

**HÉCTOR ENRIQUE ARANEDA GUTIÉRREZ**

**VALIDACIÓN DE ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DE REACTIVOS  
DE BLANQUEO DE PLANTA VALDIVIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2011

**HÉCTOR ENRIQUE ARANEDA GUTIÉRREZ**

**VALIDACIÓN DE ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN DE REACTIVOS  
DE BLANQUEO DE PLANTA VALDIVIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 20 de julho de 2011

---

Prof. Hélio Garcia Leite  
(Coorientador)

---

Teresa Cristina Fonseca da Silva

---

Prof. Jorge Luiz Colodette  
(Orientador)

A mi familia

Evita, Sebastián, Constanza y Gabriel

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, por el tiempo que tuve que restarles de la convivencia familiar, por su comprensión y apoyo incondicional.

A Celulosa Arauco y Constitución S.A., por haberme brindado la oportunidad y las herramientas para el logro de este importante logro.

Al profesor Jorge Colodette por su apoyo constante en el desarrollo de este trabajo.

## **BIOGRAFIA**

HÉCTOR ENRIQUE ARANEDA GUTIÉRREZ, hijo de Rolando Araneda y Mirta Gutiérrez, nacido en Concepción (Chile) el 20 de Septiembre de 1964.

Realizó sus cursos de Ingeniería Civil Química en la Universidad de Concepción (Chile), graduándose en 1990.

El año 1990 ingresa a trabajar en Celulosa Arauco y Constitución, como Ingeniero de Procesos en el área de Producción. Desde entonces se ha desempeñado en diferentes cargos dentro de la empresa como Jefe de Operaciones de Recuperación y Energía en Planta Arauco, Superintendente de Recuperación y Energía en Planta Valdivia, Subgerente de Producción de Planta Valdivia, Subgerente de Operaciones del Área de Celulosa y finalmente como Gerente de Planta Montes del Plata en Uruguay a partir del año 2011.

Durante el año 2009 ingresó al programa de Especialización en Celulosa y Papel de la Universidad Federal de Vicosa en Brasil, y posteriormente el año 2010 inició la tesis para obtener la maestría profesional en la misma institución.

## CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	vii
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	viii
RESUMO .....	x
ABSTRACT.....	xii
RESUMEN.....	xiv
1.0.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.0- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
<b>2.1.- Generalidades .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.- Reacciones durante la cocción y el blanqueo.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.- Comportamiento durante el Blanqueo .....</b>	<b>9</b>
<b>2.4.- Remoción de Ácidos Hexenurónicos previos al blanqueo .....</b>	<b>10</b>
<b>2.5.- La Deslignificación con Oxígeno .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6.- Eficiencia del Lavado .....</b>	<b>12</b>
<b>2.7.- Blanqueo ECF .....</b>	<b>13</b>
2.7.1.- Primera etapa de Blanqueo.....	13
2.7.2.- Segunda Etapa de Blanqueo.....	14
<b>2.8.- Blanqueo final .....</b>	<b>16</b>
<b>2.9.- Cloro ligado Orgánicamente .....</b>	<b>17</b>
<b>2.10 Principales reacciones en las etapas de dióxido de cloro .....</b>	<b>18</b>
<b>2.10.1 Reacciones primarias del dióxido de cloro .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.- Experimental .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2.- Materiales.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.- Métodos.....</b>	<b>25</b>
3.3.1.-Condiciones de blanqueo .....	25
3.3.2.- Deslignificación con dióxido de cloro – D <sub>0</sub> .....	26
3.3.3.- Extracción alcalina con oxígeno y peróxido presurizado (EPO) .....	27
3.3.4.- Blanqueo con dióxido de cloro – D <sub>1</sub> y D <sub>2</sub> .....	27
<b>3.4.- Procedimientos Analíticos .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5 Prueba Industrial .....</b>	<b>28</b>
<b>3.6 Descripción secuencia de blanqueo Planta Valdivia.....</b>	<b>30</b>

<b>3.7 Condiciones de Blanqueo de referencia para la prueba industrial .....</b>	<b>30</b>
<b>3.8 Prueba Industrial para Eucaliptus .....</b>	<b>33</b>
3.8.1 Procedimiento para reducción factor Kappa de 0,18 hasta target 0,11 y aumento de pH en primera etapa D .....	33
3.8.2 Procedimiento para incremento de temperatura en etapa EPO.....	33
3.8.3 Generación de línea base Prueba con Eucaliptus.....	33
<b>3.9 Prueba Industrial para Pino .....</b>	<b>34</b>
3.9.1 Procedimiento para incremento de temperatura en etapa EPO.....	34
3.9.2 Procedimiento para reducción factor Kappa de 0,20 hasta target 0,16.....	35
3.9.3 Generación de línea base para Prueba Pino .....	35
<b>3.5 Análisis Estadístico.....</b>	<b>35</b>
4.0- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
<b>4.1.- Blanqueo de pulpas (laboratorio).....</b>	<b>37</b>
4.1.1 Efecto del factor Kappa .....	37
4.1.2 Efecto del pH en la etapa D <sub>0</sub> .....	40
<b>4.2 Resultados prueba Industrial eucaliptus .....</b>	<b>41</b>
4.2.1 Reducción del Factor Kappa en etapa D <sub>0</sub> .....	41
<b>4.3 Resultados prueba industrial pino .....</b>	<b>48</b>
4.3.1 Incremento de Temperatura en etapa EPO .....	48
4.3.2 Reducción del Factor Kappa en D <sub>0</sub> .....	51
<b>4.4 Impacto en los valores de Viscosidad .....</b>	<b>55</b>
4.4.1 Impacto en la viscosidad de las pulpas de eucaliptus.....	55
4.4.2 Impacto en la viscosidad de las pulpas de pino.....	55
5.- CONCLUSIONES.....	57
6.- SUGERENCIAS.....	59
7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
APÉNDICE A.....	64
APENDICE B.....	65
<b>APENDICE C .....</b>	<b>66</b>
<b>APENDICE D .....</b>	<b>90</b>
APÉNDICE E.....	97
APÉNDICE F.....	100

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 01:</b> Comparaciones de resultados de diferentes secuencias se blanqueo para Pulpa Kraft de eucaliptus * 90,0 %ISO (14) .....	17
<b>TABLA 02:</b> Características de las pulpas kraft deslignificadas de <i>Eucalyptus globulus</i> / <i>Eucalyptus nitens</i> y <i>Pinus radiata</i> provenientes de Planta Valdivia. ....	24
<b>TABLA 03:</b> Condiciones utilizadas en el estudio de blanqueo de las pulpas de <i>Pinus radiata</i> de Planta Valdivia. ....	25
<b>TABLA 04:</b> Condiciones utilizadas en el estudio de blanqueo de las pulpas de <i>Eucalyptus globulus</i> (70%) y <i>Eucalyptus nitens</i> (30%) de Planta Valdivia. ....	26
<b>TABLA 05:</b> Procedimientos Analíticos.....	28
<b>TABLA 06:</b> Resumen de secuencia de las pruebas industriales realizadas en Planta Valdivia. 30	
<b>TABLA 07:</b> Campañas de producción durante la prueba industrial.....	29
<b>TABLA 08:</b> Resumen condiciones a utilizar como referencia para comparación en pulpas blanqueadas de pino para Factor Kappa 0,20. ....	31
<b>TABLA 09:</b> Resumen condiciones a utilizar como referencia para comparación en pulpas blanqueadas de Eucaliptus para Factor Kappa 0,18. ....	32
<b>TABLA 10:</b> Campaña de eucalipto .....	34
<b>TABLA 11:</b> Campañas de pino .....	35
<b>TABLA 12 :</b> Consumos de dióxido de cloro total con diferentes temperaturas en etapa EPO	41
<b>TABLA 13:</b> Resumen de consumos específicos de reactivos químicos en prueba industrial de pruebas con pulpa de eucaliptus.....	46
<b>TABLA 14:</b> Resumen de consumos específicos de reactivos químicos en prueba industrial de pruebas de incremento temperatura etapa EPO para pulpas de pino. . ....	51
<b>TABLA 15:</b> Resumen de consumos específicos de reactivos químicos en prueba industrial de pruebas de reducción del factor kappa de 0,20 a 0,16 para pulpas de pino.....	54
<b>TABLA 16:</b> Resumen de reducción de costos de las pruebas de eucaliptus y pino. ....	54



## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>FIGURA 1:</b> Sitios reactivos en la lignina para ser atacados por nucleó filos.....	4
<b>FIGURA 2</b> Sitios reactivos con electrofílicos en lignina y carbohidratos .....	5
<b>FIGURA 3:</b> La conversión de 4-0-metilglucoronoxilano a hexenuroxilano durante la cocción kraft, como fue sugerida por Clayton (1963) .....	6
<b>FIGURA 4:</b> Funcionalidad de grupos de ácidos hexenurónicos enlazados a xilanos .....	7
<b>FIGURA 5:</b> Mecanismo propuesto por Teleman et al. para la degradación ácida de grupos de ácidos hexenurónicos enlazados a xilanos .....	8
<b>FIGURA 6:</b> Formación de ácidos hexenurónicos formados durante la cocción kraft de pino. Además se indica la temperatura (1).....	10
<b>FIGURA 7:</b> Efecto de las etapas de blanqueo sobre el contenido de HexAs. La blancura %ISO después de cada etapa es indicada en cada columna.....	10
<b>FIGURA 8:</b> Esquema de reacciones del dióxido de cloro.....	19
<b>FIGURA 9:</b> Diagrama secuencia de blanqueo Planta Valdivia.....	30
<b>FIGURA 10:</b> Efecto de la dosificación de ClO <sub>2</sub> para diferentes factores kappa sobre la blancura de pulpas de pino. ....	38
<b>FIGURA 11:</b> Efecto de la dosificación de ClO <sub>2</sub> , para diferentes factores kappa sobre la blancura de pulpas de eucaliptus. ....	38
<b>FIGURA 12:</b> Efecto de la dosificación de ClO <sub>2</sub> , para diferentes factores kappa sobre la blancura de pulpas de pino. ....	39
<b>FIGURA 13:</b> Efecto de la dosificación de ClO <sub>2</sub> , para diferentes factores kappa sobre la blancura de pulpas de eucaliptus. ....	39
<b>FIGURA 14:</b> Efecto de pH y la dosificación de ClO <sub>2</sub> sobre la blancura de pulpas de Eucaliptus. ....	40
<b>FIGURA 15:</b> Efecto de reducción del Factor Kappa de 0,18 a 0,11 en etapa D <sub>0</sub> para pulpa de eucaliptus.....	42
<b>FIGURA 16:</b> Efecto de reducción del Factor Kappa de 0,18 a 0,11 en etapa D <sub>0</sub> sobre el consumo de ClO <sub>2</sub> en etapa D <sub>1</sub> en pulpas de eucaliptus.....	43
<b>FIGURA 17:</b> Efecto de reducción del Factor Kappa de 0,18 a 0,11 en etapa D <sub>0</sub> sobre el consumo de ClO <sub>2</sub> en etapa D <sub>2</sub> en pulpas de eucaliptus.....	43
<b>FIGURA 18:</b> Efecto de reducción del Factor Kappa de 0,18 a 0,11 en etapa D <sub>0</sub> sobre el consumo de NaOH en etapa D <sub>1</sub> . ....	44
<b>FIGURA 19 :</b> Efecto de reducción del Factor Kappa de 0,18 a 0,11 en etapa D <sub>0</sub> sobre el consumo de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> en etapa D <sub>0</sub> con pulpas de eucaliptus.....	45
<b>FIGURA 20:</b> Comparación consumos específicos de reactivos. (1) Valores no optimizados; (2) valores obtenidos en la prueba industrial.....	46
<b>FIGURA 21:</b> Comportamiento de la blancura en cada etapa durante las pruebas. ....	47

<b>FIGURA 22:</b> Comportamiento de los residuales de dióxido de cloro en el filtrado de la etapa D <sub>0</sub> .....	47
<b>FIGURA 23:</b> Comportamiento de la blancura en la etapa EPO en periodo de ajuste y de la prueba industrial.....	49
<b>FIGURA 24:</b> Comportamiento de la blancura en función del consumo total de dióxido de cloro durante la prueba de incremento de temperatura de la etapa EPO. ....	49
<b>FIGURA 25:</b> Consumos específicos totales de reactivos durante prueba incremento temperatura en EPO con pulpa de pino, (1) periodo referencia, (2) periodo de prueba. ....	50
<b>FIGURA 26:</b> Reducción del factor kappa en etapa D <sub>0</sub> desde 0,20 a 0,16 en blanqueo de pulpa de pino. ....	51
<b>FIGURA 27:</b> Consumo de dióxido de cloro en etapa D <sub>1</sub> , producto de la reducción del factor kappa en etapa D <sub>0</sub> desde 0,20 a 0,16, en blanqueo de pulpa de pino. ....	52
<b>FIGURA 28:</b> Efecto de la reducción del factor kappa en etapa D <sub>0</sub> en la blancura final de la pulpa de pino. ....	53
<b>FIGURA 29:</b> Consumos específicos blanqueo pulpa de pino en prueba industrial de reducción de factor kappa etapa D <sub>0</sub> desde 0,20 a 0,16, en blanqueo de pulpa de pino, donde (1) representa condiciones de referencia y (2) las condiciones de prueba. ....	53
<b>FIGURA 30:</b> Viscosidad pulpa eucaliptus durante prueba industrial. ....	55
<b>FIGURA 31:</b> Viscosidad pulpa de pino durante prueba industrial.....	56

## RESUMO

ARANEDA GUTIÉRREZ, Héctor Enrique, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011. **Alternativas para redução do consumo de reagentes químicos na Planta de branqueamento de Valdivia.** Orientador: Jorge Luiz Colodette. Coorientadores: Hélio Garcia Leite e Ann Honor Mounteer.

