadas taxas de alimento propicia um crescimento disperso das bactérias, enquanto que taxas de alimento muito reduzidas proporciona um crescimento das espécies de microrganismos filamentosos. Jenkins et al (2003) recomenda uma taxa de 0,3 a 0,8 kg de DQO/Kg de SST.dia<sup>-1</sup>.

A Figura 21 apresenta as taxas de Alimento/Microrganismos para os reatores biológicos durante o período avaliado. Praticamente quase todos os dias do período avaliado, as taxas de





A/M estiveram dentro da faixa recomendada, garantindo assim uma taxa de depuração adequada dos compostos orgânicos como um todo e uma floculação ideal.

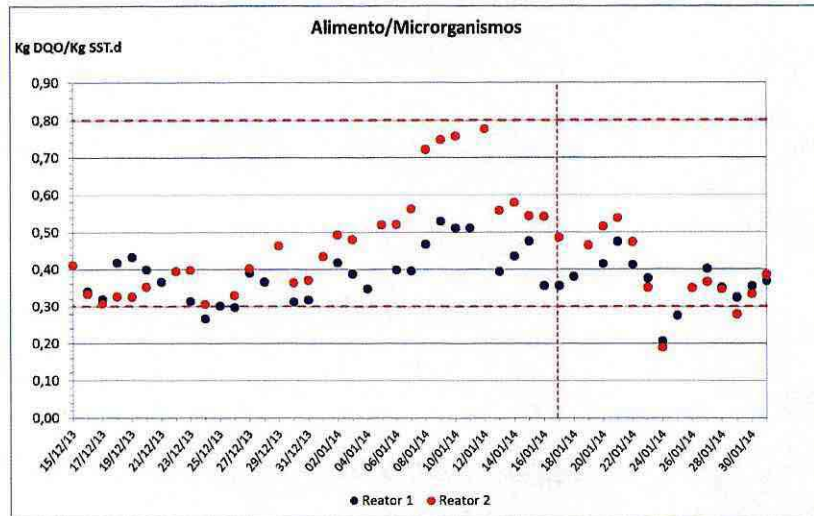


Figura 21. Taxa Alimento/microrganismos nos reatores biológicos.

### Condutividade e pH do efluente tratado

Os valores de condutividade e pH dos efluentes tratados estão apresentados na Figura 22. Observa-se que os valores médios diários de condutividade e pH atenderam plenamente a RCA Nº 377 que define o valor máximo de  $4.000\mu\text{S}/\text{cm}$  e 8,5 para condutividade e pH respectivamente. Observa-se que não ocorreu nenhuma variação dos valores de condutividade e dos valores de pH que pudessem ser ocasionado pelo efeito do licor verde na qualidade do efluente tratado.

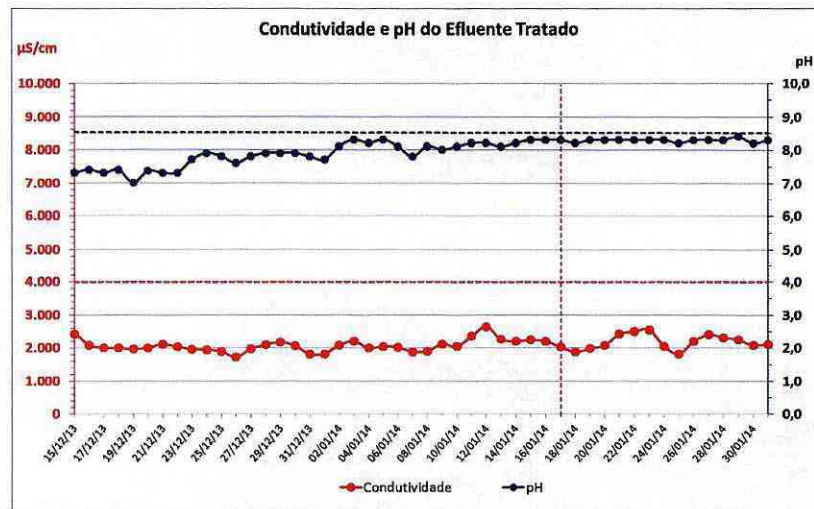


Figura 22. Valores de pH e condutividade no efluente tratado.



### **Emissões específicas de Nitrogênio**

As emissões específicas de Nitrogênio no efluente tratado da Planta Valdivia bem como o padrão de referência europeu definido pela European Commission (2015) estão apresentadas na Figura 23. O padrão europeu define uma emissão de nitrogênio que varia de 0,01 kg N/Adt a 0,4 kg N/Adt celulose. Para o gráfico da Figura 23 definiu-se o valor médio de 0,205kg N/Adt. Observa-se que os valores de emissões de N/Adt da Planta Valdivia estão muito inferiores à média Europeia, o que coloca a Planta Valdivia com um padrão de qualidade muito superior ao padrão europeu para a emissão de nitrogênio no efluente tratado.



Figura 23. Emissões específicas de Nitrogênio dos efluentes tratados na Planta Valdivia e o padrão médio europeu para fábricas de celulose Kraft branqueada.

### **Emissões específicas de Fósforo**

As emissões específicas de fósforo no efluente tratado da Planta Valdivia bem como o padrão de referência europeu definido pela European Commission (2015) estão apresentadas na Figura 24. O padrão europeu define uma emissão de fósforo que varia de 0,03 Kg PTotal/Adt a 0,08 kg PTotal/Adt celulose. Para o gráfico da Figura 24 definiu-se o valor médio de 0,0415kg N/Adt. Observa-se que os valores de emissões de PTotal/Adt da Planta Valdivia estão muito inferiores ao Padrão Europeu de lançamento de fósforo.



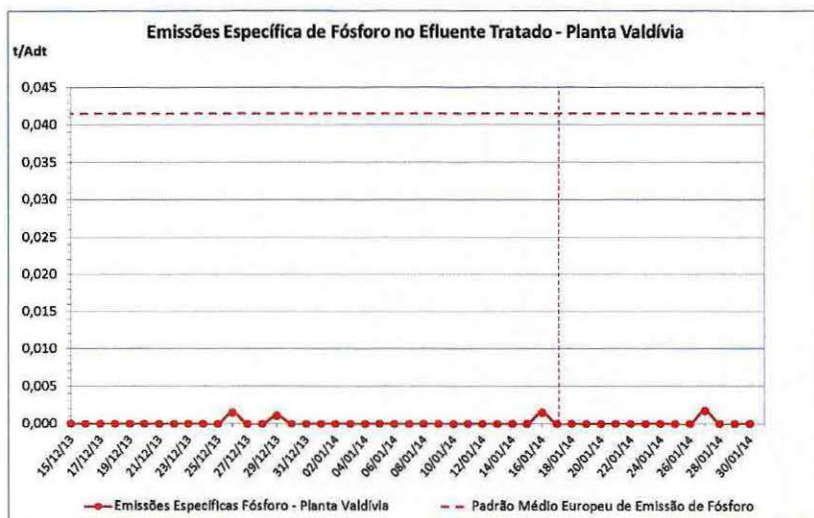


Figura 24. Emissões específicas de Fósforo Total dos efluentes tratados na Planta Valdivia e o padrão europeu para fábricas de celulose Kraft branqueada.

### ***Emissões específicas de Sólidos Suspensos Totais - SST***

A Figura 25 apresenta as emissões específicas de SST nos efluentes tratados na Planta Valdivia e o padrão Europeu definido pelo European Commission (2015). O padrão europeu de emissão de SST nos efluentes tratados varia de 0,02 kg SST/Adt a 2,0 kg SST/Adt celulose. Foi considerado o valor médio da emissão europeia de SST de 1,01kg SST/Adt celulose. Observam-se novamente os baixos valores de emissão de SST nos efluentes tratados, confirmando a excelente qualidade dos efluentes tratados na Planta Valdivia.

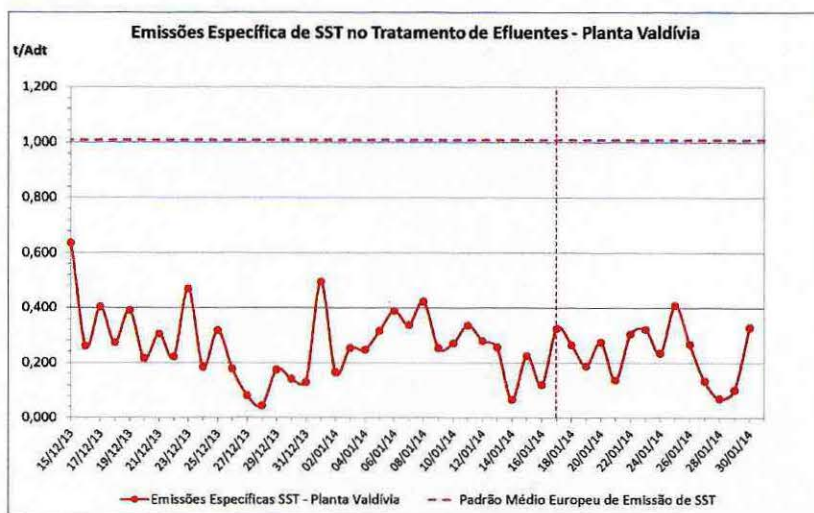


Figura 25. Emissões específicas de SST nos efluentes tratados da Planta Valdivia e o padrão médio europeu para fábricas de celulose Kraft branqueadas.

Comparando os padrões de qualidade dos efluentes tratados pela Planta Valdivia e lançados no Rio Cruces com à Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA 430/2011



do MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2011) que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento dos efluentes em cursos d'águas da Federação Brasileira, conclui-se que todos os padrões da Planta Valdivia se enquadram aos padrões de emissões dos efluentes brasileiros.

### ***Demais parâmetros da qualidade dos efluentes tratados***

Todos os demais parâmetros de controle da qualidade dos efluentes tratados avaliados durante o período de 15/12/2013 a 31/01/2014 estão de acordo com os valores definidos na RCA Nº 377 de 06/06/05. A planilha de acompanhamento externo da qualidade do efluente tratado está apresentada no ANEXO 2.

### **Conclusões**

Conclui-se que a estação de tratamento de efluentes da Planta Valdivia, Chile, apresentou excelentes resultados de tratabilidade e de qualidade do efluente tratado comparados com os limites máximos de lançamentos estabelecidos pela RCA Nº 377 de 06/05/05 durante todo o período avaliado (15/12/2013 a 31/01/2014) não tendo sido impactada negativamente pela entrada de 1,1m<sup>3</sup> do licor verde.

O licor verde (Na<sub>2</sub>S + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) não causou impacto nos microrganismos tampouco ocasionou alterações na qualidade dos efluentes tratados devidas principalmente ao volume reduzido de licor verde transbordado (1,1m<sup>3</sup>) e a alta taxa de diluição com os demais efluentes possibilitando a dissociação e neutralização dos componentes do licor verde durante o tratamento biológico.

Na zona anóxica do tratamento biológico, o Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> foi dissociado em Na e CO<sub>2</sub> e na zona aeróbia o Na<sub>2</sub>S foi dissociado em Na e compostos de SO<sub>4</sub> que são utilizados pelas bactérias presentes no sistema eliminando os efeitos negativos para as etapas subsequentes do processo e consequentemente para o meio ambiente.

Todos os parâmetros de lançamentos dos efluentes tratados durante o período avaliado atenderam os parâmetros de lançamento definidos pela RCA Nº 377 de 06/06/05.

A estação de tratamento de efluentes da Planta Valdivia apresentou no período avaliado, padrões de lançamentos com qualidade superior aos padrões europeus para as melhores fábricas do setor de celulose.

### **Referências**

AQUAFLOW. Operation manual effluent treatment plant– Process Arauco Valdivia Project Chile. Savonlinna, 2003.

EUROPEAN COMMISSION. **Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board.** [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/PP\\_revised\\_BREF\\_2015.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/PP_revised_BREF_2015.pdf). 2005. 867p. Página acessada em: 19/02/2016.





---

JENKINS, D.; RICHARD, M. G.; DAIGGER, G. T. ***Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming***. Michigan USA: Lewis Publisher, 3 ed., 2003. 190p.

METCALF & EDDY. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4. ed. Metcalf & Eddy, Inc., 2003. 1.540 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE **Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Conselho Nacional de Meio Ambiente Brasil 2011. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Página acessada em: 26/02/2016.

SOUSA, C. A. *Controle do intumescimento filamentosos em um sistema de lodos ativados utilizando seletores biológicos*. Dissertação Mestrado. Viçosa, MG 2002. 81p.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Lodos ativados*. Volume 4. Universidade Federal de Minas Gerais – DESA Belo Horizonte 211 p. 1996b.



## ANEXO 1. Boletim de análise pontual (Controle interno da Arauco)

ARAUCO Planta Valdivia		Análisis Puntual de Efluentes (Control Interno)								
										Tumo
	PARAMETROS	UNIDAD	Limite RCA 279/98	Limite Objetivo	Noche	Noche	Dia	Dia	Tarde	Tarde
					00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00
					17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14
Cámara de Neutralización	Cloratos	mg/L		< 100	65,9	79,1	83,6	122,4	17,0	3,96
	Sulfatos	mg/L SO4				290		386		215
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>				<0,03		<0,03		<0,03
	Sólidos Suspendedos Totales	mg/L				277		275		59
	Cloruro	mg/L Cl			170	180	174	201	119	79
	COD (Total)	mg/L			883	890	827	867	946	584
Selector S1 Reactor	Cloratos	mg/L ClO3-		< 15	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Selector S2 Reactor	Cloratos	mg/L ClO3-		< 15	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
1/3 Aireación L-1	Nitrógeno Amomiacal Soluble	mg/L ClO3-		< 0,5	0,86		0,50		0,16	
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0	0,231		0,231		0,070	
1/3 Aireación L-2	Nitrógeno Amomiacal Soluble	mg/L ClO3-		< 0,5		0,02		0,03		0,02
	Fósforo Total	mg/L P		<1,0		0,148		0,043		0,155
Salida Reactores Biológicos 1	Cloratos	mg/L		< 1,5	<0,20		<0,20		<0,20	
	Sulfatos	mg/L SO4			378		351		316	
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>			<0,03		<0,03		<0,03	
	Cloruro	mg/L Cl			245		228		216	
	COD (Total)	mg/L			213		195		192	
	Sólidos Suspendedos Totales	mg/L			5		5		4	
	Color Verdadero (0.45 um)	Pt-Co			253		229		207	
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/L			0,92		1,22		1,22	
	Nitrógeno Amomiacal Soluble	mg/L NH4-N			0,72		1,22		1,20	
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0	<0,025		<0,025		0,055	
Salida Reactores Biológicos 2	Cloratos	mg/L		< 1,5		<0,20		<0,20		<0,20
	Sulfatos	mg/L SO4				349		319		312
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>				<0,03		<0,03		<0,03
	Cloruro	mg/L Cl				226		218		219
	COD (Total)	mg/L				299		192		170
	Sólidos Suspendedos Totales	mg/L				14		7		3
	Color Verdadero (0.45 um)	Pt-Co				230		215		193
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/L				0,16		0,17		0,48
	Nitrógeno Amomiacal Soluble	mg/L NH4-N				0,04		0,04		0,03
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0		<0,025		<0,025		0,101
Parshall Salida Efluentes	Cloratos	mg/L ClO3-	17	13	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Cloruro	mg/L			308	303	281	295	275	299
	COD (Total)	mg/L	313	250	68	56	53	52	82	63
	Aluminio Total	mg/L Al		2	0,56	0,66	0,60	0,56	0,59	0,79
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/L	4,2	3,5	0,96	0,94	1,08	1,02	1,04	0,68
	Sulfatos	mg/L SO4		1000	333	322	291	282	273	285
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fósforo Total	mg/L	0,33	0,3	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,050	





## ANEXO 2. Controle externo da qualidade do efluente tratado

Parámetros Análisis		Fecha de Análisis		RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.																					
				Continuo														8 MP al mes	8 MC al mes						
				Caudal 99,300m <sup>3</sup> /día	pH 6-8,5	pH 6-8,5	T °C ± 30	Caudal. (litros) Prom. Semanal	Caudal. (litros) Prom. Diario	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	DBO5 (ppm)	DBO5 (ppm) Prom. Diario	DBO5 (ppm) Prom. Semanal	DCO (ppm)	DCO (ppm) Prom. Diario	DCO (ppm) Prom. Semanal	S.S.T (ppm)	S.S.T (ppm) Prom. Diario	S.S.T (ppm) Prom. Semanal	P Total (ppm)	P Total (ppm) Prom. Diario	P Total (ppm) Prom. Semanal	N total (ppm)	N total (ppm) Prom. Diario	N total (ppm) Prom. Semanal
Límites RCA	1150 l/s	6	8,5	30	3500	4000	1000	50	2,1	0,9	313	13,5	8,3	50	3,5	2,5	0,33	0,033	0,03	4,2	0,3	0,12	20	5	
dez/13	1 (1)	324,8	6,2	6,6	22,2	1822,1																			
dez/13	2	390,6	6,1	6,7	21,0	1689,7																			
dez/13	3	401,8	6,2	6,5	20,5	1438,3																			
dez/13	4	466,1	6,2	6,7	19,7	1265,9	<2,0																		
dez/13	5	482,4	6,1	6,7	20,1	1314,5	<2,0	<2,0	0,08																
dez/13	6	517,8	6,2	6,6	20,3	1109,8	<2,0	<2,0	0,09																
dez/13	7	575,2	6,2	6,9	20,2	946,2																			
dez/13	8	643,2	6,5	7,0	20,6	827,0																			
dez/13	9	671,9	6,5	6,7	24,6	1227,6																			
dez/13	10	619,2	6,6	6,8	27,3	1604,3	<2,0	<2,0	0,11																
dez/13	11	655,5	6,5	6,8	27,9	1582,9																			
dez/13	12	686,0	6,6	6,8	28,5	1861,3	<2,0	<2,0	0,12																
dez/13	13	696,5	6,5	6,7	27,7	1973,7																			
dez/13	14	571,4	6,6	6,8	27,9	2168,1																			
dez/13	15	560,3	6,5	6,9	28,4	2393,0																			
dez/13	16	577,6	6,6	6,8	28,3	2312,4																			
dez/13	17	652,4	6,7	6,8	28,2	2147,1	<2,0	<2,0	0,10																
dez/13	18	583,0	6,6	6,7	28,2	1954,2																			
dez/13	19	616,8	6,6	6,7	27,9	2083,5	<2,0	<2,0	0,11																
dez/13	20	641,2	6,5	6,6	27,6	2071,3	<2,0																		
dez/13	21	583,2	6,6	6,8	27,2	2212,9																			
dez/13	22	580,4	6,5	6,7	27,2	2145,0																			
dez/13	23	592,6	6,5	7,4	27,8	2069,5																			
dez/13	24	563,2	7,3	7,4	27,9	2059,4	<2,0	<2,0	0,10																
dez/13	25	529,2	7,3	7,4	27,5	2006,4																			
dez/13	26	623,3	7,1	7,3	27,5	1747,2	<2,0	<2,0	0,11																
dez/13	27	616,5	7,2	7,3	28,1	2009,0																			
dez/13	28	608,9	7,3	7,3	28,0	2115,5																			
dez/13	29	656,2	7,3	7,4	28,0	2188,1																			
dez/13	30	620,2	7,3	7,3	28,3	2103,4	<2,0	<2,0	0,11																
dez/13	31	605,5	7,2	7,3	28,0	1903,0	<2,0																		

(1) Desde el día 26/11/13 a las 03:23 hrs. y hasta el día 01/12/13 a las 12:00 hrs. aproximadamente, se dejó de derivar efluente tratado al Río Cruces, debido a la Parada Anual para Mantenimiento, informada mediante GPV 123/2013-C con fecha 18-11-2013.

Nombre y Firma del Representante de la Industria.





Superintendencia de Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL  
 CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.  
 CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998  
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.  
 Resolución SISS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.  
 Resolución SISS N°1259 de 06.05.05 Dejo sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.  
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.  
 Descarga al Río Cruces.  
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

4 MC al mes												4 MC al mes													
ADK (mg/l)	ADK (trv/d) Prom. Diario	ADK (trv/d) Prom. Semestral	Cloratos (mg/l)	Cloratos (trv/d) Prom. Diario	Cloratos (trv/d) Prom. Semestral	Sulfato (trv/d) Prom. Diario	Sulfato (trv/d) Prom. Semestral	Cloruro (trv/d) Prom. Diario	Cloruro (trv/d) Prom. Semestral	Al. (trv/d) Prom. Diario	Al. (trv/d) Prom. Semestral	Ac. Residual (mg/l)	Ac. Grasas (mg/l)	Clorofenoles(mg/l)	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Cu Total (mg/l)	Cr Total (mg/l)	Fe Disuelto (mg/l)	Hg (mg/l)	Mn (mg/l)	N (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	
7,6	0,26	0,15	17	1,2	0,1	60	50	30	24	0,12	0,06	0,033	0,27	0,067	0,001	0,01	0,07	0,05	1,3	0,005	0,05	0,06	0,03	1	
	0,02	0,001		-0,03	0,001		19		1		0,04		-0,005	-0,005	<0,051	<0,0005	-0,001	0,006	-0,005	0,009	-0,0005	-0,006	<0,003	<0,010	0,011
	0,82	0,049		-0,03	0,002		37		11		0,06		-0,005	-0,005	<0,051	<0,0005	-0,001	-0,005	-0,005	0,018	-0,0005	-0,006	0,005	<0,010	0,014
	0,55	0,029		-0,03	0,002		36		12		0,03		-0,005	-0,005	<0,051	0,0011	-0,001	-0,005	0,031	0,005	-0,0005	-0,006	<0,003	<0,010	0,018
	0,61	0,033		-0,03	0,002		20		12		0,04		-0,005	-0,005	<0,051	<0,0005	-0,001	-0,005	-0,005	-0,003	-0,0005	-0,006	<0,003	<0,010	0,030
		0,05			0,007		32,4		13,5		0,04														

Nombre y Firma del Representante de la Industria.





**NUEVO FORMATO DE AUTOCONTI**  
**CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.**  
**CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)**



RCA N° 279 del 30.10.1998  
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.  
 Resolución SISS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.  
 Resolución SISS N°1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.  
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.  
 Descarga al Río Cruces.  
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

		RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS SIN UN VALOR LÍMITE.																					
Parámetros Mes/Año.	Días de Monitoreo	Continuo	4MC al mes			1 MC al Trimestre																	
		Caudal 99,360m <sup>3</sup> /día	Índice de Fiebre	Manganeso	Sodio	Cloro Libre Residual	Sólidos Sedimentables (SSS)	Turbidez	Toxicidad	Dioxina	Fósforo Soluble	Nitratos	Nitritos	N-Amónico	Permanganato	SS Orgánico	SS Inorgánico	SD Orgánico	SD Inorgánico	Nitro-Kjeldahl	N-Orgánico		
Límites RCA		1190 l/s	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/1h	NTU		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
dez/13	1(1)	324,8																					
dez/13	2	390,6																					
dez/13	3	401,8																					
dez/13	4	466,1																					
dez/13	5	482,4																					
dez/13	6	517,8	0,0065	0,235	433																		
dez/13	7	575,2																					
dez/13	8	643,2																					
dez/13	9	671,9																					
dez/13	10	619,2																					
dez/13	11	655,5																					
dez/13	12	686,0	0,0057	0,081	415,5																		
dez/13	13	596,5																					
dez/13	14	571,4																					
dez/13	15	560,3																					
dez/13	16	577,6																					
dez/13	17	552,4																					
dez/13	18	583,0																					
dez/13	19	616,8	0,0041	0,092	473,5																		
dez/13	20	641,2																					
dez/13	21	583,2																					
dez/13	22	580,4																					
dez/13	23	592,6																					
dez/13	24	563,2																					
dez/13	25	529,2																					
dez/13	26	623,3	0,0035	0,081	421																		
dez/13	27	616,5																					
dez/13	28	608,9																					
dez/13	29	556,2																					
dez/13	30	620,2																					
dez/13	31	605,5																					

(1) Desde el día 26/11/13 a las 03:23 hrs. y hasta el día 01/12/13 a las 12:00 hrs. aproximadamente, se dejó de derivar efluente tratado al Río Cruces, debido a la Parada Anual para Mantenimiento, informada mediante GPV 123/2013-C con fecha 18-11-2013.

Nombre y Firma del Representante de la Industria.



NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL  
 CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.  
 CON PRODUCCION NORMAL (950.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998  
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N° 279/98.  
 Resolución SLES N° 1368 del 24.05.04 Aprueba Programa de monitoreo.  
 Resolución SLES N° 1259 del 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SLES 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.  
 Ubicación Ruta 5 Sur, Km 789, San José de la Montaña, Valdivia, X Región de los Lagos.  
 Descarga al Río Chuyai.  
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE

I.M.C al Semestre										
Berilo	Berilio	Fluor	Urano	Selenio	Vanadio	Cromo	Boro	Cobalto	Pesticidas Organofosforados	Pesticidas Organoclorados
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l

Nombre y Firma del Representante de la Industria.





Superintendencia de  
Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL  
CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.  
CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998  
RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.  
Resolución SISIS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.  
Resolución SISIS N°1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISIS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.  
Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.  
Descarga al Río Cruces.  
Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

Parámetros Mes/Año.	días de Monitoreo	Continuo					8 MP al mes		8 MC al mes																	
		Caudal 99,360m³/día	pH 6-8,5	pH 6-8,5	T °C < 30	Conduct. (Usc/cm) Prom. Semestral	Conduct. (Usc/cm) Prom. Diario	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	DBO5 (mg/l)	DBO5 (ton/d) Prom. Diario	DBO5 (ton/d) Prom. Semestral	DCO (mg/l)	DCO (ton/d) Prom. Diario	DCO (ton/d) Prom. Semestral	S.S.T. (mg/l)	S.S.T. (ton/d) Prom. Diario	S.S.T. (ton/d) Prom. Semestral	P Total (mg/l)	P Total (ton/d) Prom. Diario	P Total (ton/d) Prom. Semestral	N total (mg/l)	N Kjeldahl (ton/d) Prom. Diario	N Kjeldahl (ton/d) Prom. Semestral	Color Verdadero(Pr. Co) Prom. Diario	Color Verdadero(Pr. Co) Prom. Semestral	
Límite RCA		1150 l/s	6	8,5	30	3500	4000	1000	50	2,1	0,9	313	13,5	8,3	50	3,5	2,5	0,33	0,033	0,03	4,2	0,3	0,12	20	8	
Jan/14	1	701,6	7,1	7,2	28,1		1791,2																			
Jan/14	2	674,6	7,2	8,2	27,7		2142,5	<2,0	2,7	0,16		56	3,3		8,6	0,5		<0,015	0,001		2,56	0,15			1,98	
Jan/14	3	663,6	8,1	8,2	27,3		2370,0																			
Jan/14	4	664,2	8,0	8,1	27,6		2217,7																			
Jan/14	5	682,4	8,0	8,1	27,8		2082,5																			
Jan/14	6	668,6	8,1	8,2	27,9		2088,8																			
Jan/14	7	658,0	8,1	8,2	27,8		2045,2	<2,0	2,3	0,13		50	2,8		5,3	0,3		<0,015	0,001		1,83	0,07			1,99	
Jan/14	8	696,8	8,1	8,1	27,9		1923,2																			
Jan/14	9	719,7	8,1	8,1	27,9		2103,2		2,9	0,18		72	4,5		7,9	0,5		<0,015	0,001		1,65	0,10			2,98	
Jan/14	10	713,1	8,0	8,0	27,5		2072,6	<2,0																		
Jan/14	11	695,5	8,0	8,1	27,8		2253,7																			
Jan/14	12	676,4	8,0	8,1	28,2		2491,6																			
Jan/14	13	642,0	8,0	8,1	28,3		2447,2																			
Jan/14	14	670,5	8,0	8,1	28,2		2218,5	<2,0	3,0	0,17		78	4,5		7,4	0,4		<0,015	0,001		2,38	0,13			2,90	
Jan/14	15	687,1	7,9	8,1	28,3		2309,4																			
Jan/14	16	659,9	7,9	7,9	28,1		2346,3	<2,0	<2,0	0,11		60	3,4		6,4	0,4		<0,015	0,001		2,89	0,12			1,94	
Jan/14	17	627,3	7,9	8,0	28,0		2093,0																			
Jan/14	18	608,0	7,8	7,9	28,5		1971,6																			
Jan/14	19	705,2	7,9	8,0	28,2		2005,3																			
Jan/14	20	696,3	7,8	8,0	27,8		2068,9																			
Jan/14	21	647,8	8,0	8,0	28,0		2326,3	<2,0	3,2	0,18		77	4,3		6,8	0,4		<0,015	0,001		2,62	0,14			3,36	
Jan/14	22	661,7	8,0	8,0	27,6		2538,4																			
Jan/14	23	655,9	8,0	8,0	27,3		2594,0	<2,0	<2,0	0,11		83	4,7		6,5	0,4		<0,015	0,001		2,07	0,12			2,66	
Jan/14	24	594,3	7,9	8,0	26,6		2325,4																			
Jan/14	25	595,8	7,7	7,9	26,6		1826,9																			
Jan/14	26	641,7	7,8	8,0	28,0		2092,0																			
Jan/14	27	674,7	8,0	8,0	28,7		2419,9																			
Jan/14	28	649,5	8,0	8,1	28,7		2417,3	<2,0	<2,0	0,11		90	5,1		9,1	0,5		<0,015	0,001		2,38	0,13			2,69	
Jan/14	29	644,0	7,9	8,0	28,4		2312,8																			
Jan/14	30	656,4	7,9	8,0	28,3		2175,9	<2,0	3,5	0,20		63	3,6		9,4	0,5		<0,015	0,001		2,90	0,16			1,87	
Jan/14	31	605,5	7,2	7,3	28,0		1903,0																			

Nombre y Firma del Representante de la Industria.