O objetivo deste estudo foi aperfeiçoar a sequência de branqueamento da unidade industrial da Cia Arauco, localizada em Valdivia, Chile. Inicialmente, foram realizados testes laboratoriais na Universidade Federal de Viçosa, onde se verificou potencial de redução do consumo de reagentes químicos daquela unidade industrial. O material utilizado no estudo foi uma amostra de polpa kraft industrial de *Pinus radiata* e outra de mistura de eucaliptos (70% *E. nitens* / 30% *E. globulus*), ambas previamente deslignificadas com oxigênio. Posteriormente, foram feitos testes industriais na unidade de Valdivia para validar os resultados laboratoriais. A unidade industrial de Valdivia opera com a sequência D(EPO)DD, onde D e (EPO) representam estágios de branqueamento com dióxido de cloro em meio ácido e com peróxido de hidrogênio e oxigênio em meio alcalino, respectivamente. Os valores de consumo de reagentes químicos estão expressos em kg/TSA, onde TSA representa toneladas de celulose seca ao ar. Os testes conduziram às seguintes conclusões: **(1)** Ser possível reduzir o fator kappa (razão entre dosagem de reagente e número kappa) de 0,20 a 0,16 para o branqueamento da polpa de *Pinus radiata*. **(2)** Ser possível reduzir o fator kappa 0.18 a 0.11, para branqueamento de celulose de eucalipto. **(3)** Ser possível reduzir o consumo total de dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ) no branqueamento da polpa de *Pinus radiata* pelo aumento da temperatura do estágio (EPO) de 70 para 80°C. **(4)** O aumento da temperatura do estágio (EPO) não teve efeito no consumo de dióxido de cloro para a polpa de eucalipto. **(5)** O teste industrial de redução do fator kappa para polpa de eucalipto resultou em economia de 1,6 kg  $\text{ClO}_2$ /TSA e diminuição no custo de branqueamento em US\$2.29/TSA. **(6)** O teste industrial de aumento da temperatura no estágio (EPO) de 70 para 80°C com a polpa de *Pinus radiata*, diminuiu os consumos de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  em 0,12 kg/TSA e 1,05 kg/TSA, respectivamente, com redução do custo de reagentes de branqueamento em 1,13 US\$ /TSA – como consequência do aumento de temperatura, houve redução significativa da viscosidade final da polpa

branqueada e aumento no consumo de vapor de baixa pressão da ordem de 0,9 kg/TSA, que implica numa redução da geração de energia elétrica de aproximadamente 7,48 KWh/TSA, com perda de 0,35 US\$/TSA na venda de energia elétrica, considerando-se o preço marginal de 48 US\$ /MWh. **(7)** O teste industrial de redução do fator kappa 0,20 a 0,16 para a polpa de *Pinus radiata*, reduziu os consumos de dióxido de cloro e de ácido sulfúrico em 1,2 e 1,05 kg/TSA, respectivamente, com diminuição do custo de branqueamento em 2,08 US\$ /TSA.

## ABSTRACT

ARANEDA GUTIÉRREZ, Héctor Enrique, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2011 **Alternatives for reduction of bleaching chemicals consumption at Valdivia Pulp Mill**. Advisor: Jorge Luiz Colodette. Co-Advisors: Hélio Garcia Leite and Ann Honor Munteer.

The aim of this study was to optimize the bleaching sequence Valdivia Mill. For this, laboratory tests were conducted at the Laboratory of Celulose e Papel, Universidade Federal de Viçosa, which verified the potential to reduce chemical consumption in the bleaching sequence of the mill. Delignified pulp was used for *Pinus radiata* and eucalyptus pulp mixture consisting of 70% *Eucalyptus nitens* and 30% *Eucalyptus globulus*. Later tests were conducted in Valdivia Mill to verify the conditions obtained in the laboratory and assess the industrial application of these findings. Valdivia Mill uses a bleaching sequence of D(EPO)DD, where D represents a chlorine dioxide stage and EPO represents a stage of extraction with oxygen and hydrogen peroxide. The chemical consumptions are expressed in kg/ADt, where ADT represent air dry tonnes. Based on laboratory tests, the main results were: **(1)** it is possible to reduce the kappa factor (ratio between active chlorine and Kappa number) of 0.20 to 0.16, for bleaching *Pinus radiata* pulp; **(2)** it is possible to reduce the kappa factor of 0, 18 to 0.11 for eucalyptus pulp bleaching; **(3)** the temperature increasing of the stage EPO from 70°C to 80°C helps to reduce consumption of chlorine dioxide (ClO<sub>2</sub>) in the bleaching sequence for pine pulps, maintaining the same amount of active chlorine in the bleaching sequence; **(4)** increasing the temperature of stage EPO, there is a significant reduction in the consumption of chlorine dioxide in the bleaching sequence for eucalyptus pulp, keeping the same amount of active chlorine in the sequence; **(5)** The industrial test of factor kappa reduction for eucalyptus pulps delivers ClO<sub>2</sub> consumption decrease of 1.6 (kg / ADt) and a decrease in the cost of 2 ,29 (US\$ /ADt); **(6)** Evidence of temperature increase de 70°C to 80°C on the stage EPO for *Pinus radiata* pulps, gave a lower consumption of hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) to 0.12 (kg /ADt) and a decrease in consumption of sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) to 1.05 (kg /ADt).with a total reduction of 1,13 US\$/ADt in chemicals. Also to be considered an additional consumption of 0.9 (kg/s) of low pressure steam, which means less power generation of 476 kWh /h or 7.48

(kWh/ADt); which represent 0.35 (US\$ /ADt), given a marginal price of 48 (US\$/MWh); **(7)** The industrial test of factor kappa reduction from 0,20 to 0,16 for *Pinus radiata* pulps, decrease chlorine dioxide consumption and sulphuric acid in 1,2 and 1,05 kg/ADt respectively, with a total bleaching reduction cost of 2,08 US\$/ADt.

## RESUMEN

ARANEDA GUTIÉRREZ, Héctor Enrique, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julio, 2011 **Validación de alternativas de reducción de reactivos de blanqueo de Planta Valdivia**. Orientador: Jorge Luiz Colodette. Consejeros: Hélio Garcia Leite y Ann Honor Munteer.

El objetivo de este estudio consistió en optimizar a secuencia de blanqueo de Planta Valdivia. Para esto, pruebas de laboratorio fueron realizadas en el Laboratorio de Celulose e Papel de la Universidade Federal de Viçosa, donde se verifico el potencial de reducción de consumos químicos en la secuencia de blanqueo de la Planta. Se utilizó pulpa deslignificada de *Pinus radiata* y pulpa de eucaliptus consistente en una mezcla 70% de *Eucalyptus nitens* y 30% de *Eucalyptus globulus*. Posteriormente se realizaron pruebas industriales en la Planta Valdivia para verificar las condiciones obtenidas en laboratorio y evaluar la aplicación industrial de dichos hallazgos. Planta Valdivia utiliza una secuencia de blanqueo del tipo D(EPO)DD, donde D representa un etapa con dióxido de cloro y EPO representa una etapa de extracción con oxígeno y peróxido de hidrógeno. Los valores de consumos de reactivos químicos están expresados en kg/ADt, donde ADt representa toneladas secas al aire. Basado en las pruebas de laboratorio, los principales resultados fueron: **(1)** que es posible reducir el factor kappa (es la razón entre cloro activo y el número Kappa) de 0,20 a 0,16, para blanquear pulpas de *Pinus radiata*; **(2)** que es posible reducir el factor kappa de 0,18 a 0,11, para blanquear pulpas de eucaliptus; **(3)** que el incremento de la temperatura de la etapa EPO de 70°C a 80°C, ayuda a la reducción del consumo de dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>) en la secuencia de blanqueo, para pulpas de pino, manteniendo el mismo consumo de cloro activo en la secuencia de blanqueo; **(4)** el incremento de la temperatura de la etapa EPO, no presenta una reducción del consumo de dióxido de cloro significativo, en la secuencia de blanqueo para pulpas de eucaliptus, manteniendo el mismo consumo de cloro activo en la secuencia; **(5)** La prueba industrial de reducción del factor kappa en pulpas de eucaliptus, entrega una disminución del consumo de ClO<sub>2</sub> de 1,6 (kg/ADt) y una disminución del costo de blanqueo de 2,29 (US\$/ADt); **(6)** La prueba de incremento de temperatura en la etapa EPO de 70°C a 80°C con pulpas de *Pinus radiata*, entregó una disminución del consumo de peróxido de hidrógeno

(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) de 0,12 (kg/ADt) y de una disminución del consumo de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) de 1,05 (kg/ADt). Como consecuencia del aumento de temperatura, se produjo una reducción significativa de la viscosidad final de la pulpa blanqueada y un aumento del consumo de vapor de baja presión de 0,9 (kg/s) de vapor de baja presión, que significa una menor generación de energía eléctrica de 476 kWh/h o 7,48 (KWh/ADt), con una pérdida de 0,35 US\$/ADt por menor venta de energía eléctrica, considerando un precio marginal de 48 (US\$/MWh). **(7)** La prueba industrial de reducción del factor kappa de 0,20 a 0,16 para pulpas de *Pinus radiata*, redujo los consumos de dióxido de cloro y ácido sulfúrico en 1,2 7 1,05 kg/ADt, respectivamente, con disminución del costo de blanqueo de 2,08 US\$/ADt.



## 1.0.- INTRODUCCIÓN

Para lograr blanquear la pulpa de celulosa, hasta los niveles de mercado para pulpas blanqueadas, se utilizan agentes oxidantes, como dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ) y peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

Uno de los aspectos controlados en la industria de la celulosa es la adición de productos químicos a la secuencia de blanqueo de la pulpa, esto tiene importantes efectos desde el punto de vista ambiental y también de los costos de producción de cada proceso.

Una de las secuencias más utilizadas en la actualidad en las secuencias de blanqueo de plantas de celulosa Kraft, es la D(EPO)DD, como es el caso de la Planta Valdivia de Celulosa Arauco y Constitución S.A.

La búsqueda constante por optimizar el proceso, desde el punto de vista ambiental y de control de calidad y costos, ha llevado a revisar las dosificaciones de reactivos químicos, para el blanqueo de pulpas de *Pinus radiata* (pino) y de la mezcla de 70% *Eucalyptus nitens* y 30% de *Eucalyptus globulus* (eucalipto).

El control de adición de reactivos químicos para este tipo de secuencia pasa por optimizar la adición de  $\text{ClO}_2$  y su distribución en las diferentes etapas, al igual que las condiciones en que esta se realiza.

La evaluación de la secuencia de blanqueo, para una secuencia de este tipo se puede resumir como sigue:

- El contenido de lignina que contiene la pulpa al ingresar a la secuencia de blanqueo.
- La calidad del lavado de la pulpa previo a la entrada a la secuencia de blanqueo.
- La formación de clorato residual, que representa la selectividad de la reacción de blanqueo.
- La blancura final de la pulpa al finalizar la secuencia.
- La estabilidad final de la blancura obtenida.

Luego este estudio tiene por objetivo optimizar el consumo de reactivos químicos en la secuencia de blanqueo del tipo D(EPO)DD para las pulpas de Planta Valdivia y lograr una blancura de 90% ISO (pino y *eucalipto*).

Para esto se plantea realizar estudios de sondeo a nivel de laboratorio y luego extrapolar los hallazgos en una prueba a nivel industrial, para validar los resultados de laboratorio y su aplicación.