Superintendencia de Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL  
 CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.  
 CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998  
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.  
 Resolución SISS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.  
 Resolución SISS N°1299 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.  
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia , X Región de los Lagos.  
 Descarga al Río Cruces.  
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

4 MC al mes														4 MC al mes													
ACX (mg/l)	ACX (trv/d) Prom. Diario	ACX (trv/d) Prom. Semestral	Cloratos (mg/l)	Cloratos (trv/d) Prom. Diario	Cloratos (trv/d) Prom. Semestral	Sulfato (trv/d) Prom. Diario	Sulfato (trv/d) Prom. Semestral	Cloruro (trv/d) Prom. Diario	Cloruro (trv/d) Prom. Semestral	Al. (trv/d) Prom. Diario	Al. (trv/d) Prom. Semestral	Ac. Bacterias (mg/l)	Ac. Grasas (mg/l)	Clorofenoles(mg/l)	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Cu Total (mg/l)	Cr Total (mg/l)	Pb Disuelto (mg/l)	Hg (mg/l)	Mn (mg/l)	N (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)			
7,6	0,26	0,15	1,7	1,2	0,1	60	90	30	24	0,12	0,05	0,033	0,27	0,067	0,001	0,01	0,07	0,05	1,3	0,005	0,05	0,06	0,03	1			
0,88	0,05		<0,03	0,002		22		16		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	0,0009	<0,001	<0,005	<0,005	0,009	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,006			
1,20	0,08		1,04	0,065		23		18		0,03		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	0,005	<0,005	0,016	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,005			
0,97	0,06		<0,03	0,002		20		17		0,02		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,007	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,003			
1,40	0,08		<0,03	0,002		24		18		0,03		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,012	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	<0,001			
1,10	0,06		<0,03	0,002		21		14		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,012	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,005			

Nombre y Firma del Representante de la Industria.





NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL  
 CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.  
 CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998  
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.  
 Resolución SISS N° 1368 del 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.  
 Resolución SISS N°1289 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.  
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.  
 Descarga al Río Cruces.  
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS SIN UN VALOR LÍMITE.																					
Parámetros Mes/Año.	días de Monitoreo	Continuo	4MC al mes			1 MC al Trimestre															
		Caudal 99,30m³/día	Índice de Fierro	Manganeso	Sulfuro	Cloro Libre Residual	Sólidos Sedimentables (SS6)	Turbidez	Toxicidad	Dioxina	Fósforo Soluble	Nitratos	Nitritos	N-Amorfolal	Pentaclorofenol	SS Orgánico	SS Inorgánico	SD Orgánico	SD Inorgánico	Ntotal-Kjeldahl	N-Orgánico
Límites RCA		1150 l/s	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/1h	NTU		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
jan/14	1	701,6																			
jan/14	2	674,6	0,0066	0,105	474																
jan/14	3	663,6																			
jan/14	4	664,2																			
jan/14	5	682,4																			
jan/14	6	668,6																			
jan/14	7	658,0																			
jan/14	8	696,8																			
jan/14	9	719,7	0,0050	0,088	421	-0,02	-0,1	9,0	ND	2,05E-09	-0,015	0,039	-0,005	0,05	-0,00002	5,7	2,2	150,0	1184,0	1,63	1,60
jan/14	10	713,1																			
jan/14	11	695,5																			
jan/14	12	676,4																			
jan/14	13	642,0																			
jan/14	14	670,5																			
jan/14	15	687,1																			
jan/14	16	659,9	0,0053	0,061	451																
jan/14	17	627,3																			
jan/14	18	608,0																			
jan/14	19	705,2																			
jan/14	20	696,3																			
jan/14	21	647,8																			
jan/14	22	661,7																			
jan/14	23	655,9	0,0059	0,112	541																
jan/14	24	594,3																			
jan/14	25	595,8																			
jan/14	26	641,7																			
jan/14	27	674,7																			
jan/14	28	649,5																			
jan/14	29	644,0																			
jan/14	30	656,4	0,0053	0,111	425																
jan/14	31	605,5																			

Nombre y Firma del Representante de la Industria.







# **Evaluación técnica de la planta de tratamiento de efluente (PTE) de ARAUCO – Valdivia/Chile**

---

**DSc. Cláudio Arcanjo de Sousa**

**Preparado para:  
Celulosa Arauco y Constitución S.A.  
Planta Valdivia – Chile**



---

## Sumario

<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Unidades operacionales de la Planta de Tratamiento de efluentes</b> .....	<b>1</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>4</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>4</b>
<b>Descripción del proceso de generación y descomposición de licor verde</b> .....	<b>5</b>
Origen y disociación del licor verde .....	5
<b>Evaluación de los parámetros operativos</b> .....	<b>6</b>
Tiempo de detención hidráulica (TDH) del efluente en el tratamiento secundario y terciario	7
Conductividad de los Efluentes: General (Alcalino), Bajo Sólido (Ácido) y tanque de neutralización .....	7
pH del Efluente general, efluente bajo sólido y tanque de neutralización .....	8
Temperatura en la salida de las torres de enfriamiento/entrada de los reactores biológicos .....	10
Potencial Redox en las cámaras Anóxicas .....	11
Concentraciones y carga de DQO en la entrada de los reactores .....	12
Concentración de DQO en los reactores .....	13
Eficiencia de remoción de DQO .....	14
Índice Volumétrico del Lodo – IVL .....	16
Concentración de nutrientes en el interior de los reactores biológicos .....	18
Tasa de Alimento/Microorganismos (A/M).....	20
Conductividad y pH del efluente tratado .....	21
Emisiones específicas de Nitrógeno .....	22
Emisiones específicas de Fósforo.....	22
Emisiones específicas de Sólidos Suspensos Totales - SST .....	23
Demás parámetros de la calidad de los efluentes tratados .....	24
<b>Conclusiones</b> .....	<b>24</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>24</b>
<b>ANEXO 1. Boletín de análisis puntual (Control interno de la Arauco)</b> .....	<b>26</b>
<b>ANEXO 2. Control externo de la calidad del efluente tratado</b> .....	<b>27</b>





## Introducción

Arauco, Valdivia – Chile es una fábrica de celulosa Kraft blanqueada de Eucalipto y Pino localizada en la Ruta 5 - Sur, Km 788, Sector Rucaco, ciudad de San José de La Mariquina, provincia de Valdivia a la orilla del Río Cruces.

La principal materia prima utilizada por Arauco, Valdivia para la producción es madera de *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*, ambos cultivados en la Región de los Ríos, en la Provincia de Valdivia. Además de las materias primas ya citadas son utilizados diversos insumos, entre ellos, agua, energía eléctrica, vapor, agentes químicos de cocción y blanqueo de la celulosa, entre otros.

Actualmente la producción anual de celulosa de la Planta Valdivia es de 550.000 tsa<sup>1</sup> distribuidas entre pino y eucalipto. El volumen de agua captada a diario en el Río Cruces es de aproximadamente 3.000 m<sup>3</sup>/hora y la generación media de efluente es de 2.500 m<sup>3</sup>/h.

Durante el proceso industrial son producidos diversos tipos de efluentes que son recolectados en las diversas áreas y conducidos hacia una planta de tratamiento de efluentes por lodos activados donde los mismos son sometidos a diversos tratamientos tales como: tratamiento preliminar para remoción de los sólidos gruesos, tratamiento primario para remoción de los sólidos sedimentables, tratamiento secundario para remoción de la materia orgánica disuelta y coloidal, y tratamiento terciario para remoción de color. Tras las etapas de tratamientos físicos, químicos y biológicos, los efluentes tratados son conducidos al Río Cruces y diluidos subsuperficialmente a través de difusores.

El presente reporte técnico tiene como principal objetivo evaluar la eficiencia y la capacidad de tratamiento de efluente de la planta de tratamiento de efluentes industriales durante la recepción de licor verde ocurrida el día 17 de enero de 2014.

## Unidades operacionales de la Planta de Tratamiento de efluentes

La planta de tratamiento de efluentes industriales de Arauco, Valdivia está compuesta de tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario, emisor y laguna de vertidos (derrames).

Un croquis simplificado de las unidades de tratamiento se presenta en la Figura 1.

---

<sup>1</sup> tsa: toneladas secas al aire

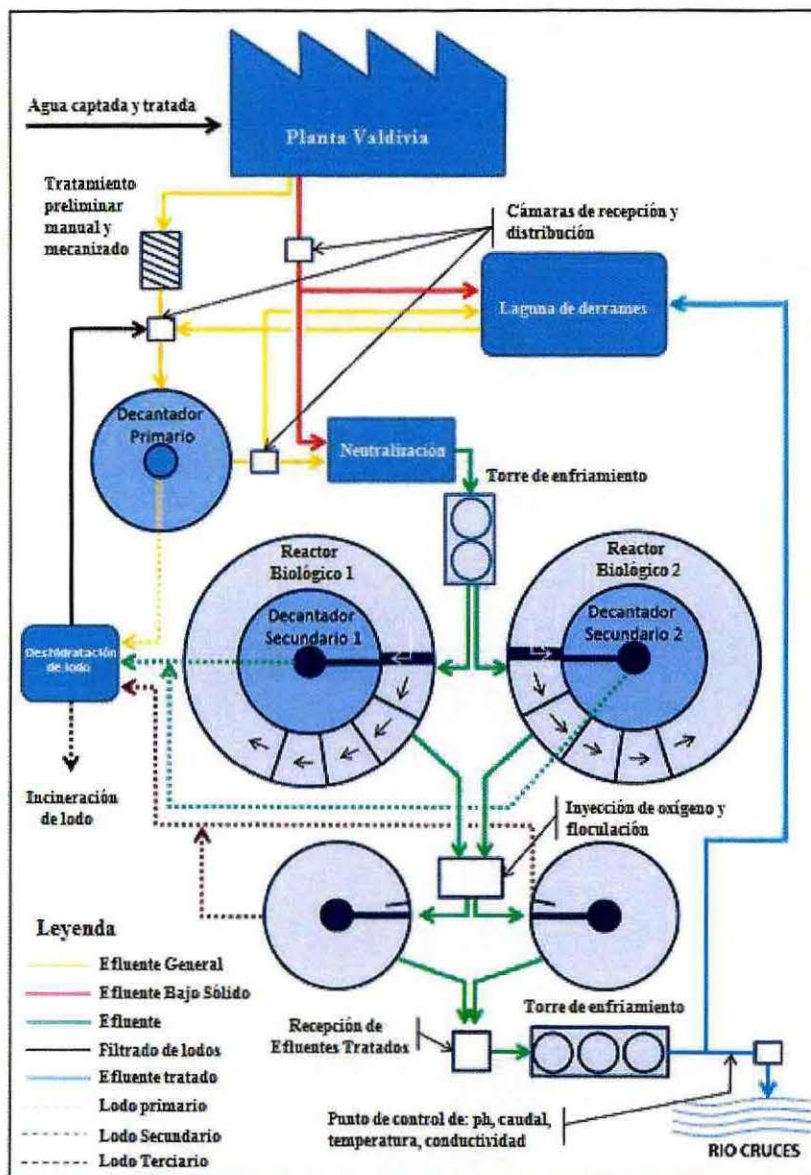


Figura 1. Croquis simplificado de la Planta de Tratamiento de Efluentes – Arauco-Valdivia

Las principales dimensiones de las unidades operativas de la PTE<sup>2</sup> con sus respectivas dimensiones/capacidades utilizadas en este reporte están presentadas en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Principales Unidades Operativas y sus respectivas dimensiones y capacidades<sup>3</sup>

Unidad Operativa/Descripción	Dimensión/Capacidad
Pre rejilla manual	Cantidad: 1

<sup>2</sup> PTE: Planta de Tratamiento de Efluentes.

<sup>3</sup> Todos los datos de proyecto fueron suministrados por el proveedor de los equipamientos.





Unidad Operativa/Descripción	Dimensión/Capacidad
	Espaciamiento entre rejillas: 4 cm
Pre tratamiento mecanizado	Cantidad: 1 Ancho: 1,8 m Altura: 1,8 m Espaciamiento entre rejillas: 1,5 cm Capacidad: 1.890 m <sup>3</sup> /h
Clarificador primario	Cantidad: 1 Diámetro: 40 m Altura: 4 m Volumen 5.027 m <sup>3</sup> Tiempo de Detención Hidráulica (TDH): 3,5 h Tasa de aplicación Hidráulica (TAH): 0,7 m/h
Estanque de neutralización	Cantidad: 1 Volumen 133 m <sup>3</sup> Mezclador hiperbólico: 1 Sistema de muestreo: 1
Torre de enfriamiento	Cantidad: 1 Caudal de proyecto: 2.700 m <sup>3</sup> /h Temp. ingreso efluente: 69°C (máx.) Temp. salida efluente: 29 °C Número de células: 02 células Diámetro del ventilador: 7.300 mm
Laguna de derrames	Cantidad: 1 Volumen Total: 130.000 m <sup>3</sup> Nivel máximo operativo <sup>4</sup> : 90% Volumen máximo operativo: 117.000 m <sup>3</sup>
Reactor biológico	Cantidad: 2 en paralelo Volumen total de cada reactor: 25.400 m <sup>3</sup> Volumen total de reacción del sistema: 50.800 m <sup>3</sup> MBP <sup>5</sup> : 3.750m <sup>3</sup> /Reactor Zona Anóxica: 3.000m <sup>3</sup> /Reactor Selector 1: 1.300m <sup>3</sup> /Reactor Selector 2: 1.300m <sup>3</sup> /Reactor Tanque de Aireación flujo pist.: 15.650 m <sup>3</sup> /Reactor
Sistema de Aireación	Cantidad total: 29 unidades/reactor Compresor: 4 compresores/reactor Capacidad de los compresores: 7.400Nm <sup>3</sup> /h
Decantador Secundario	Cantidades: 02 unidades

<sup>4</sup> Nivel máximo determinado por el Órgano Ambiental de Operación de la Unidad Industrial.

<sup>5</sup> MBP - Minimal Biosludge Production (producción mínima de lodo biológico).



Unidad Operativa/Descripción	Dimensión/Capacidad
	<b>Diámetro:</b> 52 m <b>Altura:</b> 4,1 m <b>Volumen</b> 8.707m <sup>3</sup> /Línea <b>TDH:</b> 6,40 h <b>TAH:</b> 0,56 m/h <b>Tasa de Aplicación de Sólido (TAS):</b> 4,45 Kg/m <sup>2</sup> .d <sup>-1</sup>
<b>Tratamiento terciario - Flotación</b>	<b>Anchura:</b> 20,5 m <b>Altura útil:</b> 1,8 m <b>Área útil:</b> 267 m <sup>2</sup> <b>Volumen útil:</b> 162 m <sup>3</sup> <b>Caudal de proyecto:</b> 1.350m <sup>3</sup> /h <b>TAH:</b> 5,1m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h
<b>Sistema de desaguamiento del lodo</b>	<b>Caudal:</b> 175m <sup>3</sup> /h <b>Consistencia:</b> <25% <b>Capacidad operativa:</b> 10t/d

De acuerdo con Metcalf y Eddy (2003), las dimensiones y las capacidades de las unidades operativas de la planta de tratamiento de efluentes industriales están dentro de los estándares recomendados para este tipo de tratamiento, por tanto, la PTE tiene capacidad instalada suficiente para tratar de forma adecuada todos los efluentes industriales de la Planta Valdivia-Chile.

## Objetivos

El presente reporte técnico tiene como principal objetivo evaluar el desempeño y la capacidad de tratamiento de efluentes de la planta de tratamiento de efluentes industriales durante y después de la parada "trip" de la caldera de recuperación con el subsiguiente envío de licor verde para la PTE ocurrido en el día 17 de enero de 2014.

Analizar el destino del licor verde durante los tratamientos físico-químicos y biológicos realizados en la PTE de la planta Valdivia – Chile.

## Metodología

Todos los datos utilizados para el desarrollo de este trabajo fueron suministrados por la Celulosa Arauco y Constitución S.A., Valdivia – Chile.

Todos los datos fueron obtenidos a través del Sistema Supervisor "Aspen Process Explorer V8.4 – IP.21" de Arauco y a través de informes internos de monitoreo. Debido al tiempo de residencia total que los efluentes permanecen en el sistema (Figura 2) fueron utilizadas las medias diarias de todos los parámetros evaluados.





Se efectuó además una visita a la planta de tratamiento de efluentes para conocer las instalaciones y las prácticas operativas de control para ilustrar mejor la elaboración de este reporte. También fue visitado el punto de descarga de los efluentes tratados en el Río Cruces.

## **Descripción del proceso de generación y descomposición de licor verde**

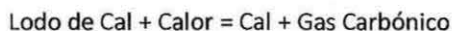
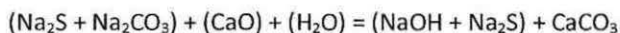
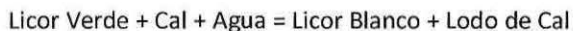
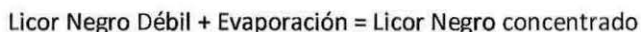
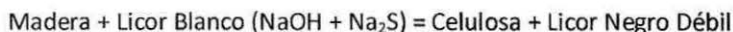
### ***Origen y disociación del licor verde***

Tras la cocción de la madera con licor blanco ( $\text{Na}_2\text{S}$  y  $\text{NaOH}$ ), la pulpa de celulosa sigue hacia la etapa de blanqueo y el licor blanco de cocción se transforma en licor negro débil que será concentrado en la sección de evaporación originando el licor negro concentrado.

Este licor negro concentrado es previamente calentado y mezclado con las cenizas de los precipitadores y posteriormente es bombeado para el interior de la caldera, donde inicia su combustión.

En la combustión de la materia orgánica (principalmente lignina originaria de la cocción) es producido calor y el vapor generado es utilizado en todo el proceso de fabricación de la celulosa y generación de energía eléctrica. La materia inorgánica (reactivos químicos) se funde por efecto del calor y el fundido (*smelt*) es recogido por el fondo de la caldera, siendo a continuación conducidos al estanque disolvedor de fundido.

De la solubilización del fundido con licor verde débil proveniente de la caustificación, resulta en licor verde, que toma este color debido a las sales ferrosas formadas. Este licor verde es rico en carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ). Este licor verde cuando se le añade cal ( $\text{CaO}$ ) más agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) formará el licor blanco ( $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$ ) de cocción más el lodo de cal que tras el proceso de calcinación formará la cal ( $\text{CaO}$ ) que será nuevamente añadida al licor verde y el ciclo del proceso continúa. La ecuación de la generación del licor verde es presentada abajo.



Es importante mencionar que el licor verde ( $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ ) durante el tratamiento de efluentes en la zona anóxica será convertido en  $\text{Na}$  y  $\text{CO}_2$  debido a que las bacterias utilizan el



$\text{CO}_3^-$  como aceptador final de electrones liberando el  $\text{CO}_2$  y durante el tratamiento en la zona aeróbica el  $\text{Na}_2\text{S}$  será disociado en  $\text{Na}^+$  y  $\text{HS}^-$  que debido a la condición aeróbica es convertido en  $\text{SO}_4^{2-}$  y que son utilizados por las bacterias presentes en el sistema, eliminando completamente cualquier efecto negativo para las etapas subsiguientes y para el medio ambiente.

Una forma práctica de medir las concentraciones de los diversos compuestos resultantes de la depuración del licor ( $\text{Na}^+$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) y demás iones es a través de la utilización de medidores *on-line* de conductividad en el efluente tratado. Esos equipamientos están instalados en la salida de los efluentes tratados de la PTE de la Planta Valdivia y será discutido más adelante.

### **Evaluación de los parámetros operativos**

Para evaluar los parámetros operativos de la planta de tratamiento de efluentes y los efectos del licor verde sobre estos parámetros fue necesario evaluar un periodo mayor al periodo de la ocurrencia del *trip* caldera de recuperación para verificar como se estaba comportando todo el sistema y como el envío de licor verde debido al *trip* en la caldera de recuperación en el día 17 de enero impactó la operación de la PTE y sus efectos sobre la calidad de los efluentes tratados. De esa forma, para mejor elucidación de los parámetros operativos fueron evaluados los principales parámetros operativos de la PTE en el periodo comprendido entre 15/12/2013 hasta 01/02/2014.

Considerando que el licor verde está compuesto básicamente de  $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$  y que el aumento en el flujo de este licor verde en el efluente general impacta principalmente los valores de pH y conductividad y considerando que las alteraciones de pH y conductividad podrían causar impactos de calidad de la biota, con reducción en la eficiencia de remoción de materia orgánica, sobretodo DQO, se eligieron los siguientes parámetros operativos para determinar si el volumen de licor verde de  $1,1\text{m}^3$  y conducido a la PTE causó algún efecto negativo al sistema y consecuentemente alterando la calidad del efluente tratado.

Los principales parámetros evaluados fueron:

- Tiempo de detención hidráulica de los efluentes
- Conductividad de los efluentes general (alcalino), efluente bajo sólido (ácidos) y tanque de neutralización
- Conductividad de los efluentes general (alcalino), efluente bajo sólido (ácidos) y tanque de neutralización
- Temperatura en la salida de las torres de enfriamiento/entrada de los reactores biológicos
- Potencial redox en las cámaras anóxicas
- Concentración y carga de DQO en la entrada de los reactores
- Concentración de DQO en los reactores
- Eficiencia de remoción de DQO
- Índice volumétrico del lodo – IVL





- Concentración de nutrientes en el interior de los reactores biológicos
- Tasa Alimento/Microorganismos (A/M) en los reactores biológicos

### **Tiempo de detención hidráulica (TDH) del efluente en el tratamiento secundario y terciario**

El tiempo de detención hidráulica de los efluentes en el sistema tiene la función de determinar cuál el tiempo en que los efluentes quedarán en el sistema, o sea, después de cuánto tiempo de llegar el efluente a la PTE, estará saliendo del sistema.

El TDH para cada unidad y el TDH total se presentan en la Figura 2.

**Observación:** Considerándose que los mayores efectos podrán ocurrir en el tratamiento biológico y terciario, fueron considerados los TDH's de esos dos tratamientos excluyéndose el tratamiento preliminar y primario.



Figura 2. Tiempo de detención hidráulica del sistema.

Se observa que el TDH medio sin considerar el tratamiento preliminar y el tratamiento primario fue superior a un día, demostrando que el tiempo de permanencia del efluente en el sistema fue suficiente para depurar las cargas orgánicas y está de acuerdo con el establecido por el proveedor de la planta (AQUAFLOW, 2003).

### **Conductividad de los Efluentes: General (Alcalino), Bajos Sólidos (Ácido) y estanque de neutralización**

Los datos de la conductividad de los efluentes General, bajos sólidos y estanque de neutralización están presentados en la Figura 3.

La concentración de iones es directamente proporcional al valor de la conductividad, o sea, en la medida en que ocurre el aumento de los iones en el medio, ocurre también el aumento de la conductividad (METCALF & EDDY, 2003). Jenkins, et al (2003) cita que el exceso y el tipo de



iones interfieren en la floculación de la biota perjudicando la formación de los flóculos. De una manera general, para la adecuada operación de los tratamientos biológicos, se recomienda el valor máximo de la media diaria de 3.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lo que garantizará que la biota crezca y flocele de modo adecuado.

Generalmente el sistema de tratamiento biológico aumenta la concentración de conductividad (SOUSA 2007) y considerando que la Planta Valdivia existe una condicionante que determina que el límite máximo de conductividad a ser descargado en el Río Cruces debe ser menor que 4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y considerando que hasta 3.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ocurre una buena floculación, fue definido el límite de 3.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como límite máximo recomendado para los valores de conductividad en el estanque de neutralización, localizado antes de los reactores biológicos.

Debido a que los efluentes de bajos sólidos son generados en las secuencias de blanqueo, estos poseen conductividad ligeramente elevada comparada con el efluente general. Eso ocurre porque en el blanqueo se utilizan agentes químicos de blanqueo y de blanqueador de la pulpa confiriendo así mayor carga de conductividad a los mismos.

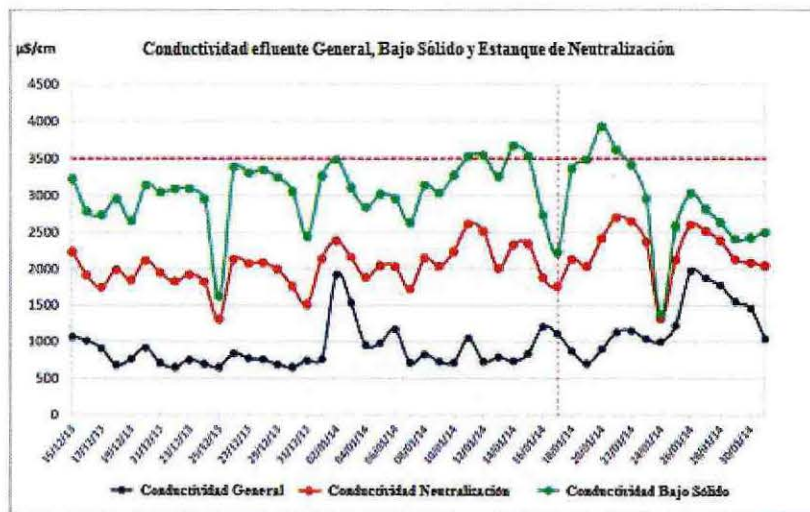


Figura 3. Conductividad de los efluentes general, efluente bajo sólido y estanque de neutralización.

Después de la mezcla, entre el efluente general y el efluente bajo sólido, se produce un efluente con características ideales de conductividad y pH (Figura 4) para su tratamiento. De un modo general, los valores de conductividad verificados en los efluentes de la fábrica de celulosa de Arauco, Valdivia son siempre inferiores a los valores recomendados, garantizando así una condición adecuada para el tratamiento biológico de los efluentes.

### ***pH del Efluente general, efluente de bajos sólidos y estanque de neutralización***

El pH ejerce un papel importante para el tratamiento biológico, sobre todo en el crecimiento biológico, pues todos los procesos metabólicos que ocurren durante el tratamiento biológico



son dependientes del pH. Los valores de pH del efluente general, efluente de bajos sólidos y del estanque de neutralización están presentados en la Figura 4.

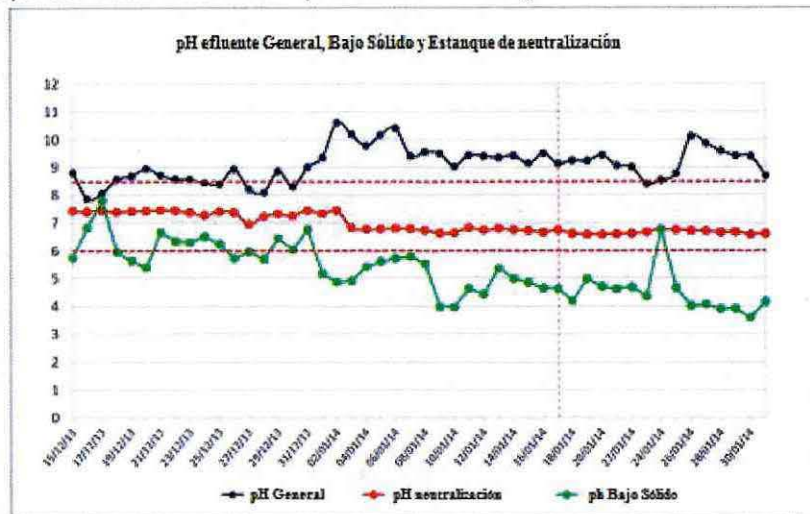


Figura 4. pH del efluente general, efluente bajo sólido y estanque de neutralización.

Variaciones de pH en la entrada de los reactores biológicos ocasionan grandes disturbios en el proceso acarreado, reducción del crecimiento, desfloculación del lodo y pérdida de la eficiencia de la planta para retirar las cargas orgánicas de los efluentes, principalmente DBO y DQO (GRADY 1999).

Muchas bacterias no toleran valores de pH sobre 9,5 o bajo de 4,0. Generalmente el pH óptimo de crecimiento está entre 6,5 y 7,5. No obstante, existen algunas especies de *archaea-bacterias* que pueden crecer en condiciones extremas de temperatura, pH y conductividad (METCALF & EDDY, 2003). Para operación de plantas de tratamiento de efluentes se recomienda valores de pH variando entre 6,0 hasta 8,5, garantizando así la estabilidad de los procesos bioquímicos del tratamiento biológico de efluentes, que está de acuerdo al manual del proveedor de la PTE AQUAFLOW (2003).

Esas pequeñas variaciones de pH dentro del rango recomendado son totalmente tamponadas por el tratamiento biológico, una vez que el mismo adecúa los valores de pH para atender las demandas fisiológicas. La Figura 6 presenta los valores de pH en la cámara de neutralización y en el interior de los reactores biológicos. Se observa el perfecto ajuste del pH dentro del reactor para la neutralidad (pH 7,0) independiente de los valores que entraron.