## 2.0- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1.- Generalidades

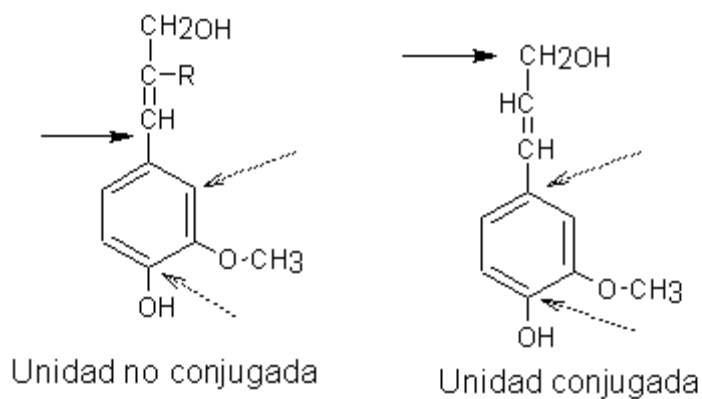
En la producción de pulpa kraft blanqueada, la cocción puede ser genéricamente caracterizada como una deslignificación intensiva y como una etapa que introduce grupos cromóforos, y el blanqueo como un proceso que finaliza la deslignificación y remueve la mayoría de los grupos cromóforos que permanecen después de la deslignificación. La mayor parte de estos grupos son de lignina, lo cual hace que las reacciones con la lignina sean de la mayor importancia en el proceso de blanqueo. También es importante considerar como esas reacciones están relacionadas con las de celulosa/hemicelulosas (carbohidratos), o en otras palabras como es la selectividad de estas reacciones. Los carbohidratos normalmente constituyen el 99% de la pulpa final blanqueada y sus reacciones determinan las propiedades de la pulpa y su rendimiento final (Mc Donals, 1967)

Es sabido que la selectividad de la disolución de lignina en la cocción, en relación a la disolución de carbohidratos, es inferior que para el blanqueo. La pérdida de rendimiento no es negativa en el caso de la cocción, ya que la disolución es importante para los fabricantes de papel en el caso de pulpa café y también de gran importancia en las propiedades finales del papel de pulpa blanqueada. Bajo un determinado grado de rendimiento, el incremento del contenido de celulosa y del número de fibras por unidad de peso, tiene un importante rol en el potencial de las propiedades de resistencia de la pulpa. A pesar de la menor selectividad en la degradación de carbohidratos, la degradación de estos en relación a la disolución de lignina en la cocción, parece ser más favorable que en el blanqueo, a pesar que la mayor parte de las escisiones ocurren en la cocción. Pero al mismo tiempo 90% o más de 95% de la deslignificación se logra en la cocción, lo cual compensa el gran número de escisiones que ocurren (Mc Donals, 1967).

La lignina es una unidad formada por unidades de fenilpropano, localizada en la lámina media y en la matrix de lignina/hemicelulosa de las paredes de la fibra entre las fibras. La disolución de la lignina en la cocción requiere:

- Fragmentación de la lignina a un tamaño adecuado mediante el rompimiento de uniones.
- Introducción de grupos hidrofílicos, para lograr la mayor solubilización posible.
- La difusión de la lignina fragmentada solubilizada hacia fuera de la densa estructura de la pared de la fibra.

La fragmentación en la cocción ocurre básicamente a través del rompimiento de las uniones éter entre las unidades de fenilpropano, Las especies químicas activas son llamadas nucleófilas como el  $\text{HS}^-$  y el  $\text{OH}^-$ . Ellos atacan la lignina, en los sitios con baja densidad de electrones, principalmente los átomos de  $\alpha$ -carbono en el lado de la cadena de las unidad del fenilpropano (Figura 1).



**FIGURA 1:** Sitios reactivos en la lignina para ser atacados por nucleó filos.

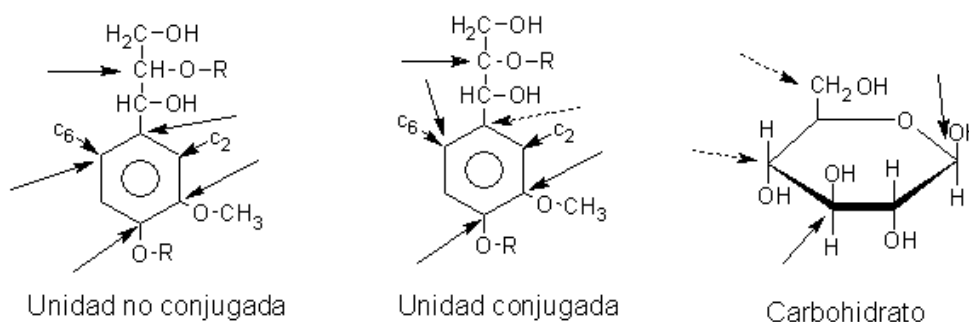
Flechas continua indica sitios más atacados, flechas discontinua indica sitios secundarios. (Kraft P, McDonalds, 1967)

El oscurecimiento de la lignina, y en cierto grado la conversión de algunos carbohidratos en la pulpa no blanqueada, es un efecto muy marcado en la cocción kraft. La disolución de lignina contrarresta este efecto de oscurecimiento sobre la fibra (Liitia et al, 2005).

Después de la cocción, muchos de los puntos efectivos de ataque de nucleófilos pueden ser eliminados y nuevos puntos de ataque pueden ser encontrados. Sobre todo lo anterior significa que métodos más poderosos son requeridos para su remoción, al mismo tiempo que las reacciones con la lignina deben ser más selectivas que en la cocción. Como en la cocción, la deslignificación posterior requiere fragmentación de la lignina residual y la introducción de grupos

hidrofílicos. Por otro lado, la difusión de los fragmentos de lignina solubilizada fuera de la pared de la fibra no es particularmente problemática. El rompimiento de uniones éter no es suficiente, a pesar que una considerable cantidad de estructuras  $\beta$ -0-4 permanecen en la lignina residual. El rompimiento de uniones carbono-carbono es por lo tanto un importante mecanismo en el blanqueo. Grupos carboxílicos, que son formados en las etapas de blanqueo, son el principal grupo hidrofílico para la solubilización de la lignina en el blanqueo.

La alta densidad de electrones en el anillo aromático y el doble enlace alifático en la lignina residual hace de los reactivos electrofílicos (oxidativos) apropiados para una fuerte continuación en la deslignificación con oxígeno y en el blanqueo. La Figura 2 muestra los sitios reactivos en la lignina y en los carbohidratos para ataque por electrófilos, así como se indica en la Figura 1 para nucleófilos. Un problema particular son los radicales oxidativos (electrófilos) como  $\text{HO}^\cdot$ ,  $\text{HOO}^\cdot$ ,  $\text{Cl}^\cdot$ , los que al mismo tiempo atacan celulosa y hemicelulosas, mientras que especies iónicas como  $\text{Cl}^+$  se focalizan en la lignina.



**FIGURA 2** Sitios reactivos con electrofílicos en lignina y carbohidratos

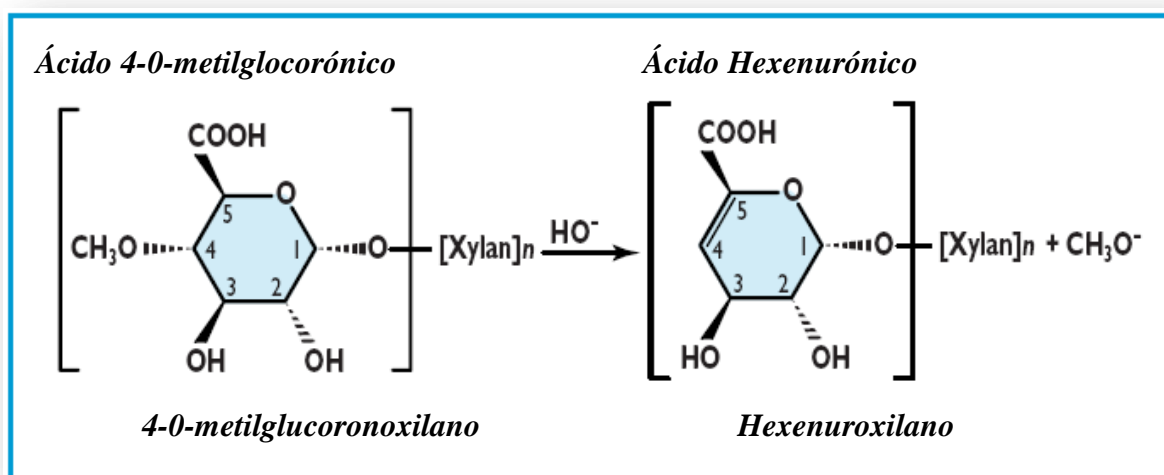
Nota: Flechas continua indica sitios más atacados, flechas discontinua indica sitios secundarios.

De esta forma, los reactivos oxidantes (electrófilos) deben ser usados con moderación. El blanqueo más eficiente parece ser obtenido por a través de cambios consecutivos entre diferentes modos de ataque químico, desde un punto de vista fundamental cambios consecutivos entre ataques electrófilos y nucleófilos, o desde un punto de vista práctico cambios entre diferentes etapas pero también en cada etapa con la presencia de diferentes tipos de especies químicas.

El ión perhidroxil ( $\text{HOO}^-$ ) en el blanqueo con peróxido es un nucleófilo y trabaja esencialmente como un preservante de la lignina a temperaturas bajas, pero también como un agente deslignificante a altas temperaturas. Es interesante que la temperatura abra diferentes cursos de acción para la acción de peróxido. Lo importante es que los carbohidratos no quedan marcadamente expuestos a la acción de la especie radical, lo cual en el caso de la deslignificación con peróxido requiere de una cuidadosa remoción de los metales, tales, como el manganeso, mediante un proceso de remoción de estos.

En la década de los años cincuenta, se encontró que el mayor constituyente ácido en los xilanos, tanto de softwoods como de hardwoods, eran las unidades de ácido 4-0-metilglucorónico. Esto catalizó una serie de investigaciones acerca de la degradación alcalina del 4-0-metilglucoronoxilano, que es un xilano que contiene unidades de ácido 4-0-metilglucorónico.

Estas observaciones permitieron que Clayton, en 1962, asumiera correctamente que el ácido 4-0-metilglucorónico era convertido a ácido hexenurónico por la eliminación del grupo 4-0-metoxil, después de perder el átomo de hidrógeno en la quinta posición del ácido glucorónico residual (CLAYTON, 1963). En la Figura 3 muestra el proceso de conversión del 4-0-metilglucoronoxilano a hexenuroxilano durante un tratamiento alcalino.

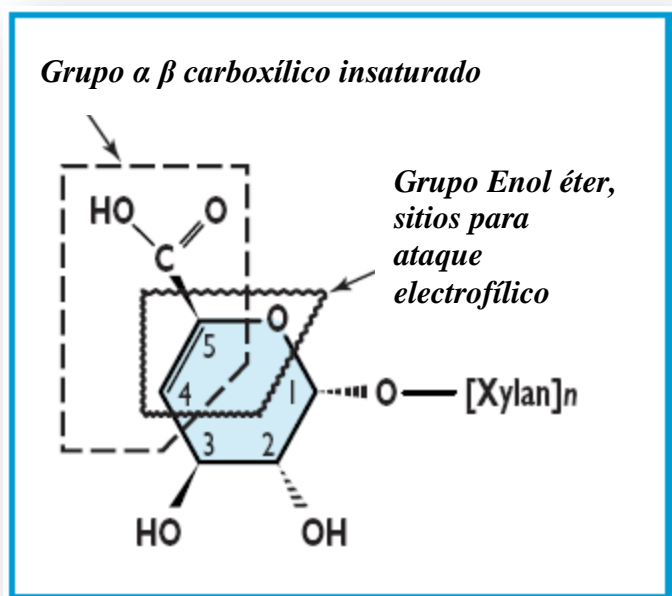


**FIGURA 3:** La conversión de 4-0-metilglucoronoxilano a hexenuroxilano durante la cocción kraft, como fue sugerida por Clayton (1963)

## 2.2.- Reacciones durante la cocción y el blanqueo

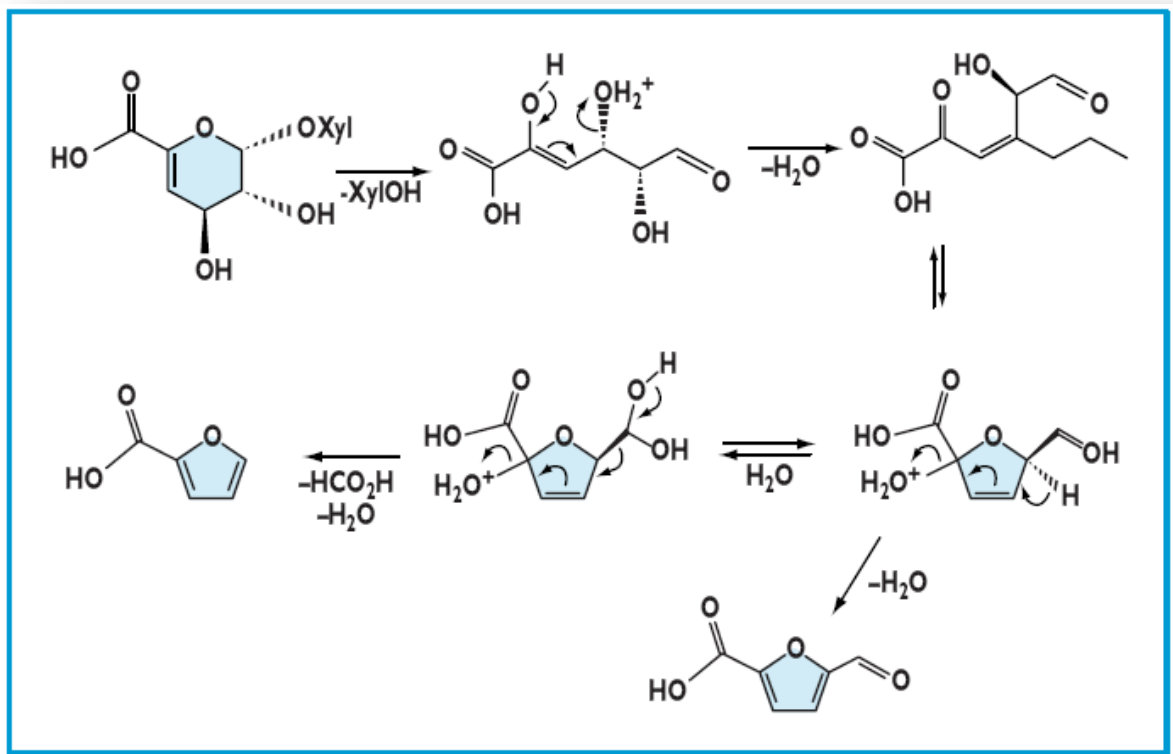
Los ácidos hexenurónicos pertenecen a una clase de compuesto que contienen enol éter o grupos insaturados de ácido carboxílicos (Figura 4). Estos grupos funcionales influyen en forma importante la estabilidad y reactividad del ácido hexenurónico.