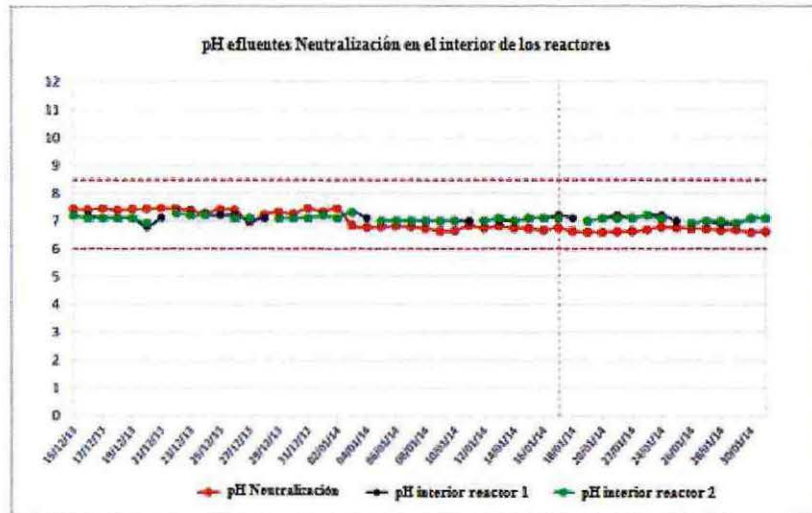


Figura 5. Valores de pH en el estanque de neutralización en el interior de los reactores biológicos.

Por los valores de conductividad del estanque de neutralización en la Figura 3 y 4, se verifica que el estanque de neutralización ha funcionado perfectamente para la neutralización y homogeneización, tanto del pH como de la conductividad.

Otro factor muy importante que se puede verificar es que el pH en el interior del reactor biológico se mantuvo completamente estable durante todo el período, confirmando que la biota no sufrirá impactos con las cargas de licor verde ocurridas el día 17 de enero de 2014.

### ***Temperatura en la salida de las torres de enfriamiento/entrada de los reactores biológicos***

Los valores de temperatura en la salida de las células de la torre de enfriamiento antes del tratamiento biológico están presentados en la Figura 6.

El rango de temperatura óptimo para el perfecto desempeño de los microorganismos que son responsables por el tratamiento de efluentes está entre 30 y 35°C (METCALF & EDDY, 2003).



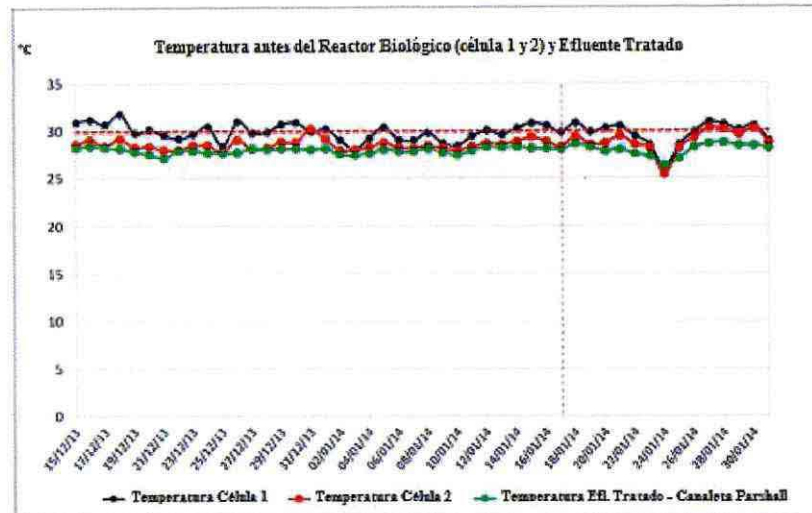


Figura 6. Temperatura en la salida de la torre de enfriamiento (Célula 1 y 2) antes del reactor biológico y efluente tratado (Canaleta Parshall).

### Potencial Redox en las cámaras Anóxicas

El potencial Redox cuantifica indirectamente la existencia de agentes oxidantes o reductores en un medio líquido. Es un análisis muy sensible y eficiente para el monitoreo de los agentes oxidantes o reductores en el medio. De ese modo, medir el potencial Redox en la cámara anóxica permite monitorear con gran eficiencia la presencia de los agentes oxidantes para los sistemas biológicos, evitando que ocurra algún impacto en la biota, en las etapas subsiguientes y principalmente en el medio ambiente.

El clorato es un agente oxidante de mayor preocupación para el tratamiento de efluentes y para el medio ambiente, de esa forma, se mide el potencial Redox en la cámara anóxica para monitorear y efectuar el tratamiento adecuado en esta etapa.

La Figura 7 presenta los resultados del potencial Redox durante el período evaluado demostrando que el mismo no sufrió ninguna alteración significativa que sea un indicativo de la presencia del licor verde o de cualquier otro compuesto. Se observa que el límite máximo de -150mV no fue alcanzado en ninguno de los días analizados.

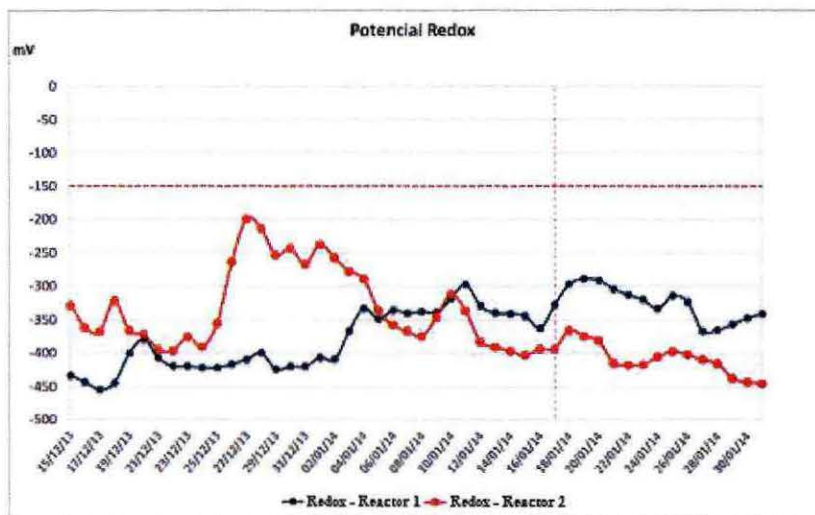


Figura 7. Potencial redox en el interior de las cámaras anóxicas.

### Concentraciones y carga de DQO<sup>6</sup> en la entrada de los reactores

Las concentraciones y carga de DQO se presentan en la Figura 9. Al inicio del mes de diciembre hubo una reducción de la carga de DQO en la entrada de los reactores.



Figura 8. Cargas de DQO en la salida del tanque de neutralización - entrada del tratamiento biológico.

Esa reducción de la carga de DQO fue debida tanto por la reducción de la concentración de DQO como por la reducción del flujo de los efluentes en el periodo (Figura 10).

<sup>6</sup> DQO: Demanda Química de Oxígeno.



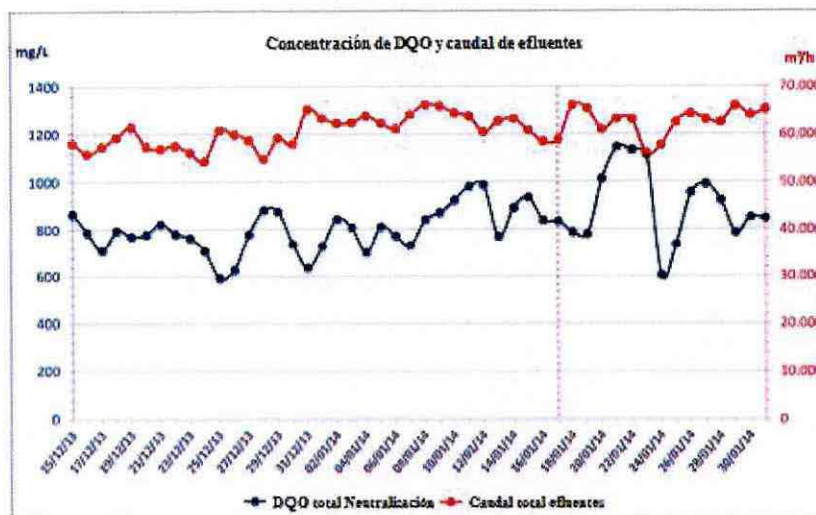


Figura 9. Concentración de DQO y flujo total de los efluentes

Se verifica que la capacidad de operación de la PTE de Arauco, Valdivia operó con holgura en el período evaluado y, por lo tanto la recepción del licor verde en la planta de tratamiento de efluentes el día 17 de enero no ocasionó mayores impactos en la carga de DQO y tampoco en la operación de la PTE como un todo.

Un hecho muy importante a ser considerado en este caso es que el licor verde derramado fue recolectado y contenido por el sistema de recuperación de derrames que existe en las áreas industriales para este fin y conducido al decantador primario para la remoción de los sólidos gruesos. Ese concepto de control preventivo de la contaminación ambiental industrial adoptado por Arauco, Valdivia sigue las recomendaciones de European Commission (2015) a través de *Report Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board*.

Además de promover la remoción de los sólidos sedimentables, el decantador primario también proporciona una gran tasa de diluciones a los diversos efluentes que son recolectados en las diversas áreas, reduciendo los riesgos de impacto negativo en la biota y en la calidad de los efluentes tratados. Considerando que el volumen de licor verde fue de  $1,1\text{m}^3$  y que el volumen total del decantador primario es de  $5.027\text{ m}^3$ , la dilución que ocurrió el día 17 de enero fue de 1:4.570 aproximadamente.

Otro hecho que debe ser considerado es que las bacterias utilizadas en el tratamiento biológico de efluentes son más resistentes y están adaptadas para degradar los diversos compuestos que son enviados en los efluentes industriales, tales como  $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ .

### **Concentración de DQO en los reactores**

En la Figura 11 se observa la concentración de DQO en los reactores biológicos durante el período evaluado. Se observa que después del evento del día 17 de enero, las concentraciones de DQO en las salidas de los reactores disminuyeron, demostrando que el sistema se



presentaba mejor de lo que venía operando. De igual modo, esa reducción no fue ocasionada por el licor verde, sino que posiblemente debido a las variaciones normales del proceso.

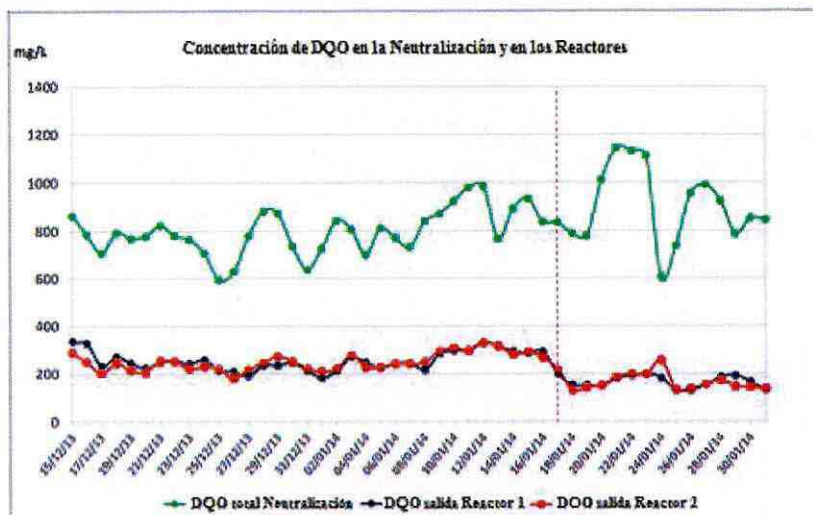


Figura 10. Concentración de DQO en el estanque de neutralización y en los reactores biológicos.

Esta Figura muestra la capacidad que el sistema biológico tiene de neutralizar las cargas, pues a pesar de que haya habido elevación en la concentración y carga de DQO en la entrada (Figura 7), el sistema se comportó perfectamente bien, ajustando las concentraciones finales de DQO de los reactores.

### **Eficiencia de remoción de DQO**

Con relación a la eficiencia de remoción de DQO por el tratamiento secundario, es posible observar en la Figura 10 que el sistema presentó elevadas tasas de eficiencias de remociones durante todo el periodo evaluado, incluso el día 17 de enero, legitimando que el licor verde no ocasionó efecto negativo para la biota del tratamiento biológico.



Figura 11. Eficiencia de remoción de DQO por el tratamiento secundario (Reactores biológicos).





El aumento de la eficiencia de remoción de la DQO a partir del día 17 fue ocasionado principalmente por el aumento de la DQO inicial (Figura 9) y por la reducción de las concentraciones de la DQO en el efluente tratado (Figura 11).

La European Commission (2015) cita que en fábricas nuevas de celulosa la remoción de DQO por sistemas de lodos activados varía entre el 50 y el 70%. En Brasil valores de remociones de DQO arriba de 70% para fábricas de celulosa Kraft son considerados excelentes. De esa forma, es posible afirmar que el sistema de tratamiento de efluentes de la Planta Valdivia-Chile presenta una excelente eficiencia de remoción de DQO cuando se compara con los sistemas europeos y brasileños.

La Figura 12 presenta la concentración en la salida de los reactores y en la salida de la canaleta Parshall.

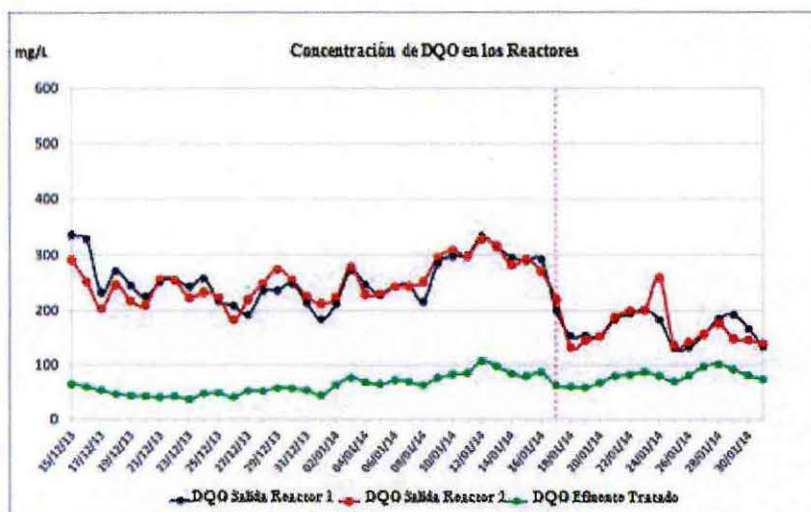


Figura 12. Concentración de la DQO en la salida en los reactores biológicos y en el efluente tratado.

La Figura 13 presenta la eficiencia de remoción de DQO del sistema secundario (reactores biológicos) más el sistema terciario (sistema de flotación). Todos los días la remoción de DQO estuvo sobre el 80%, demostrando que la planta de tratamiento de efluentes operó de modo excelente en la remoción de las cargas de DQO del proceso.



Figura 13. Remoción de DQO de los sistemas secundarios y terciarios.