En soluciones fuertemente alcalinas a altas temperaturas, los ácidos hexenurónicos se descomponen lentamente.



**FIGURA 4:** Funcionalidad de grupos de ácidos hexenurónicos enlazados a xilanos. (CLAYTON, 1963)

Debido a que los éter enólicos son lábiles al ácido, los ácidos hexenurónicos no son estables en condiciones ácidas. En 1973 se sugirió que una hidrólisis suave de ácidos hexenurónicos podría generar derivados de furanos. Estos derivados de furanos fueron identificados (MARECHAL, 1993). El análisis estructural de los productos de la degradación ácida de los hexenuronoxilanos entrega el siguiente mecanismo propuesto por Teleman (1996), mostrado en la Figura 5. Los datos de cinética soportan un mecanismo de reacción bimolecular (VOURINEL et al, 1996).



**FIGURA 5:** Mecanismo propuesto por Teleman et al. para la degradación ácida de grupos de ácidos hexenurónicos enlazados a xilanos. (CLAYTON, 1963)

La posible formación de 4-O-metilglucoronoxilano a hexenuroxilano durante la cocción kraft fue demostrada claramente por Johansson y Samuelson (1977).

La formación de ácido hexenurónico durante la cocción kraft, se verificó por varios grupos de investigación en Finlandia. La formación de estos compuestos, dependerá de los perfiles de temperatura que tenga cada proceso de cocción. Las pulpas kraft de hardwood tienen mayor contenido de ácidos hexenurónicos que las pulpas kraft de softwood (RYDHOLM, 1965), ya que las maderas de hardwood contienen más 4-O-metilglucoronoxilanos.

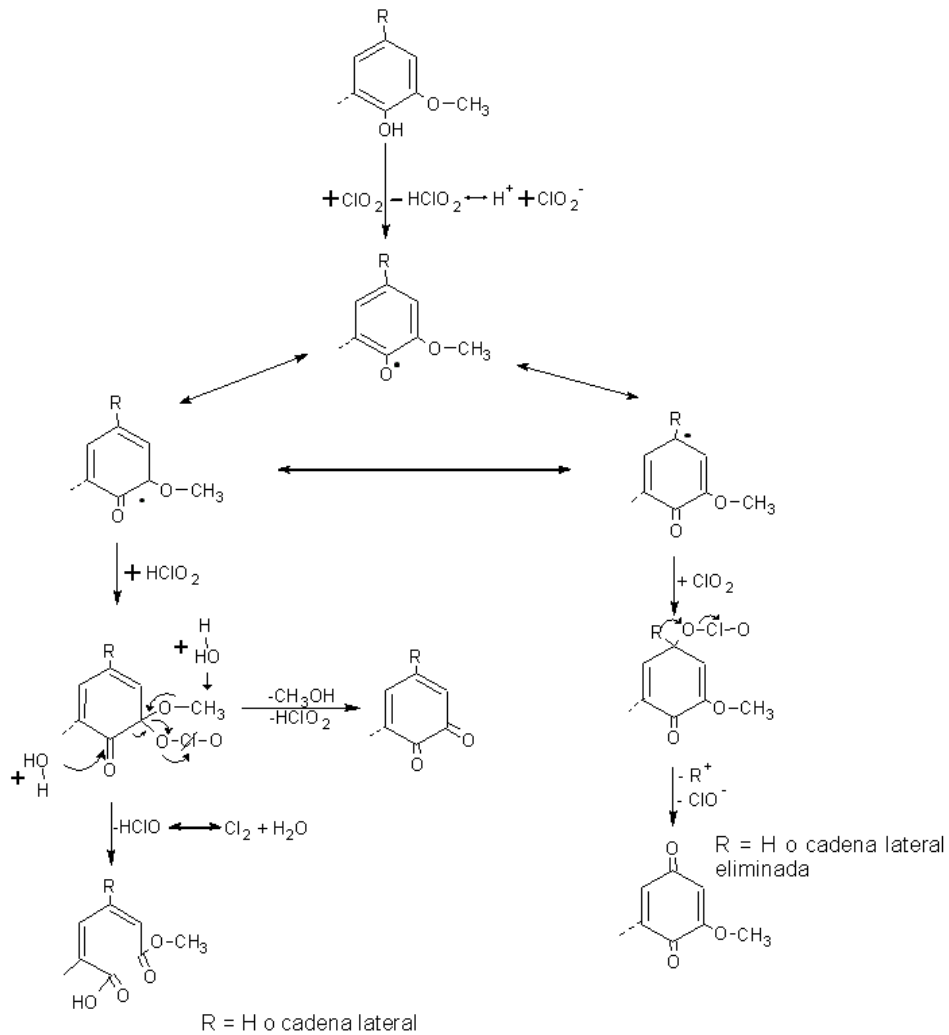
Se ha demostrado en maderas de softwood que el contenido de ácidos hexenurónicos decrece gradualmente en relación al decrecimiento del número kappa. En cambio, para maderas de hardwood, se ha reportado que el contenido de ácidos hexenurónicos tiene un peak para un cierto número kappa (KAWAMURA).

La Figura 6 muestra las principales reacciones del dióxido de cloro con la lignina fenólica, básicamente reacciona con las estructuras de lignina que contiene



un fenol libre, reacciona con estructuras alifáticas insaturadas, no reacciona con estructuras esterificadas, no reacciona con estructuras alifáticas.

## Oxidación de estructuras fenólicas con $\text{ClO}_2$

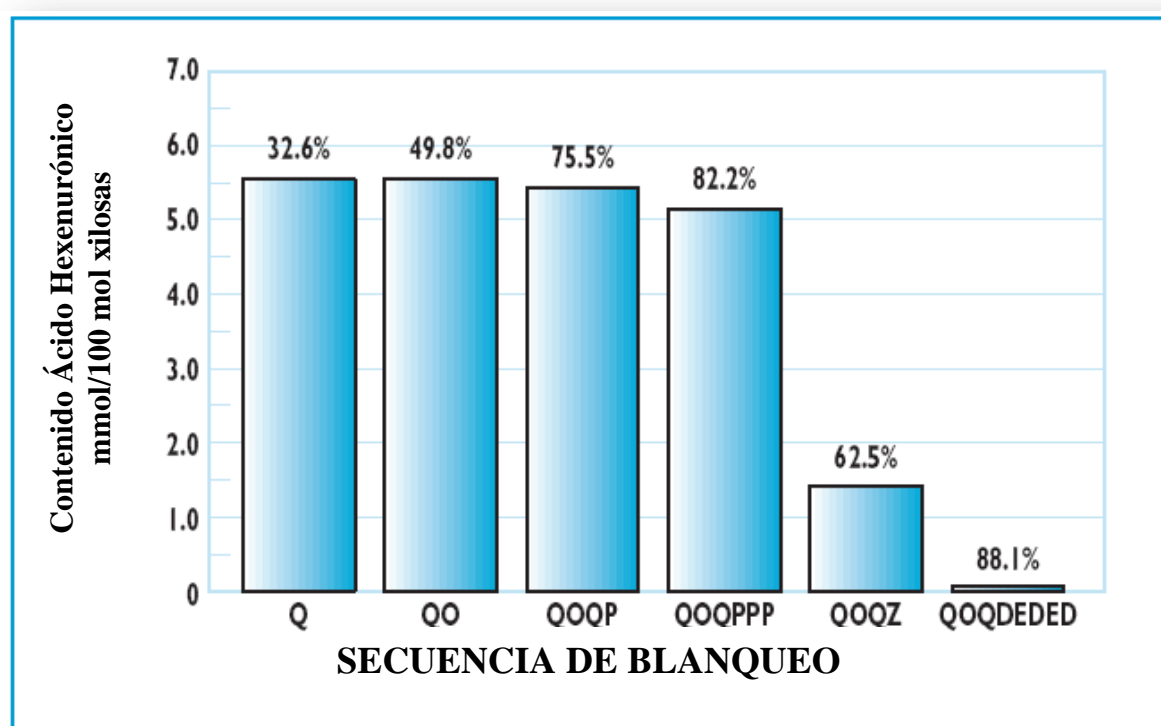


**FIGURA 6:** Oxidación de las estructuras de lignina fenólica con dióxido de cloro.

### 2.3.- Comportamiento durante el Blanqueo

La Figura 7 muestra como varias etapas de blanqueo afectan el contenido de ácido hexenurónico en la pulpa kraft (TELEMAN et al, 1995). Estos resultados indican que los ácidos hexenurónicos no son reactivos con blanqueos alcalinos con oxígeno y peróxido, pero son reactivos con dióxido de cloro y con ozono, los cuales son agentes de blanqueo electrofílicos (VOURINEN et al, 1996). Se ha demostrado

que los ácidos hexenurónicos son tan reactivos como la lignina con agentes químicos de blanqueo que son electrofílicos (VOURINEN et al 1997). Los principales productos de la reacción entre dióxido de cloro y ácidos hexenurónicos son ácidos dicarboxílicos clorados y no clorados. Para ozono, hay dos posibles caminos, donde los ácidos hexenurónicos son oxidados para formar ácido oxálico, dialdosa y ácidos urónicos (VOURINEN et al, 1997).



**FIGURA 7:** Efecto de las etapas de blanqueo sobre el contenido de HexAs. La blancura %ISO después de cada etapa es indicada en cada columna (ZHI-HUA JIAN et al).

#### 2.4.- Remoción de Ácidos Hexenurónicos previos al blanqueo

Con el objetivo de reducir el consumo de reactivos químicos en el blanqueo, se ha desarrollado procesos para remover los ácidos hexenurónicos previos a esta etapa del proceso.

De acuerdo a Vourinen and coworkers (1996), un tratamiento ácido suave puede remover la mayor parte de los ácidos hexenurónicos desde la pulpa kraft.

Los tratamientos ácidos en las pulpas kraft, han sido de interés por varias razones. Un tratamiento ácido antes de de la deslignificación con oxígeno, podría incrementar la blancura de 2-6 puntos (PEROLLE et al, 1969). Un tratamiento ácido después de la deslignificación podría ser usado para realzar el grado de deslignificación sin una excesiva degradación de polisacáridos (MARECHAL, 1993). También, el tratamiento ácido podría ser usado en una secuencia libre de cloro para remover metales de transición y mejorar la eficiencia del peróxido de hidrógeno.

Las plantas modernas de pulpa kraft de eucaliptus blanqueadas normalmente están equipadas con:

1. Una etapa simple (O) o doble (O/O) de deslignificación con oxígeno.
2. Una primera etapa de blanqueo convencional con dióxido de cloro (D) o una etapa de dióxido de cloro a alta temperatura ( $D_{HT}$ ), o una secuencia de tratamiento ácido caliente y dióxido de cloro ( $A_{HT}/D$ ), o una secuencia con ozono y álcali (Z/E), o una secuencia de ozono y dióxido de cloro (Z/D).
3. Una segunda etapa de blanqueo consistente en una extracción oxidativa con peróxido de hidrógeno (EP), una extracción oxidativa con oxígeno y peróxido de hidrógeno (EPO), o una etapa presurizada con peróxido (PO).
4. Una tercera etapa de blanqueo con dióxido de cloro (D), o con dos etapas, sin lavado intermedio ( $D_N/D$ ).
5. Una cuarta etapa de blanqueo con dióxido de cloro (D) o con peróxido de hidrógeno (P).

La cuarta etapa es opcional, para pulpas de eucaliptus, y es requerida solamente cuando la blancura requerida es de más de 92% ISO, normalmente.