La Figura 14 presenta la media diaria de las emisiones específicas de DQO de la Planta Valdivia. La carga media específica de emisión de DQO por la Planta Valdivia en el período evaluado fue de 2,6kg de DQO/Adt<sup>7</sup>. La European Commission (2015) cita que el estándar Europeo de emisión de DQO/Adt varía de 5 a 20 Kg de DQO/Adt Celulosa para Pino y de 7,5 a 28 kg de DQO/Adt Celulosa para Eucalipto. Comparando las tasas de emisiones de DQO de la Planta Valdivia con los estándares de Europa que son considerados los más restrictivos y referencia para el sector de celulosa, se verifica que las tasas de emisiones de DQO de la Planta Valdivia son muy inferiores a los estándares adoptados por Europa y recomendados por European Commission (2015).

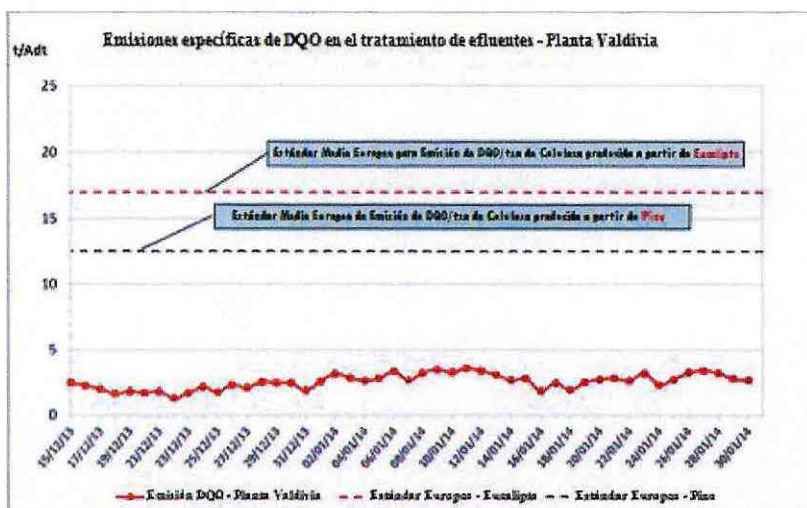


Figura 14. Emisiones específicas de DQO/Adt Celulosa.

### Índice Volumétrico del Lodo – IVL

<sup>7</sup> ADT: Air Dry Ton (toneladas secas al aire).





Los valores del IVL están presentados en la Figura 15. El índice volumétrico del lodo es un análisis práctico realizado en laboratorio que verifica el valor de la decantabilidad de éste durante un período de 30 minutos. Después de este resultado, se divide por la concentración de sólidos del lodo, determinando de esa forma, el volumen ocupado por un gramo de lodo. Valores elevados de IVL indican mala decantabilidad del lodo.

Diversos factores pueden ocasionar la elevación del IVL, no obstante el más común es el crecimiento excesivo de las bacterias filamentosas presentes en el lodo. Ese crecimiento puede ser ocasionado por diversos factores tales como: deficiencia de nutrientes, deficiencia de oxígeno disuelto, exceso de sulfuro en el efluente de entrada, presencia de ácidos grasos volátiles, presencia de compuestos de fácil biodegradabilidad, baja disponibilidad de alimento y otros.

Jenkins et al. (2003) y Von Sperling (1996) citan que el valor ideal para el índice volumétrico del lodo es de 150mL/g. En Brasil es muy común trabajar con estaciones de tratamiento de efluentes con el IVL próximo de 300mL/g sin ocasionar problemas en el proceso. En general, en las estaciones más frías del año, el IVL tiende a ser menor. Considerando que el período evaluado fue en el período de verano entre diciembre de 2013 y enero de 2014 valores de IVL de 200mL/g son perfectamente aceptables y adecuados para la operación de la PTE como un todo.

Se observa una pequeña elevación del IVL después del día 17 de enero, pero de modo algún se puede afirmar que tales variaciones son debidas al efecto del licor verde, una vez que en períodos anteriores existían valores superiores y estas variaciones que ocurren en los valores del IVL son perfectamente aceptables desde el punto de vista operacional. Otro punto a considerar específicamente en Arauco, Valdivia es que esta planta de tratamiento de efluentes posee un sistema terciario, que en caso de que ocurran pérdidas de lodo serán retirados por el sistema terciario.



Figura 15. Índice Volumétrico del Lodo, IVL de los reactores de la línea 1 y línea 2.

### Concentración de nutrientes en el interior de los reactores biológicos

El pequeño aumento puntual en el día 17 de enero de la concentración de N amoniacal en el interior del reactor (Figura 16) y de la concentración de nitrógeno total al final del reactor (Figura 20) no pueden ser atribuidos al evento del licor verde en el día 17, porque por el tiempo de residencia determinado para el día 17 (Figura 2) y el momento en que se efectuó la recolección para análisis (ANEXO 1), no habría tiempo suficiente para que el mismo hubiera recorrido todo el sistema de tratamiento de efluentes.

En tratamientos de efluentes es común la ocurrencia de esas variaciones, sin que se indique que hay problemas en el proceso, ya que ocurrieron variaciones en otros días sin que hubieran ocurrido otros disturbios en la planta y en la calidad del efluente tratado. Otro hecho que corrobora que este fue un efecto puntual y específico del reactor biológico de la línea 1, es que el reactor biológico de la línea 2 se comportó de modo inalterado, tanto para el nitrógeno como para el fósforo (Figura 17 a 19).

La Figura 16 presenta las concentraciones de nitrógeno en el interior y en el final del reactor biológico de la línea 1.

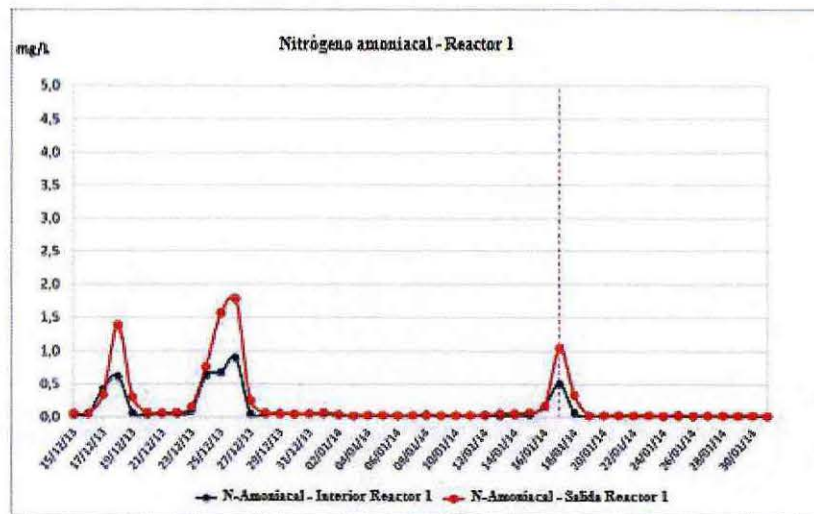


Figura 16. Concentraciones de nitrógeno amoniacal soluble en el interior y en el final del reactor biológico de la línea 1.

La Figura 17 presenta las concentraciones de nitrógeno en el interior y en el final del reactor biológico de la línea 2.



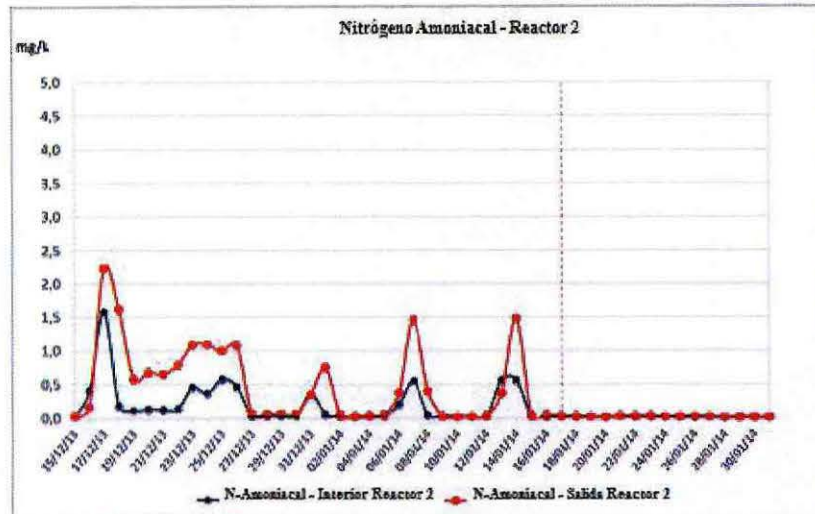


Figura 17. Concentraciones de nitrógeno amoniacal soluble en el interior y en el final del reactor biológico de la Línea 2.

La Figura 18 presenta las concentraciones de fósforo en el interior y en el final del reactor biológico de la línea 1.

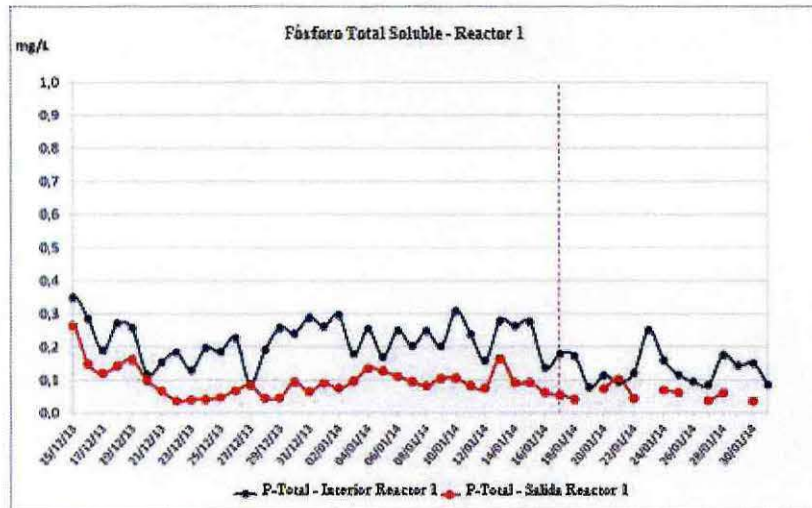


Figura 18. Concentraciones de fósforo total soluble en el interior y en el final del reactor biológico de la Línea 1.

La Figura 19 presenta las concentraciones de fósforo en el interior y en el final del reactor biológico de la línea 2.

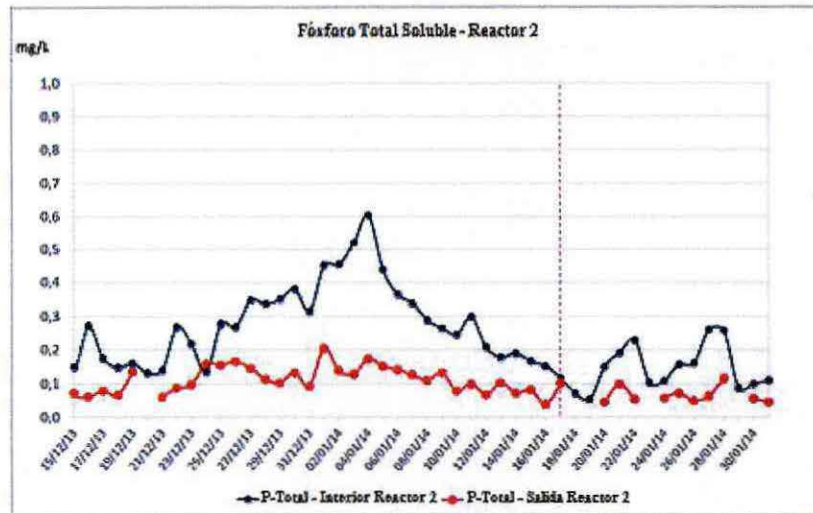


Figura 19. Concentraciones de fósforo total soluble en el interior y en el final del reactor biológico de la Línea 2.

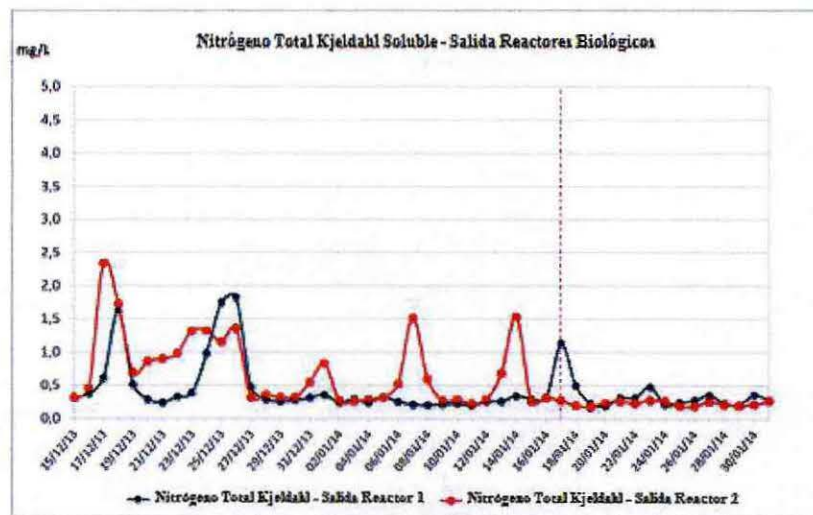


Figura 20. Concentraciones de nitrógeno total Kjeldahl soluble en la salida de los reactores biológicos (Línea 1 y 2).

### Tasa de Alimento/Microorganismos (A/M)

La tasa de alimento/microorganismos (A/M) mide la concentración de alimento disponible para la comunidad microbiana. Elevadas tasas de alimento propician un crecimiento disperso de las bacterias, mientras que tasas de alimento muy reducidas proporcionan un crecimiento de las especies de microorganismos filamentosos. Jenkins et al. (2003) recomienda una tasa de 0,3 a 0,8 kg de DQO/Kg de SST<sup>8</sup>.día<sup>-1</sup>.

<sup>8</sup> SST: Sólidos suspendidos totales.





La Figura 21 presenta las tasas de Alimento/Microorganismos para los reactores biológicos durante el período evaluado. Prácticamente casi todos los días del período evaluado, las tasas de A/M estuvieron dentro de la banda recomendada, garantizando así una tasa de depuración adecuada de los compuestos orgánicos como un todo y una floculación ideal.

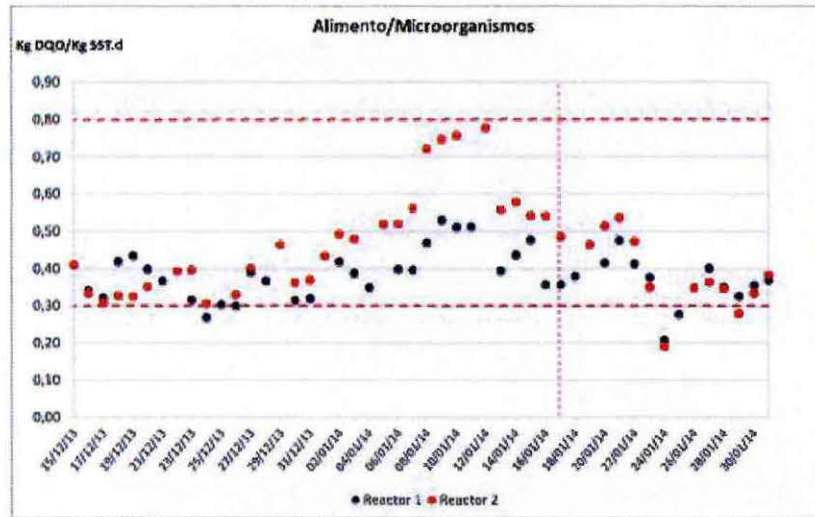


Figura 21. Tasa Alimento/microorganismos en los reactores biológicos.

### **Conductividad y pH del efluente tratado**

Los valores de conductividad y pH de los efluentes tratados están presentados en la Figura 22. Se observa que los valores medios diarios de conductividad y pH cumplieron plenamente la RCA N° 377 que define el valor máximo de 4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 8,5 para conductividad y pH respectivamente. Se observa que no ocurrió ninguna variación de los valores de conductividad y de los valores de pH que pudieran ser ocasionados por efecto del licor verde en la calidad del efluente tratado.

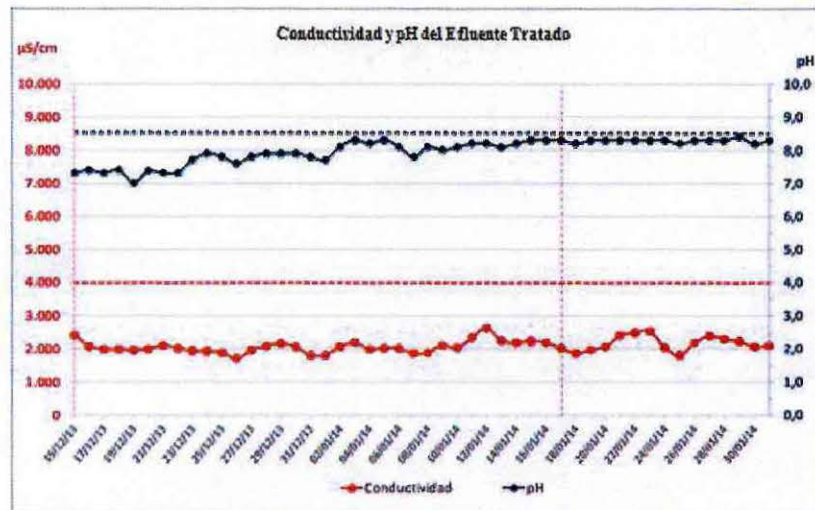


Figura 22. Valores de pH y conductividad en el efluente tratado.

### Emisiones específicas de Nitrógeno

Las emisiones específicas de Nitrógeno en el efluente tratado de la Planta Valdivia así como el estándar de referencia europeo definido por la European Commission (2015) están presentadas en la Figura 23. El estándar europeo define una emisión de nitrógeno que varía de 0,01 kg N/Adt a 0,4 kg N/Adt celulosa. Para el gráfico de la Figura 23 se definió el valor medio de 0,205kg N/Adt. Se observa que los valores de emisiones de N/Adt de la Planta Valdivia son muy inferiores a la media europea, lo que pone a la Planta Valdivia con un estándar de calidad muy superior al estándar europeo para la emisión de nitrógeno en el efluente tratado.

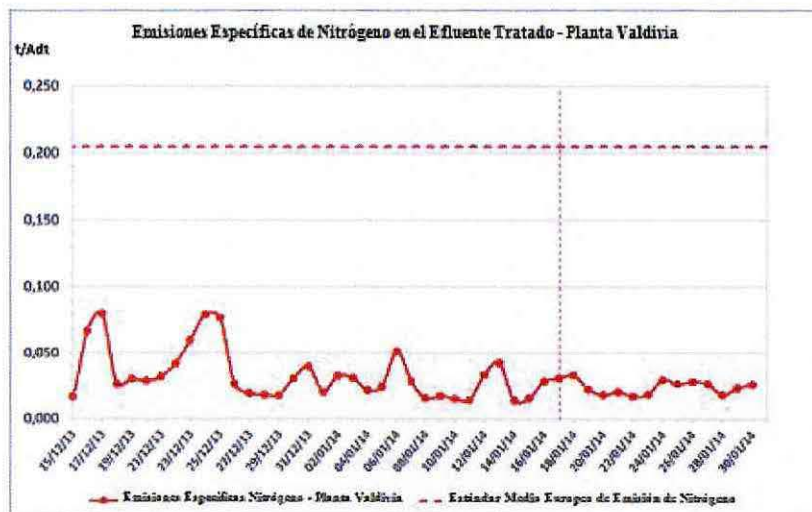


Figura 23. Emisiones específicas de Nitrógeno de los efluentes tratados en la Planta Valdivia y el estándar medio europeo para fábricas de celulosa Kraft blanqueada.

### Emisiones específicas de Fósforo

Las emisiones específicas de fósforo en el efluente tratado de la Planta Valdivia así como el estándar de referencia europeo definido por la European Commission (2015) son presentados en la Figura 24. El estándar europeo define una emisión de fósforo que varía de 0,03 Kg PTotal/Adt a 0,08 kg PTotal/Adt celulosa. Para el gráfico de la Figura 24 se definió el valor medio de 0,0415kg N/Adt. Se observa que los valores de emisiones de PTotal/Adt de la Planta Valdivia son muy inferiores al estándar europeo de descarga de fósforo.



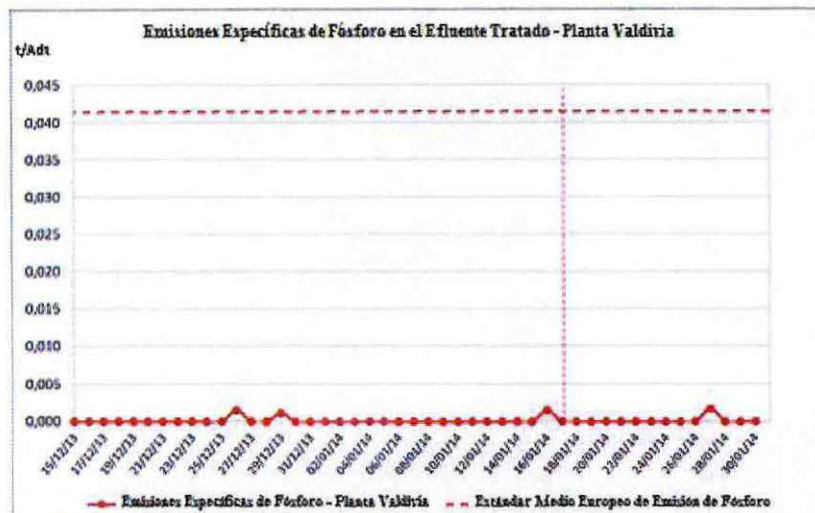


Figura 24. Emisiones específicas de Fósforo Total de los efluentes tratados en la Planta Valdivia y el estándar europeo para fábricas de celulosa Kraft blanqueada.

### **Emisiones específicas de Sólidos Suspendedos Totales - SST**

La Figura 25 presenta las emisiones específicas de SST en los efluentes tratados en la Planta Valdivia y el estándar europeo definido por la European Commission (2015). El estándar europeo de emisión de SST en los efluentes tratados varía de 0,02 kg SST/Adt a 2,0 kg SST/Adt celulosa. Fue considerado el valor medio de la emisión europea de SST de 1,01kg SST/Adt celulosa. Se observan nuevamente bajos valores de emisión de SST en los efluentes tratados, confirmando la excelente calidad de los efluentes tratados en la Planta Valdivia.

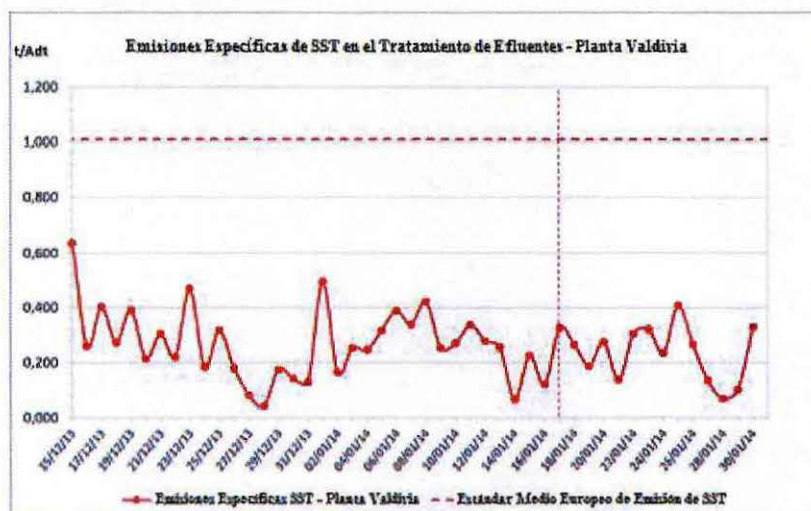


Figura 25. Emisiones específicas de SST en los efluentes tratados de la Planta Valdivia y el estándar medio europeo para fábricas de celulosa Kraft blanqueadas.

Comparando los estándares de calidad de los efluentes tratados por la Planta Valdivia y descargados en el Río Cruces con la Resolución del Consejo Nacional de Medio Ambiente



CONAMA 430/2011 del MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2011) que dispone sobre las condiciones y estándares de descarga de efluentes en cursos de aguas de la Federación Brasileña, se concluye que todos los estándares de la Planta Valdivia se encuadran en los estándares de emisiones de los efluentes brasileños.

### ***Demás parámetros de la calidad de los efluentes tratados***

Todos los demás parámetros de control de la calidad de los efluentes tratados evaluados durante el período de 15/12/2013 a 31/01/2014 están de acuerdo con los valores definidos en la RCA N° 377 de 06/06/05. La planilla de acompañamiento externo de la calidad del efluente tratado está presentada en el ANEXO 2.

### **Conclusiones**

Se concluye que la planta de tratamiento de efluentes de la Planta Valdivia, Chile, presentó excelentes resultados de tratabilidad y de calidad del efluente tratado, comparados con los límites máximos de descarga establecidos por la RCA N° 377 de 06/05/05 durante todo el período evaluado (15/12/2013 a 31/01/2014), no habiendo sido impactada negativamente por la entrada de 1,1m<sup>3</sup> del licor verde.

El licor verde (Na<sub>2</sub>S + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) no causó impacto en los microorganismos, tampoco ocasionó alteraciones en la calidad de los efluentes tratados debido principalmente al volumen reducido de licor verde (1,1m<sup>3</sup>) y la alta tasa de dilución en los demás efluentes posibilitando a disociación y neutralización de los componentes del licor verde durante el tratamiento biológico.

En la zona anóxica del tratamiento biológico, el Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> fue disociado en Na y CO<sub>2</sub> y en la zona aerobia el Na<sub>2</sub>S fue disociado en Na y compuestos de SO<sub>4</sub> que son utilizados por las bacterias presentes en el sistema eliminando los efectos negativos para las etapas subsiguientes del proceso y consecuentemente para el medio ambiente.

Todos los parámetros de descarga de los efluentes tratados durante el período evaluado cumplieron los parámetros de descarga definidos por la RCA N° 377 de 06/06/05.

La planta de tratamiento de efluentes de la Planta Valdivia presentó en el período evaluado, estándares de descargas con calidad superior a los estándares europeos para las mejores fábricas del sector de celulosa.

### **Referencias**

AQUAFLOW. Operation manual effluent treatment plant– Process Arauco Valdivia Project Chile. Savonlinna, 2003.

EUROPEAN COMMISSION. **Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board.**





---

[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/PP\\_revised\\_BREF\\_2015.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/PP_revised_BREF_2015.pdf), 2005. 867p.  
Página accedida el: 19/02/2016.

JENKINS, D.; RICHARD, M. G.; DAIGGER, G. T. *Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming*. Michigan USA: Lewis Publisher, 3 ed., 2003. 190p.

METCALF & EDDY. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4. ed. Metcalf & Eddy, Inc., 2003. 1.540 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE **Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Conselho Nacional de Meio Ambiente Brasil 2011. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Página accedida el: 26/02/2016.

SOUSA, C. A. *Controle do intumescimento filamentoso em um sistema de lodos ativados utilizando seletores biológicos*. Dissertação Mestrado. Viçosa, MG 2002. 81p.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Lodos ativados*. Volume 4. Universidade Federal de Minas Gerais – DESA Belo Horizonte 211 p. 1996b



## ANEXO 1. Informe de análisis puntual (Control interno de la Arauco)

### ARAUCO Planta Valdivia

### Análisis Puntual de Efluentes (Control Interno)

		Tumo								
	PARAMETROS	UNIDAD	Limite RCA 279/88	Limite Objetivo	Noche	Noche	Día	Día	Tarde	Tarde
					00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00
					17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14	17,01,14
Cámara de Neutralización	Cloratos	mg/L		< 100	66,9	79,1	83,6	122,4	17,0	3,96
	Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>				290		386		215
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>				<0,03		<0,03		<0,03
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L				277		275		59
	Cloruro	mg/L Cl			170	180	174	201	119	79
	COD (Total)	mg/L			883	890	827	867	946	584
Selector S1 Reactor	Cloratos	mg/L OCl <sub>2</sub>		< 15	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Selector S2 Reactor	Cloratos	mg/L OCl <sub>2</sub>		< 15	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
1/3 Alimentación L-1	Nitrógeno Amoniacal Soluble	mg/L OCl <sub>2</sub>		< 0,5	0,86		0,50		0,16	
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0	0,231		0,231		0,070	
1/2 Alimentación L-2	Nitrógeno Amoniacal Soluble	mg/L OCl <sub>2</sub>		< 0,5		0,02		0,03		0,02
	Fósforo Total	mg/L P		<1,0		0,148		0,043		0,155
Salida Reactores Biológicos 1	Cloratos	mg/L		< 1,5	<0,20		<0,20		<0,20	
	Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>			378		351		316	
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>			<0,03		<0,03		<0,03	
	Cloruro	mg/L Cl			245		228		216	
	COD (Total)	mg/L			213		195		192	
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L			5		5		4	
	Color Verdadero (0.45 um)	Pt-Co			253		229		207	
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/l			0,92		1,22		1,22	
	Nitrógeno Amoniacal Soluble	mg/L NH <sub>4</sub> -N			0,72		1,22		1,20	
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0	<0,025		<0,025		0,055	
Salida Reactores Biológicos 2	Cloratos	mg/L		< 1,5		<0,20		<0,20		<0,20
	Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>				349		319		312
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>				<0,03		<0,03		<0,03
	Cloruro	mg/L Cl				226		218		219
	COD (Total)	mg/L				299		192		170
	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L				14		7		3
	Color Verdadero (0.45 um)	Pt-Co				230		215		193
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/l				0,16		0,17		0,48
	Nitrógeno Amoniacal Soluble	mg/L NH <sub>4</sub> -N				0,04		0,04		0,03
	Fósforo Total	mg/L P		< 1,0		<0,025		<0,025		0,101
Parahall Salida Efluentes	Cloratos	mg/L OCl <sub>2</sub>	17	13	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
	Cloruro	mg/L			308	303	281	295	275	299
	COD (Total)	mg/L	313	250	68	56	53	52	82	63
	Aluminio Total	mg/L Al		2	0,56	0,66	0,60	0,56	0,59	0,79
	Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/l	4,2	3,5	0,96	0,94	1,08	1,02	1,04	0,68
	Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>		1000	333	322	291	282	273	285
	Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>			<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fósforo Total	mg/L	0,33	0,3	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,050	