## **2.5.- La Deslignificación con Oxígeno**

La delignificación ha sido usada en una o dos etapas. Para el caso de de pulpas de eucaliptus que contienen cantidades importantes de HexAs, la segunda etapa es inefectiva. Una vez que la pulpa ha sido tratada en la primera etapa, la pulpa contiene muy poca lignina remanente, con un número kappa que está conformado principalmente por ácidos hexenurónicos. El oxígeno no reacciona con los ácidos hexenurónicos (COLODETTE et al, 2008). La segunda etapa de oxígeno tiene un pequeño efecto sobre el número kappa remanente, ya que la lignina

remanente es poca y bien distribuida en la pared celular. Sin embargo, la segunda etapa mejora la blancura (COLODETTE et al, 2008). La doble etapa de oxígeno es muy adecuada para pulpas de softwoods, ya que el número kappa después de la primera etapa, es aún alto y conformado en su mayor parte por lignina. Para las pulpas de hardwood, el uso de la segunda etapa de oxígeno es siempre cuestionable y depende significativamente del contenido real de lignina remanente.

El desarrollo de la tecnología de deslignificación con oxígeno para pulpas kraft de eucaliptus se ha centrado en el desarrollo de dos etapas para incrementar el grado de remoción de lignina. Uno de los motivos de esto, es el deseo de incrementar el rendimiento de la pulpa, terminando la cocción a altos número kappa y usando la etapa de oxígeno más selectiva para completar la deslignificación. Esto se muestra en el trabajo de Colodette et al. (1995) en que se muestra la mayor selectividad de la deslignificación con oxígeno respecto de la cocción kraft. Estos efectos también son válidos para las pulpas de softwoods (COLODETTE et al, 2008).

## **2.6.- Eficiencia del Lavado**

Las plantas modernas de pulpa kraft están usualmente equipadas con equipos de lavado, que lavan la pulpa a niveles de DQO tan bajos como 5 kg O<sub>2</sub>/o.d. ton pulpa, antes de la secuencia de blanqueo. Sin embargo, las planta antiguas, que normalmente están con sobrecargas importantes, tienen arrastres de DQO hacia el blanqueo de 20-30 kg O<sub>2</sub>/o.d. ton pulpa. El arrastre de DQO hacia el blanqueo, puede ser muy complicado para las operaciones de esta área. Evaluaciones realizadas en los laboratorios de la Universidade Federal de Viçosa indican un incremento en consumo activo del orden de 0,085% por cada unidad de DQO arrastrada desde la deslignificación con oxígeno (COLODETTE et al, 2008). Por ejemplo, una pulpa bien lavada con un DQO de 5 kg O<sub>2</sub>/o.d. ton pulpa, consume 1,7% menos de cloro activo que una pulpa mal lavada con un DQO de 25 kg O<sub>2</sub>/o.d. ton pulpa.

Otras alternativas de deslignificación, previas al blanqueo, se ha implementado en algunos procesos, por ejemplo el uso de enzimas blanqueantes, como las xilanasas. También se plantea el uso de peróxido ácido catalizado con

sales de molibdeno ( $P_{MO}$ ), como una buena alternativa de reducción del número kappa. Para pulpas de eucalipto con kappa 11, utilizando una etapa  $P_{MO}$  se ha logrado una reducción de 3,2 números kappa, dependiendo de la dosis de Mo (COLODETTE et al, 2008), y se plantea como una buena alternativa de reducción del costo del blanqueo.

## **2.7.- Blanqueo ECF**

El Blanqueo ECF (libre de cloro elemental) es dominante, pero hay diferentes variantes dependiendo del proceso y la materia prima a utilizar. Después de la deslignificación con oxígeno, la secuencia predominante es del tipo D(EPO)DD, (donde D corresponde a una etapa de dióxido de cloro y EPO corresponde a una extracción alcalina con peróxido de hidrógeno) pero hay variaciones, dependiendo del modo en que son aplicados el dióxido de cloro en la primera etapa y el peróxido de hidrógeno en la segunda etapa. Las plantas más modernas incorporan una etapa con ácido caliente y dióxido de cloro en la primera etapa (tecnologías  $D_{HT}$  o  $A_{HT}/D$ ) en lugar de una etapa D convencional de 30 minutos. Solo un mínimo número de plantas, las que en su mayoría están interesadas en reducir los consumos de agua, incorporan el uso de ozono en la primera etapa.

### **2.7.1.- Primera etapa de Blanqueo**

Para las secuencia del tipo ECF, la secuencia más común corresponde a D(EPO)DD. La primera etapa puede ser convencional (30 min, 50-70°C) o mayor temperatura (120 min, 90-95°C) para aumentar la remoción de ácidos hexenurónicos. Cuando se opera a altas temperaturas esto puede ser hecho en dos diferentes formas, como  $D_{HT}$  y como  $A_{HT}/D$ . A pesar que son similares, hay diferencias en su aplicación. La  $D_{HT}$  requiere menor inversión y menor consumo de ácido, los resultados obtenidos con ambas tecnologías ha sido motivo de mucho debate.

Recientes estudios indican que la tecnología  $D_{HT}$  es más efectiva que la  $A_{HT}/D$  en reducción en el consumo de químicos, pérdida de rendimiento, disminución de AOX en los efluentes y estabilidad de la reversión. Las secuencias D(EPO)D y  $D_{HT}$

(EPO)D y  $A_{HT}/D(EPO)D$  se compararon (RAGNAR et al, 2004) y muestran un consumo total de cloro activo (incluyendo el  $H_2O_2$ ) de 4,34%, 3,74% y 4,14% respectivamente. De acuerdo a estos datos, la etapa  $A_{HT}/D$  ahorra 4,6 %, mientras que la etapa  $D_{HT}$  ahorra un 13,8% del total de cloro activo usado en la secuencia.

Se ha discutido que la diferencia en los resultados de ambas tecnologías aplicada a eucaliptus puede encontrarse en el tipo de madera utilizada. De resultados de laboratorio indican (COLODETTE et al, 1995) que el tipo de pulpa de eucaliptus afecta el resultado de la etapa de blanqueo, un hecho muy establecido en la literatura especializada. Sin embargo, la diferencia ocurre a pesar de la tecnología utilizada. La diferencia en el consumo de químicos de blanqueo con  $D_0$ ,  $A_{HT}/D$  y  $D_{HT}$  muestra una tendencia similar para todas las pulpas, un ahorro levemente superior de cloro activo con la tecnología  $D_{HT}$  respecto de la  $A_{HT}/D$  (COLODETTE et al, 1995).

La naturaleza de la lignina es el principal factor que afecta el consumo de químicos en el blanqueo de pulpas kraft de eucaliptus y en menor grado lo es el contenido de ácidos hexenurónicos (COLODETTE et al, 1995). Esto explica porque las etapas a alta temperatura no afectan significativamente el consumo de químicos, particularmente para pulpas con baja blanqueabilidad (COLODETTE et al, 1995). En aquellos casos donde las etapas calientes son más efectivas es muy probable que las ligninas ácido solubles son disueltas desde la pulpa por la hidrólisis ácida caliente. Estudios con pulpas kraft de *Eucalyptus globulus* han mostrado la baja importancia de los ácidos hexenurónicos en el blanqueo ECF (DANIEL et al, 2003).

### **2.7.2.- Segunda Etapa de Blanqueo**

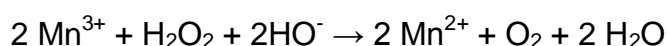
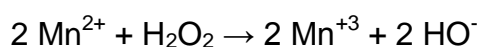
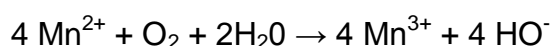
La segunda etapa de blanqueo, en las instalaciones de blanqueo, consiste en una extracción reforzada con oxígeno (EO), con peróxido (EP), o con oxígeno/peróxido a baja presión (EPO) o alta presión (PO). La etapa (EO) es inefectiva en el blanqueo de eucaliptus, pero el uso de etapas (EP) está creciendo significativamente, particularmente para procesos de blanqueo que requieren 0,3-0,5% de  $H_2O_2$ . En cada situación, es posible consumir casi todo el peróxido dosificado en condiciones atmosféricas, y la tecnología (EP) es la más recomendada (COLODETTE et al, 1995). Sin embargo, las plantas de blanqueo que están

limitadas por la capacidad de generación de dióxido de cloro, requieren utilizar altas dosis de peróxido de hidrógeno en la extracción (0,8-1,0%), lo que requiere condiciones de operación más severas para consumir el peróxido. En estos casos, se sugiere sistemas presurizados y la etapa (PO) es preferible (95°C).

Para secuencias de blanqueo que parten con una etapa caliente de dióxido de cloro ( $A_{HT}/D$  o  $D_{HT}$ ) es interesante para la etapa de extracción aprovechar la alta temperatura de la pulpa. Así, la elección de la temperatura en la etapa de extracción no está limitada por el consumo de vapor, sino por la definición de la extracción. De este modo, la temperatura de operación de la extracción debe ser optimizada, tomando en cuenta la dosificación de peróxido y especialmente el contenido de metales de transición existentes en la pulpa. Temperaturas muy altas pueden ser perjudiciales, acelerando la descomposición del peróxido. Cuando la etapa (PO) opera a 90°C el consumo total de químicos de la secuencia incrementa, y no es posible encontrar residual de peróxido, además de una mayor pérdida de rendimiento (COLODETTE et al, 1995).

El uso de oxígeno en la extracción es innecesario para pulpas con dióxido caliente ( $A_{HT}/D$  o  $D_{HT}$ ) en la primera etapa. El oxígeno es un agente deslignificante muy útil cuando se aplica en la etapa de extracción con pulpas softwood. Las pulpas de softwood contienen un número kappa significativo (4-6 unidades), formado mayoritariamente por lignina, al ingresar a la primera etapa de extracción. En contraposición, la pulpa de eucalipto ingresa a la primera extracción con un número kappa muy bajo (1,5-3,0 unidades), conformado mayoritariamente por ácidos hexenurónicos. Ya que el oxígeno no reacciona con los ácidos hexenurónicos, este tiene un rol poco significativo cuando es aplicado a la primera etapa de extracción.

El oxígeno podría afectar el trabajo del peróxido en la etapa de extracción en pulpas que contienen grandes cantidades de manganeso. Wekeza y Ni (WEKESA, 2003) proponen que el oxígeno acelera la descomposición del peróxido a través de un mecanismo redox, del tipo:



El uso de sulfato de magnesio en la etapa (PO) mejora el rendimiento. De acuerdo a Lidén y Öhman (19) se debería esperar que los precipitados de magnesio (hidróxidos, carbonatos) son efectivos agentes contrarrestantes del impacto negativo, sobre la estabilidad de los peróxidos, del manganeso presente en la pulpa a la forma de  $Mn^{2+}$ . El magnesio presente en el precipitado formado bajo condiciones alcalinas del blanqueo con peróxido, es reemplazado isomorfológicamente por  $Mn^{2+}$ .

Para pulpas de softwood la aplicación de peróxido de hidrógeno y/o alta temperatura a la etapa de EPO, puede disminuir el costo de la etapa de blanqueo, ya que favorece la disminución del consumo de dióxido de cloro, en las etapas posteriores. La combinación de alta temperatura de extracción y adición reforzada de peróxido de hidrógeno no son aditivas en su capacidad individual de desplazamiento del dióxido de cloro (BROGDON, Tappi Engineering, Pulping & Environmental Portland Conference), ya que se produce una competencia entre los mecanismos físicos y químicos involucrados en la extracción (BROGDON, Tappi Engineering, Pulping & Environmental Portland Conference). La ventaja económica del uso de adición reforzada de peróxido de hidrógeno o extracción a temperatura elevada ( $>70^{\circ}C$ ) es dependiente de la blancura objetivo, de la secuencia de blanqueo y de los costos de energía de la planta.

## **2.8.- Blanqueo final**

El blanqueo final de pulpas de eucaliptus kraft, puede ser hecho de muchas maneras, por ejemplo: D,  $D_N/D$ , DD,  $D_ND$ , DP y DED. A pesar que dos y tres etapas fueron muy comunes en el pasado, la tendencia actual es una etapa para minimizar los costos de inversión. La D y  $D_N/D$  son una aproximación a una etapa y requieren solo una etapa de lavado. El concepto de una etapa es de bajo costo de inversión a pesar es de baja flexibilidad y alto costo de operación. Alzas del número kappa, en la etapa de cocción pueden complicar el logro de los parámetros de blancura ya que hay pocas posibilidades de contrarrestar esta variación con una secuencia corta. También, las pulpas blanqueadas con una etapa final tienen baja estabilidad en la blancura. Si se considera el concepto de dos etapas finales como DD o DP, esta última ofrece algunas ventajas ya que asegura el logro de la blancura y baja



reversión de la blancura de la pulpa. Además la secuencia DP produce pulpas con mejor refinabilidad y resistencia a la tracción comparado con la secuencia DD (HENRIQUE y CORREIA, 2001). Para mejorar la estabilidad de la blancura se recomienda usar alta temperatura en las etapas D<sub>2</sub> y P, y alta carga y residual de peróxido en la etapa P (COLODETTE et al, 2008).