Superintendencia de Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL  
 CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.  
 CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998  
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.  
 Resolución S3SS N° 1368 de 24.08.04 Aprueba programa de monitoreo.  
 Resolución S3SS N°1289 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. S3SS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.  
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de las Lagos.  
 Descarga al Río Cruces.  
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

4 MC al mes												4 MC al mes												
ADK (mg/l)	ADK (trv/d) Prom. Diario	ADK (trv/d) Prom. Semestral	Cloratos (mg/l)	Cloratos (trv/d) Prom. Diario	Cloratos (trv/d) Prom. Semestral	Sulfato (trv/d) Prom. Diario	Sulfato (trv/d) Prom. Semestral	Cloruro (trv/d) Prom. Diario	Cloruro (trv/d) Prom. Semestral	Al. (trv/d) Prom. Diario	Al. (trv/d) Prom. Semestral	Ac. Residual (mg/l)	Ac. Grasas (mg/l)	Clorofenoles(mg/l)	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Cu Total (mg/l)	Cr Total (mg/l)	Fe Disuelto (mg/l)	Hg (mg/l)	Mn (mg/l)	N (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
7,6	0,28	0,15	17	1,2	0,1	60	50	30	24	0,12	0,06	0,038	0,27	0,067	0,001	0,01	0,07	0,05	1,3	0,005	0,05	0,06	0,03	1
0,02	0,001		-0,03	0,001		19		1		0,04		-0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	0,006	-0,005	0,009	-0,0005	<0,006	<0,003	<0,010	0,011
0,82	0,049		-0,03	0,002		37		11		0,06		-0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,018	-0,0005	<0,006	0,005	<0,010	0,014
0,55	0,029		-0,03	0,002		36		12		0,03		-0,005	<0,005	<0,051	0,0011	<0,001	<0,005	0,031	0,005	-0,0005	<0,006	<0,003	<0,010	0,018
0,61	0,033		-0,03	0,002		20		12		0,04		-0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	-0,003	-0,0005	<0,006	<0,003	<0,010	0,030
		0,05			0,007		32,4		13,5		0,04													

Nombre y Firma del Representante de la Industria.





**NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL**  
**CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.**  
**CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)**

RCA N° 279 del 30.10.1998  
 RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.  
 Resolución SISS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.  
 Resolución SISS N° 1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.  
 Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.  
 Descarga al Río Cruces.  
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

**RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS SIN UN VALOR LÍMITE.**

Fecha Mes/Año	Día de Monitoreo	Caudal 99,360m³/día	4MC al mes			1 MC al Trimestre																
			Índice de Fierro	Manganeso	Sodio	Cloro Libre Residual	Sólidos Sedimentables (SS6)	Turbidez	Toxicidad	Dioxina	Fármaco Sólido	Nitrosos	Nitritos	N-Amónico	Pentóxido de Fierro	SS Orgánico	SS Inorgánico	SD Orgánico	SD Inorgánico	Nitro-Kjeldahl	N-Organico	
Límites RCA		1.190 l/s	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/1h	NTU		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
dez/13	1(1)	324,8																				
dez/13	2	390,6																				
dez/13	3	401,8																				
dez/13	4	466,1																				
dez/13	5	482,4																				
dez/13	6	517,8	0,0065	0,235	433																	
dez/13	7	575,2																				
dez/13	8	643,2																				
dez/13	9	671,9																				
dez/13	10	619,2																				
dez/13	11	655,5																				
dez/13	12	686,0	0,0057	0,081	415,5																	
dez/13	13	596,5																				
dez/13	14	571,4																				
dez/13	15	560,3																				
dez/13	16	577,6																				
dez/13	17	552,4																				
dez/13	18	583,0																				
dez/13	19	616,8	0,0041	0,092	473,5																	
dez/13	20	641,2																				
dez/13	21	583,2																				
dez/13	22	580,4																				
dez/13	23	992,6																				
dez/13	24	563,2																				
dez/13	25	929,2																				
dez/13	26	623,3	0,0035	0,081	421																	
dez/13	27	616,5																				
dez/13	28	608,9																				
dez/13	29	856,2																				
dez/13	30	620,2																				
dez/13	31	605,5																				

(1) Desde el día 26/11/13 a las 03:23 hrs. y hasta el día 01/12/13 a las 12:00 hrs. aproximadamente, se dejó de derivar efluente tratado al Río Cruces, debido a la Parada Anual para Mantenimiento, informada mediante GPV 123/2013-C con fecha 18-11-2013.

Nombre y Firma del Representante de la Industria.







Superintendencia de Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL  
 CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.  
 CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998  
 RCA N° 377 del 06.06.03 Modifica la RCA N°279/98.  
 Resolución SISS N° 1368 de 24.09.04 Aprueba programa de monitoreo.  
 Resolución SISS N°1259 de 06.05.03 Deja sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.  
 Ubicada Ruta 3 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.  
 Descarga al Río Cruces.  
 Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

Parámetros Mes/Año.	Días de Monitoreo	Continuo					S MP al mes		S MC al mes																
		Caudal 99.360m³/día	pH 6-8,5	pH 6-8,5	T °C ± 30	Conduct. (U/s/cm) Prom. Semestral	Conduct. (U/s/cm) Prom. Diario	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	DBO5 (mg/l)	DBO5 (ton/d) Prom. Diario	DBO5 (ton/d) Prom. Semestral	DQO (mg/l)	DQO (ton/d) Prom. Diario	DQO (ton/d) Prom. Semestral	S.S.T. (mg/l)	S.S.T. (ton/d) Prom. Diario	S.S.T. (ton/d) Prom. Semestral	P Total (mg/l)	P Total (ton/d) Prom. Diario	P Total (ton/d) Prom. Semestral	N total (mg/l)	N Kjeldahl (ton/d) Prom. Diario	N Kjeldahl (ton/d) Prom. Semestral	Color Vandolero (Pt. Co) Prom. Diario	Color Vandolero (Pt. Co) Prom. Semestral
Límite RCA		1150 l/s	6	8,5	30	3500	4000	1000	50	2,1	0,9	313	13,5	8,3	50	3,5	2,5	0,33	0,033	0,03	4,2	0,3	0,12	20	8
Jan/14	1	701,6	7,1	7,2	28,1																				
Jan/14	2	674,6	7,2	8,2	27,7			<2,0	2,7	0,16		56	3,3		8,6	0,5		<0,015	0,001		2,56	0,15		1,98	
Jan/14	3	663,6	8,1	8,2	27,3																				
Jan/14	4	664,2	8,0	8,1	27,6																				
Jan/14	5	682,4	8,0	8,1	27,8																				
Jan/14	6	668,6	8,1	8,2	27,9																				
Jan/14	7	658,0	8,1	8,2	27,8			<2,0	2,3	0,13		50	2,8		5,3	0,3		<0,015	0,001		1,83	0,07		1,99	
Jan/14	8	696,8	8,1	8,1	27,9																				
Jan/14	9	719,7	8,1	8,1	27,9																				
Jan/14	10	713,1	8,0	8,0	27,5			<2,0	2,9	0,18		72	4,5		7,9	0,5		<0,015	0,001		1,65	0,10		2,98	
Jan/14	11	695,5	8,0	8,1	27,8																				
Jan/14	12	676,4	8,0	8,1	28,2																				
Jan/14	13	642,0	8,0	8,1	28,3																				
Jan/14	14	670,5	8,0	8,1	28,2			<2,0	3,0	0,17		78	4,5		7,4	0,4		<0,015	0,001		2,38	0,13		2,90	
Jan/14	15	687,1	7,9	8,1	28,3																				
Jan/14	16	699,9	7,9	7,9	28,1			<2,0	<2,0	0,11		60	3,4		6,4	0,4		<0,015	0,001		2,89	0,12		1,94	
Jan/14	17	627,3	7,9	8,0	28,0																				
Jan/14	18	608,0	7,8	7,9	28,5																				
Jan/14	19	705,2	7,9	8,0	28,2																				
Jan/14	20	696,3	7,8	8,0	27,8																				
Jan/14	21	647,8	8,0	8,0	28,0			<2,0	3,2	0,18		77	4,3		6,8	0,4		<0,015	0,001		2,62	0,14		3,36	
Jan/14	22	661,7	8,0	8,0	27,6																				
Jan/14	23	655,9	8,0	8,0	27,3			<2,0	<2,0	0,11		83	4,7		6,5	0,4		<0,015	0,001		2,07	0,12		2,66	
Jan/14	24	594,3	7,9	8,0	26,6																				
Jan/14	25	595,8	7,7	7,9	26,6																				
Jan/14	26	641,7	7,8	8,0	28,0																				
Jan/14	27	674,7	8,0	8,0	28,7																				
Jan/14	28	649,5	8,0	8,1	28,7																				
Jan/14	29	644,0	7,9	8,0	28,4			<2,0	<2,0	0,11		90	5,1		9,1	0,5		<0,015	0,001		2,38	0,13		2,69	
Jan/14	30	656,4	7,9	8,0	28,3			<2,0	3,5	0,20		63	3,6		9,4	0,5		<0,015	0,001		2,90	0,16		1,87	
Jan/14	31	605,5	7,2	7,3	28,0																				

Nombre y Firma del Representante de la Industria.





Superintendencia de  
Servicios Sanitarios

NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL  
CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.  
CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)

RCA N° 279 del 30.10.1998  
RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.  
Resolución SISS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.  
Resolución SISS N°1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.  
Ubicada Ruta 5 Sur, Km 788, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.  
Descarga al Río Cruces.  
Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS CON UN VALOR LÍMITE.

4 MC al mes												4 MC al mes												
ADK (mg/l)	ADK (trv/d) Prom. Diario	ADK (trv/d) Prom. Semestral	Cloratos (mg/l)	Cloratos (trv/d) Prom. Diario	Cloratos (trv/d) Prom. Semestral	Sulfato (trv/d) Prom. Diario	Sulfato (trv/d) Prom. Semestral	Cloruro (trv/d) Prom. Diario	Cloruro (trv/d) Prom. Semestral	Al. (trv/d) Prom. Diario	Al. (trv/d) Prom. Semestral	Ac. Sulfúrico (mg/l)	Ac. Sulfúrico (mg/l)	Clorofenoles(mg/l)	As (mg/l)	Cd (mg/l)	Cd Total (mg/l)	Cd Total (mg/l)	Pb Disuelto (mg/l)	Hg (mg/l)	Mn (mg/l)	N (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
7,6	0,28	0,15	17	1,2	0,1	60	30	30	24	0,12	0,06	0,033	0,27	0,067	0,001	0,01	0,07	0,05	1,3	0,005	0,06	0,06	0,03	1
0,88	0,05		<0,03	0,002		22		16		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	0,0009	<0,001	<0,005	<0,005	0,009	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,006
1,20	0,08		1,04	0,065		23		18		0,03		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	0,005	<0,005	0,016	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,005
0,97	0,06		<0,03	0,002		20		17		0,02		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,007	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,003
1,40	0,08		<0,03	0,002		24		18		0,03		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,012	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	<0,001
1,10	0,06		<0,03	0,002		21		14		0,04		<0,005	<0,005	<0,051	<0,0005	<0,001	<0,005	<0,005	0,012	<0,0005	<0,006	<0,003	<0,001	0,005

Nombre y Firma del Representante de la Industria.





**NUEVO FORMATO DE AUTOCONTROL  
CELULOSA ARAUCO CONSTITUCIÓN S.A. PLANTA VALDIVIA.  
CON PRODUCCION NORMAL (550.000 T/año)**

RCA N° 279 del 30.10.1998  
RCA N° 377 del 06.06.05 Modifica la RCA N°279/98.  
Resolución SISS N° 1368 de 24.05.04 Aprueba programa de monitoreo.  
Resolución SISS N° 1259 de 06.05.05 Deja sin efecto la Res. SISS 1368/04 y Aprueba un nuevo Programa de Monitoreo.  
Ubicada Ruta 5 Sur, Km 785, San José de la Mariquina, Valdivia, X Región de los Lagos.  
Descarga al Río Cruces.  
Frecuencia del envío del informe, mensual.

RESULTADOS DEL MONITOREO PARÁMETROS SIN UN VALOR LÍMITE.																					
Parámetros Mes/Año.	días de Monitoreo	Continuo	4MC al mes			1 MC al Trimestre															
		Caudal 99,360m <sup>3</sup> /día	Índice de Fósforo	Manganeso	Sodio	Cloro Libre Residual	Sólidos Sedimentables (SS <sub>20</sub> )	Turbidez	Toxicidad	Dioxina	Fósforo Soluble	Nitritos	Nitritos	N-Amónico	Pentaclorofenol	SS Orgánico	SS Inorgánico	SD Orgánico	SD Inorgánico	Nitral-Kjeldahl	N- Orgánico
Límites RCA		1150 l/s	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ml/lh	NTU		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Jan/14	1	701,6																			
Jan/14	2	674,6	0,0066	0,108	474																
Jan/14	3	663,6																			
Jan/14	4	664,2																			
Jan/14	5	682,4																			
Jan/14	6	668,6																			
Jan/14	7	658,0																			
Jan/14	8	696,8																			
Jan/14	9	719,7	0,0050	0,088	421	-0,02	-0,1	9,0	ND	2,05E-09	<0,015	0,039	-0,005	0,05	-0,00002	5,7	2,2	150,0	1184,0	1,63	1,60
Jan/14	10	713,1																			
Jan/14	11	695,5																			
Jan/14	12	676,4																			
Jan/14	13	642,0																			
Jan/14	14	670,5																			
Jan/14	15	687,1																			
Jan/14	16	689,9	0,0053	0,061	451																
Jan/14	17	627,3																			
Jan/14	18	608,0																			
Jan/14	19	708,2																			
Jan/14	20	696,3																			
Jan/14	21	647,8																			
Jan/14	22	661,7																			
Jan/14	23	655,9	0,0059	0,112	541																
Jan/14	24	594,3																			
Jan/14	25	595,8																			
Jan/14	26	641,7																			
Jan/14	27	674,7																			
Jan/14	28	649,5																			
Jan/14	29	644,0																			
Jan/14	30	656,4	0,0053	0,111	425																
Jan/14	31	605,5																			

Nombre y Firma del Representante de la Industria.