La Tabla 01 (COLODETTE et al, 2008), muestra una comparación entre varias secuencias en relación al consumo global de químicos, costos relativos de químicos, rendimiento, viscosidad y reversión. Se muestra que el menor costo relativo se tiene para una etapa final D, la etapa final P es de mayor costo ya que además del peróxido de hidrógeno requiere el uso de hidróxido de sodio.

**TABLA 01:** Comparaciones de resultados de diferentes secuencias se blanqueo para Pulpa Kraft de *eucaliptus* \* 90,0 %ISO (14)

	D <sub>HT</sub> (EP)D	D <sub>HT</sub> (EP)D <sub>N</sub> /D	D <sub>HT</sub> (EP)DD	D <sub>HT</sub> (EP)DP
Cloro Act. Tot.(%) **	3.51	3.30	3.10	3.32
Costo Relativo(%)	100	102.5	103.0	103.8
Viscosidad, mPa.s	14.8	15.6	16.0	14.5
Reversión, %ISO	2.0	2.0	1.7	1.4
Pérdida	2.2	2.1	2.2	2.5
Rendimiento,%				

\* Kappa 10.5, HexAs 67.2 mmol/kg, blancura 53.3%ISO, viscosidad 36.8 mPa.s.

\*\* D<sub>HT</sub> = 10% consistencia, 95°C, 120 min, pH 3.0, kappa factor 0.20; (EP): 10% consistencia, 80°C, 120 min, pH 10.5, 0.3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; D<sub>1</sub>: 10% consistencia, 80°C, 120 min, pH 4.5, D<sub>N</sub>/D: 10% consistencia, 80°C, 60→5/60 min, pH 4.0→9.0/4.5; D<sub>2</sub>: 10% consistencia, 80°C, 120 min, pH 4.5, P: 10% consistencia, 80°C, 120 min, pH 4.5, 0.2% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

## 2.9.- Cloro ligado Orgánicamente

El contenido de cloro en la pulpa es un tema de preocupación para la pulpa ECF. A pesar que un contenido límite de OX en la pulpa no ha sido definido claramente por el mercado, hay algunos clientes especiales que solicitan pulpas con bajo contenido de OX. Entre estos se menciona a los clientes que requieren pulpas ECF light, la que debieran tener menos de 30 mg Cl/kg pulpa, comparándola con la pulpa ECF estándar que contiene entre 120 y 200 mg Cl/kg pulpa. A pesar que

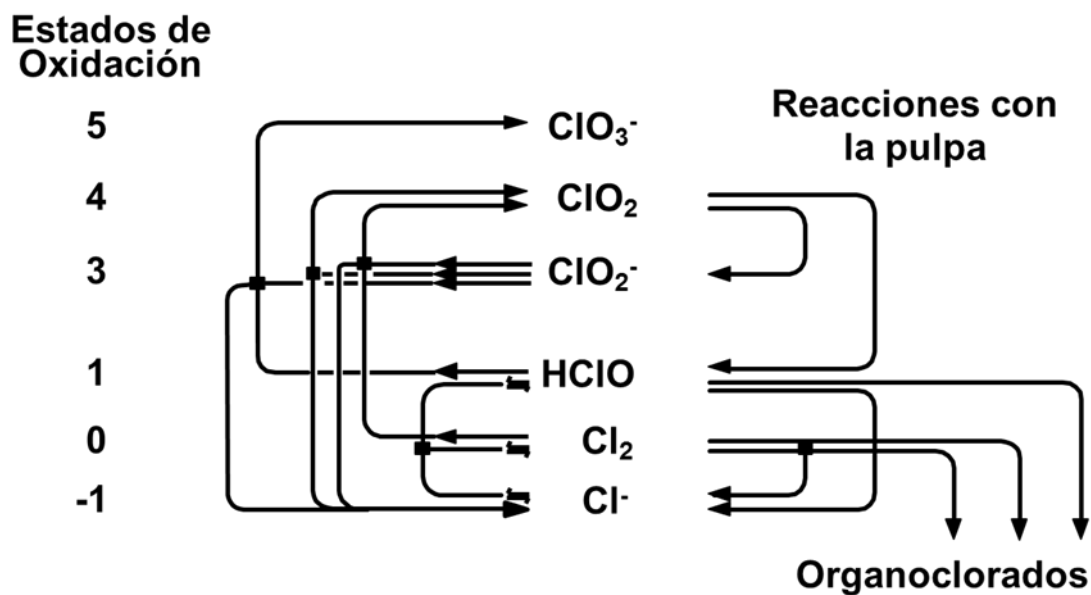
normalmente no se paga un precio especial por pulpas de bajo contenido de OX, este será un tema de solicitud en el futuro.

Hay varias formas de minimizar el contenido de OX en las pulpas blanqueadas, que incluyen la minimización del uso del dióxido de cloro por una sustitución parcial con peróxido de hidrógeno, o extracciones alcalinas fuertes después de las etapas de dióxido de cloro con un buen lavado entre etapas. El contenido de cloro ligado orgánicamente medido en los filtrados (AOX) o en la pulpa (OX) es afectado no solamente por cloro activo utilizado en el blanqueo, sino también por el tipo de proceso y el tipo de pulpa.

Las plantas actualmente están bajo una mayor presión por parte de las autoridades y de la ciudadanía, para reducir la emisión de compuestos organoclorados y coloreados al medio receptor. Ya que todo compuesto basado en Cl genera AOX, existe una tendencia a la reducción del uso de compuestos derivados de Cl, y en su reemplazo se ha para lograr la deslignificación y el blanqueamiento de la pulpa, se propone utilizar compuestos basados en oxígeno, como oxígeno, peróxido de hidrógeno, ozono o perácidos. Desde el punto de vista práctico y económico, la elección preferida es el peróxido de hidrógeno alcalino.

## **2.10 Principales reacciones en las etapas de dióxido de cloro**

El esquema general de reacciones del dióxido de cloro en el blanqueo se puede resumir en la Figura 8.



**FIGURA 8:** Esquema de reacciones del dióxido de cloro. (REEVE, 1996)

Los principales problemas en la etapa de dióxido de cloro se pueden resumir en los siguientes puntos (VUORINEN, 2009):

- La formación de clorato consume parte de los químicos, teóricamente la máxima conversión de clorato en dióxido de cloro es de 25%.
- El ácido hipocloroso mayormente degrada lignina aromática, la reacción no promueve degradación ni disolución de lignina.
- A alto pH el cloruro permanece sin reaccionar y de esta forma no se utiliza el poder oxidante total del dióxido de cloro.
- Los ácidos hexenurónicos consumen tres equivalentes de  $\text{HOCl}$ ; dos equivalentes son consumidos en reacciones nucleofílicas secundarias.

### 2.10.1 Reacciones primarias del dióxido de cloro

El dióxido de cloro oxida compuestos de lignina a través de una serie de reacciones. Varias de estas regeneran especies intermedias de nuevo a dióxido de cloro, aumentando así el poder de oxidación de dióxido de cloro en el blanqueo. Empezando con los primeros trabajos en los escenarios de dióxido de cloro en la

década de 1950, los investigadores han avanzado nuestra base comprensión de estas reacciones intermedias (RAPSON, 1979). El dióxido de cloro reacciona con los iones hidroxilo en agua para formar iones de clorito y clorato de acuerdo con la ecuación siguiente:

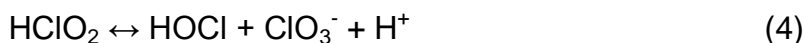


Reacción (1) va más rápido a medida que aumenta el pH, pero es relativamente lento en comparación con las reacciones del dióxido de cloro con la pulpa. A un pH de 4, la reacción (1) es tan lenta, que después de 3 horas, menos de 10% del dióxido de cloro se descompone. A pH 7, el 90% del dióxido de cloro se convierte en iones de clorato y clorito en condiciones de reacción similares de tiempo y temperatura. En presencia de la pulpa, el equivalente oxidante a disposición por la reducción del dióxido de cloro a ácido cloroso es consumido por la pasta en lugar de oxidar otro mol de dióxido de cloro para formar iones clorato.

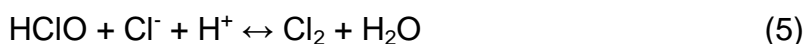
Así, con la pulpa presente, la reacción dominante es la ecuación (2).



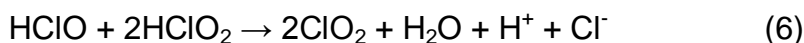
A medida que el pH de la pulpa se eleva por encima de 7, la reacción (2) se convierte en reacción muy fuerte atacando tanto a la lignina y la celulosa perjudicando así la resistencia de la pulpa. Ácido cloroso en una solución acuosa con rapidez establece equilibrio con sus productos de disociación, iones de hidrógeno y de iones de clorito como se muestra en la ecuación (3). La posición relativa de este equilibrio es altamente dependiente del pH. A mayor pH, disminuye la concentración de ácido cloroso. Ácido cloroso también reacciona con sí mismo para formar iones de clorato, ácido hipocloroso y el ion de hidrógeno según la ecuación 4.



Ácido cloroso tiende a ser excepcionalmente reactivo frente a la oxidación de la lignina fenólica, produciendo ácido hipocloroso como un producto de reducción. En presencia de iones cloruro, el ácido hipocloroso también estableció un equilibrio dependiente del pH con cloro de acuerdo a la ecuación 5. Iones de cloruro tienden a suprimir la formación de iones de clorato.



Si no hay iones cloruro presente en el medio de reacción inmediata, el ácido hipocloroso reacciona con el ácido cloroso para regenerar el dióxido de cloro y ácido clorhídrico según la ecuación (6).



Los investigadores han determinado que los grupos no fenólicos de lignina oxidada a pH alto solo forma iones de clorito y no ácido hipocloroso. Por lo tanto a pH alto y una gran cantidad de lignina no fenólica puede haber un exceso de clorito en relación con el ácido hipocloroso (Svenson, 1991). Los iones de clorito no reacciona con la lignina. El ácido hipocloroso regenera dióxido de cloro a través de la reacción (6) que reacciona con lignina a través de la reacción (2) y forma más ácido cloroso.

Además, a un pH muy bajo, el ácido hipocloroso puede participar en reacciones de sustitución con la lignina que conduce a la formación de compuestos orgánicos clorados (AOX). Eventualmente, el dióxido de cloro se convierte en clorato, clorito o iones cloruro. La concentración final de iones de clorito o clorato se ha encontrado ser extremadamente dependiente del pH.

La observación cuidadosa de las reacciones mencionadas anteriormente sugiere que la mayoría de la pérdida de potencia oxidante del dióxido de cloro ocurre en las reacciones que producen iones clorato, una especie inactiva en el blanqueo de la celulosa. El resultado de esta relación entre las reacciones intermedias y el pH es una regla bien establecida que la mejor eficiencia de blanqueo con dióxido de cloro está en el pH que reduce al mínimo la concentración final de clorato y clorito.

### **2.10.2 Óptimo pH para la secuencia D(EPO)**

#### **El pH óptimo para la Deslignificación**

Al determinar las condiciones óptimas de funcionamiento para la etapa D, es importante comparar los resultados después de la finalización de la D y E siguientes etapa EPO. Gran parte del trabajo de deslignificación logrado en la etapa D no se realiza hasta que la etapa de extracción cáustica posteriores solubilice la lignina fragmentos y elimina una parte importante de la lignina. Por lo tanto, una evaluación del impacto del pH en la etapa D requiere que cada condición de la etapa D sea seguido de la respectiva evaluación de la etapa de extracción. Muchos investigadores informan que la eficiencia de deslignificación en la etapa D se alcanza con pH final entre 3 y 4 (WARTIOVARA, 1982), mientras que otros trabajos recomienda un pH tan bajo como 2 (RAPSON, 1978). Algunos trabajos sugieren que para deslignificación, un pH de alrededor de 3 sería suficiente, pero es conveniente para operar a un pH más bajo para mitigar los impacto de los elementos no-proceso en etapas posteriores de blanqueo (RUDIE, 2005). Luego es claro que el pH a seleccionar en la primera etapa D dependerá de la estrategia que se defina.

Pruebas con maderas de hardwood y softwood indican que el pH óptimo es alrededor de 3, desde el punto de vista de la deslignificación no hay razones para trabajar con un pH inferior, si las hay desde el punto de vista de la eliminación de metales contenidos en la pulpa (HART, 2005).

La literatura reporta disminuciones significativas del consumo de dióxido de cloro en pruebas industriales con softwood cuando se trabaja en el ajuste de pH (HART, 2005).

### **2.10.3 Optimización Etapa (EPO)**

La optimización de la etapa (EPO), también debe contarse entre las medidas a considerar para la optimización del consumo de reactivos. Para pulpas de hardwood se reportan experiencias industriales en Norteamérica, donde mediante trabajo de la etapa (EPO) a 100°C y regulación de metales fue posible lograr reducciones del

Factor Kappa, entendido el Factor Kappa como el cloro activo dividido por el número Kappa de la etapa correspondiente, de 0,24 – 0,22 hasta valores de 0,17, dependiendo de las condiciones obtenidas (BROGDON Y BELL, 2004).

Otras pruebas industriales reportan que con optimizaciones de la etapa (EPO) es posible reducir el factor kappa en 0,05 unidades, y el consumo de dióxido de cloro puede ser reducido entre 8 a 10% (BROGDON Y BELL, 2004).

La optimización de la etapa EPO también puede ser lograda por el incremento de la temperatura de la etapa en sí, en la literatura se puede encontrar ejemplos como lo indica HEIMBURGER et al (2002), donde se indica que mejoras son posible lograr incrementando la temperatura de la etapa EPO, sin embargo se presentan dos observaciones, la mejora en eficiencia de la etapa tiene una variación decreciente sobre los 76°C y que a pesar que los datos de laboratorio indicaban una mejora por este concepto, esta no se validó en la experiencia industrial (HEIMBURGER et al, 2002), una posible explicación que cita el autor es el mejor lavado en la prueba de laboratorio.

### 3.- MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1.- Experimental

Pulpas Kraft pre deslignificadas procedentes de Planta Valdivia (Celulosa Arauco y Constitución S.A.) fueron sometidas a ensayos de blanqueo en el Laboratorio de Celulose e Papel la Universidade Federal de Viçosa, con el objetivo de determinar el potencial de disminución de consumo de reactivos químicos a nivel de laboratorio.

Posteriormente, a modo de validar los resultados de laboratorio, se diseño y llevó a cabo una prueba a nivel industrial en la Planta Valdivia durante los meses de Noviembre y Diciembre de 2009, cuyos resultados también son analizados en este reporte.

#### 3.2.- Materiales

Se utilizaron dos muestras de pulpa kraft pre deslignificadas con oxígeno de *eucaliptus* y pino, cuyas características se muestran en la Tabla 02

**TABLA 02:** Características de las pulpas kraft deslignificadas de *Eucalyptus globulus/ Eucalyptus nitens* y *Pinus radiata* provenientes de Planta Valdivia.

Característica	<i>E. globulus/ E. Nitens</i> (70/30%)	<i>Pinus radiata</i>
Número kappa	9,1	10,1
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	988	898
Blancura, % ISO	57,5	42,2
HexAc, mmol/kg	56,8	28,9
DQO, kg O <sub>2</sub> /ADt	9,1	3,0
Ca	534	751
Mg	90,5	280
Fe	12,6	9,7
Mn	7,3	18,6
Cu	5,4	1,9



### 3.3.- Métodos

#### 3.3.1.-Condiciones de blanqueo

El blanqueo de las pulpas se realizó usando la misma secuencia de Planta Valdivia D(EPO)DD. En las tablas 03 y 04 se puede observar las condiciones en que se realizaron las diferentes secuencias de blanqueo.

**TABLA 03:** Condiciones utilizadas en el estudio de blanqueo de las pulpas de *Pinus radiata* de Planta Valdivia.

Condiciones	D <sub>0</sub>	(EPO)	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5
Temperatura, °C	57	77/85	76	76
Tiempo, min	56	110	147	150
Presión, kPa	-	499	-	-
pH final	2,8	10,5	4,0	4,0
Factor Kappa	0,16/0,20	-	-	-
NaOH, kg/ADt		12,4		
O <sub>2</sub> , kg/ADt		4,7		
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/ADt	-	0,5/1,75/3,0	-	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/ADt		-		
ClO <sub>2</sub> , kg/ADt	7,7	-	1,5/3,5/5,0/7,5	2,0

Nota 1: Las dosificaciones de dióxido de cloro están expresadas como dióxido de cloro.

Nota 2: Todas las dosificaciones de reactivos están expresadas en base al peso de la pulpa seca al aire ( ADt)

**TABLA 04:** Condiciones utilizadas en el estudio de blanqueo de las pulpas de *Eucalyptus globulus*(70%) y *Eucalyptus nitens*(30%) de Planta Valdivia.

Condiciones	D0	(EPO)	D1	D2
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5
Temperatura, °C	56	76/85	74	75
Tiempo, min	90	130	170	170
Presión, kPa	-	477	-	-
pH final	2,8/4,0	10,2	4,0/4,5/5,5	4,0/5,0
Factor Kappa	0,10/0,12/0,15/0,21	-	-	-
NaOH, kg/ADt		13,2		
O <sub>2</sub> , kg/ADt	-	0,0/3,3	-	-
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/ADt	-	0,5/3,0	-	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/ADt		-		
ClO <sub>2</sub> , kg/ADt	7,3	-	6,4/8,4/10,4	1,6

Nota 1: Las dosificaciones de dióxido de cloro están expresadas como dióxido de cloro.

Nota 2: Todas las dosificaciones de reactivos están expresadas en base al peso de la pulpa seca al aire ( ADt)

### 3.3.2.- Deslignificación con dióxido de cloro – D<sub>0</sub>

Una deslignificación con dióxido de cloro se efectuó en sacos de polietileno con muestras de 300 g de pulpa seca, en las condiciones presentada en las Tablas 03 y 04 respectivamente. El filtrado conteniendo ClO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> fue adicionado a la pulpa a temperatura ambiente. El requerimiento de ácido sulfúrico para controlar el pH fue determinado en un estudio previo, con mini muestras de pulpa. Después de mezclado manual, en bolsas de polietileno, el material fue calentado en un microondas a la temperatura deseada y luego puesta en baño de vapor para el control de temperatura, y mantenido en estas condiciones por el tiempo pre establecido. Terminada la reacción, se extrajeron muestras de filtrado residual para análisis de pH, residual de dióxido de cloro y TOC, la pulpa fue lavada con agua destilada equivalente a 9 m<sup>3</sup> de agua destilada por tonelada de pulpa. Todas las etapas de deslignificación con dióxido fueron realizadas en duplicado.

### **3.3.3.- Extracción alcalina con oxígeno y peróxido presurizado (EPO)**

Esta etapa fue efectuada en un reactor mezclador Quantum Mark V (reactor de teflón) con muestras de 290 gramos de pulpa seca en las condiciones presentadas en las Tablas 03 y 04 respectivamente. La pulpa fue depositada en el reactor a la consistencia adecuada y calentada a la temperatura deseada. Alcanzada la temperatura, y manteniendo una agitación constante, se adicionaron las cargas pre establecidas de NaOH y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (en este orden), elevando la presión de reacción con oxígeno al valor deseado. Terminado el tiempo total de reacción, el sistema fue despresurizado y luego fueron extraídas las muestras de filtrado residuales, para análisis de pH, peróxido residual y TOC. La pulpa fue lavada con agua destilada equivalente a 9 m<sup>3</sup> de agua destilada por tonelada de pulpa. Estas las etapas de fueron realizadas en duplicado.

### **3.3.4.- Blanqueo con dióxido de cloro – D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub>**

El blanqueo con dióxido de cloro fue efectuado en sacos de polietileno con muestras de 250 g (etapa D<sub>1</sub>) y 230 g (etapa D<sub>2</sub>) de pulpa absolutamente seca. El filtrado conteniendo ClO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaOH o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> fue adicionado a la pulpa a la temperatura ambiente. El requerimiento de ácido sulfúrico o NaOH para control de pH fue determinado en un estudio previo, con mini muestras de pulpa. Después se mezcló en sacos de polietileno, el material fue calentado en un horno de micro ondas a la temperatura deseada y transferido a un baño de vapor con control de temperatura, donde se mantuvo por el tiempo pre establecido. Terminada la reacción, se extrajeron las muestras de filtrado residual para análisis de pH, contenido residual de dióxido de cloro y TOC, además la pulpa fue lavada con un equivalente a 9 m<sup>3</sup> de agua destilada por tonelada de pulpa. Todas las etapas de blanqueo con dióxido fueron realizadas en duplicado.

### **3.4.- Procedimientos Analíticos**

Los análisis de pulpa, de los licores residuales y de los filtrados del blanqueo fueron efectuados siguiendo los procedimientos analíticos de TAPPI, CPPA y SCAN,

conforma a lo descrito en la Tabla 05. Todos los análisis fueron efectuados en duplicado.

**TABLA 05: Procedimientos Analíticos**

Número kappa	TAPPI um 245
Viscosidad	TAPPI T230 om 82
Blancura	TAPPI T525 om 86
Reversión de Blancura	TAPPI UM200 4h, 105°C, 0% UR, después acondicionamiento de las hojas por 4 h en sala climatizada.
Titulaciones de soluciones y residuales	Referencia (23)
Preparación de pulpas para análisis de metales	CPPA G30
Análisis de metales	Espectrofotometría de absorción atómica – Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 2000
Ácidos hexenurónicos	Referencia (24)
TOC de los efluentes	Lectura directa en equipo, detección por infrarojo- Standard Method for the examination of Water and Westewater 2000
Color del efluente	CPPA H1
DQO de efluentes	CPPA H3
AOX de efluentes	Scan W9;89
OX de la pulpa	PTS – RH:012/90
Refinamiento propiedades de la pulpa	T 220 sp-96

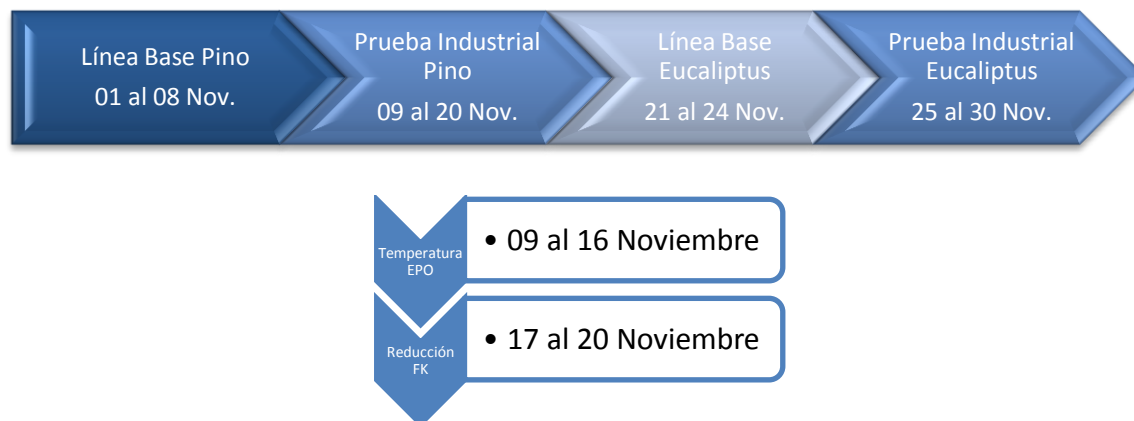
*Nota 1: Las dosificaciones de dióxido de cloro están expresadas como dióxido de cloro.*

*Nota 2: Todas las dosificaciones de reactivos están expresadas en base al peso de la pulpa seca al aire ( ADt)*

### 3.5 Prueba Industrial

En base a los resultados obtenidos en las pruebas del Laboratorio de Celulosa y Papel de la Universidade Federal de Viçosa, se definió verificar la extrapolación a las condiciones industriales. Para esto se definió la secuencia de pruebas industriales, como se muestra en la Tabla 6.

**TABLA 06:** Resumen de secuencia de las pruebas industriales realizadas en Planta Valdivia.



Las pruebas se llevaron a cabo durante los meses de Noviembre y Diciembre del 2009, en las fechas indicadas en la Tabla 07.

**TABLA 07:** Campañas de producción durante la prueba industrial.

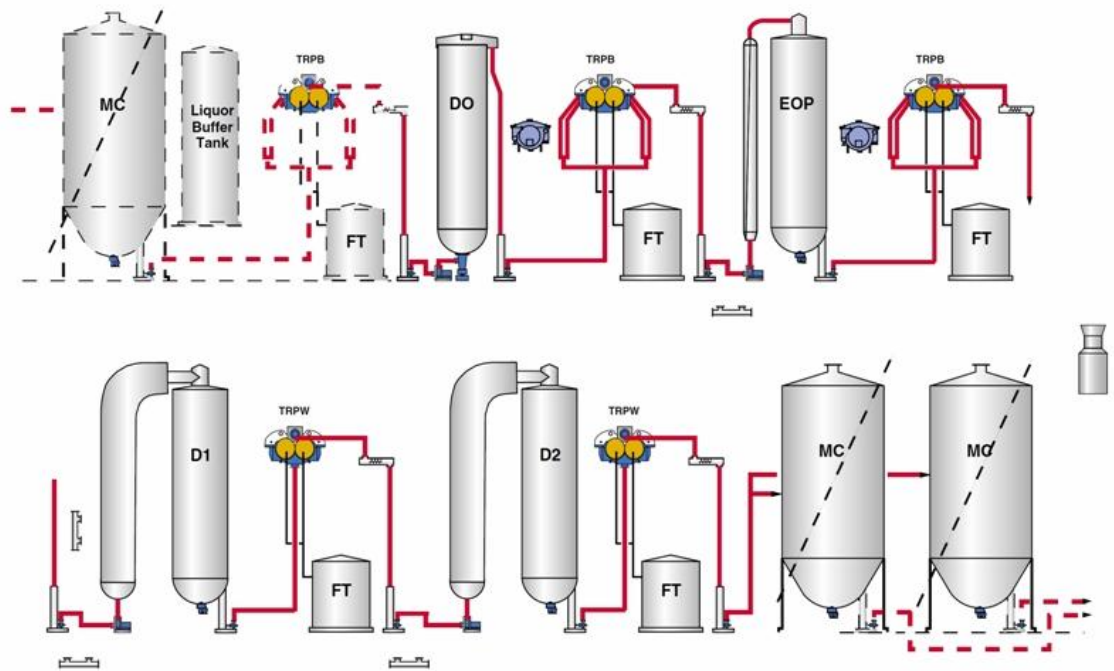
Campañas de Pino		Campañas de Eucaliptus	
Inicio	Término	Inicio	Término
01/11/2009	20/11/2009	21/11/2009	30/11/2009
01/12/2009	31/12/2009		

Para determinar el valor de referencia de consumo de dióxido de cloro en la secuencia de blanqueo de Planta Valdivia, se consideraron las campañas desde Febrero de 2009 a Octubre de 2009. No se consideró el mes de Enero 2009, debido a que las condiciones de operación no correspondían con las condiciones normales de operación de la Planta.

Los valores de proceso se obtuvieron desde el sistema de almacenamiento y análisis de información de la Planta IP21. Los valores de proceso de las campañas antes mencionadas se adjuntan en los anexos C y D.

### 3.6 Descripción secuencia de blanqueo Planta Valdivia.

La secuencia de Planta Valdivia consta de cuatro etapas de blanqueo, con una secuencia del tipo D(EPO)DD, como se indica en la siguiente Figura 9.



**FIGURA 9:** Diagrama secuencia de blanqueo Planta Valdivia.

### 3.7 Condiciones de Blanqueo de referencia para la prueba industrial

En base a los datos de producción, se pueden establecer las condiciones de referencia para utilizar como comparación para evaluar el resultado de las pruebas industriales.

**TABLA 08:** Resumen condiciones a utilizar como referencia para comparación en pulpas blanqueadas de pino para Factor Kappa 0,20.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Producción Blanqueo	ADt/d	1710
Kappa Digestores		26,1
Kappa Salida Deslignificación		10,0
DQO entrada Blanqueo	kg/ADt	6,9
<b>Etapa D0 ( 40 minutos)</b>		
Carga ClO <sub>2</sub>	kg/ADt	9,2
pH Filtrado D0		2,7
Carga de Ácido (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	kg/ADt	2,8
Residual ClO <sub>2</sub> (Filtrado D <sub>0</sub> )	ppm	1,2
Blancura Salida	% ISO	58,8
<b>Etapa EOP (112 minutos)</b>		
pH		10,6
Carga NaOH	kg/ADt	1,5
Temperatura	°C	79,4
Blancura Salida	% ISO	73,6
<b>Etapa D1 (137 minutos)</b>		
Carga ClO <sub>2</sub>	kg/ADt	6,0
pH Filtrado D1		3,9
Blancura Salida	% ISO	87,7
Residual Filtrado D1	ppm	52,8
Carga de Soda	kg/ADt	1,5
<b>Etapa D2 (141 minutos)</b>		
Carga ClO <sub>2</sub>	kg/ADt	2,3
pH Filtrado D2		3,92
Blancura Salida	% ISO	89,7
Residual Filtrado D2	ppm	49
Carga de Soda	kg/ADt	1,86
Blancura en Máquina	% ISO	90,4
Carga Total de ClO <sub>2</sub>	kg/ADt	17,5

**TABLA 09:** Resumen condiciones a utilizar como referencia para comparación en pulpas blanqueadas de Eucaliptus para Factor Kappa 0,18.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Producción Blanqueo	ADt/d	1894
Kappa Digestores		16,9
Kappa Salida Designificación		9,2
DQO entrada Blanqueo	kg/ADt	7,95
<b>Etapa D0</b>		
Carga ClO <sub>2</sub>	kg/ADt	6,6
pH Filtrado D0		2,9
Carga de Ácido (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	kg/ADt	7,2
Residual Filtrado D0	ppm	3,99
Blancura Salida	% ISO	73,7
<b>Etapa EOP</b>		
pH		10,4
Carga NaOH	kg/ADt	12,0
Temperatura	°C	78,3
Blancura Salida	% ISO	82,3
<b>Etapa D1</b>		
Carga ClO <sub>2</sub>	kg/ADt	5,2
pH Filtrado D1		3,8
Blancura Salida	% ISO	89,1
Residual ClO <sub>2</sub> (Filtrado D1)	ppm	0,2
Carga NaOH	kg/ADt	0,2
<b>Etapa D2</b>		
Carga ClO <sub>2</sub>	kg/ADt	1,9
pH Filtrado D2		3,92
Blancura Salida	% ISO	89,7
Residual ClO <sub>2</sub> (Filtrado D2)	ppm	0,5
Carga NaOH	kg/ADt	0,94
Blancura en Máquina	% ISO	90,5
Carga Total de ClO <sub>2</sub>	kg/ADt	13,7



### **3.8 Prueba Industrial para Eucaliptus**

La estrategia del test industrial se realizó de acuerdo a lo siguiente:

Fase 1 – Reducción de Factor Kappa en D<sub>0</sub>

#### **3.8.1 Procedimiento para reducción factor Kappa de 0,18 hasta target 0,11 y aumento de pH en primera etapa D**

El factor Kappa se redujo cada 0,2 unidades, es decir de 0,17 a 0,15, luego de 0,15 a 0,13 y 0,13 a 0,11.

Cada 0,2 unidades de factor kappa significan aprox. 2 kg como Cl<sub>2</sub> activo ( $2/2,63= 0,76$  kg como ClO<sub>2</sub>) y para asegurar la blancura *prime* se incrementó la dosificación de ClO<sub>2</sub> en etapa D<sub>1</sub> en 1 kg como Cl<sub>2</sub> activo ( $1/2,63= 0,4$  kg como ClO<sub>2</sub>) hasta llegar a estabilidad.

Una vez ajustada etapa 1 se inició la reducción paulatina de dosificación con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en D<sub>0</sub> hasta llegar a pH 4,0.

Una vez estabilizadas las etapas 1 y 2, además de la blancura a la salida de D<sub>1</sub>, se comienza la reducción de ClO<sub>2</sub> para ajustar pH final de 4,0.

#### **3.8.2 Procedimiento para incremento de temperatura en etapa EPO**

Incremento de temperatura desde los 76 hasta los 85°C, controlando el efecto sobre respuestas de etapa EPO en especial minikappa y blancura final. Una vez observada ganancia de blancura en etapa EOP que repercute en mayores blancuras de etapas D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub> para la actual carga de ClO<sub>2</sub>, éstas son ajustadas para el target de blancura en producto final (>90%ISO) buscando ahorro químico. Esta etapa se planificó pero en definitiva no se realizó ya que los resultados de laboratorio no lo aconsejaron.

#### **3.8.3 Generación de línea base Prueba con Eucaliptus**

Para la obtención de línea base se consideraron requisitos durante la campaña de eucalipto y se toman datos durante 05 días cumpliendo con los

requisitos (consecutivos o no), en este test se tomaron los datos entre el 21 y 24 de noviembre de 2009, conforme a Tabla 10.

**TABLA 10:** Campaña de eucalipto

<b>Producción</b>	Estable sobre de 1.650 ADt/día en prensa 5
<b>Kappa en cocción</b>	15 ± 1
<b>Producción en Digestor</b>	sobre 36 cocciones/día
<b>Kappa en O<sub>2</sub></b>	10 ± 1
<b>Arrastre (DQO)</b>	≤8 Kg/ADt prensa 5
<b>Blancura en M. Secado</b>	Sobre (ISO%> 89)

La prueba de verificación industrial se llevó a cabo desde el 25/11/2009 al 30/11/2009.

### 3.9 Prueba Industrial para Pino

La estrategia del test industrial se realiza a través de dos fases y en el siguiente orden:

Fase 1 – Aumento de temperatura en EPO

Fase 2 – Reducción de Factor Kappa en primera etapa D

#### 3.9.1 Procedimiento para incremento de temperatura en etapa EPO

Incremento de temperatura desde los 77 hasta los 85°C, controlando el efecto sobre respuestas de etapa EPO en especial minikappa y blancura final. Una vez observada ganancia de blancura en etapa EPO que repercute en mayores blancuras de etapas D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub> para la actual carga de ClO<sub>2</sub>, éstas son ajustadas para el target de blancura en máquina (>90%ISO) buscando ahorro químico.

### 3.9.2 Procedimiento para reducción factor Kappa de 0,20 hasta target 0,16

Una vez ajustada la etapa 3.1 se inicia la reducción paulatina de dosificación con  $H_2SO_4$  en  $D_0$  hasta llegar a pH 4,0.

El factor Kappa se redujó cada 0,2 unidades, es decir de 0,20 a 0,18, luego de 0,18 a 0,16.

Cada 0,2 unidades de factor kappa significan 2 kg como  $Cl_2$  activo ( $2/2,63=0,76$  kg como  $ClO_2$ ) y para asegurar la blancura *prime* se incrementa la dosificación de  $ClO_2$  en etapa  $D_1$  en 1 kg como  $Cl_2$  activo ( $1/2,63=0,4$  kg como  $ClO_2$ ) hasta llegar a estabilidad.

### 3.9.3 Generación de línea base para Prueba Pino

Para la obtención de línea base se consideraron seis requisitos durante la campaña de pino y se toman datos durante 05 días cumpliendo con los requisitos (consecutivos o no), en este test se tomaron los datos entre el 01 y 08 de noviembre de 2009, conforme a TABLA 11.

**TABLA 11:** Campañas de pino

<b>Producción:</b>	Estable sobre de 1.650 ADt/día en prensa 5
<b>Kappa en cocción:</b>	$28 \pm 3$
<b>Producción en Digestor:</b>	sobre 50 cocciones/día
<b>Kappa en <math>O_2</math>:</b>	$10 \pm 1$
<b>Arrastre (DQO)</b>	$\leq 8$ kg/ADt prensa 5
<b>Blancura en M. Secado:</b>	Sobre (ISO%> 89)

Las pruebas de validación industrial se llevo a cabo entre el 09/11/2009 al 20/11/1009.

### 3.5 Análisis Estadístico

El análisis estadístico de las pruebas de blanqueo se utilizó el análisis de varianza usando un nivel de significancia de 1%, para lo cual se definieron las siguientes hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i$  ( igualdad de las medias de los tratamientos)

$H_a$ : No todas las  $\mu_i$  son iguales

Para testear  $H_0$  se utilizó el estadístico t, Así, se rechaza la  $H_0$  con un nivel de significancia  $\alpha$  (1%) si:

$t_{obs} \geq t_{TAB}$ , donde  $t_{TAB}$  es un valor tabulado y corresponde al cuartil de orden  $(1-\alpha)$  de la distribución t de Student con n grados de libertad.

## **4.0- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

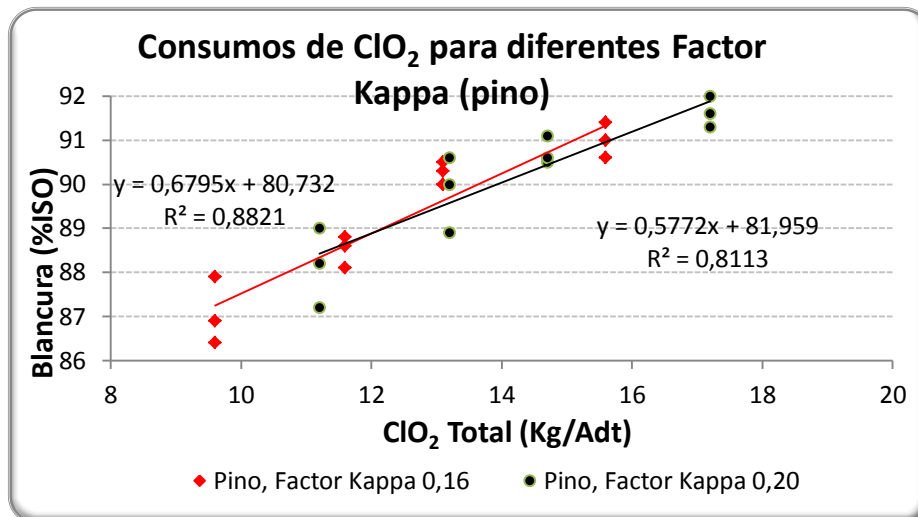
### **4.1.- Blanqueo de pulpas (laboratorio)**

Se debe considerar que las pulpas de pino utilizadas tenían un contenido de DQO de 3 kg O<sub>2</sub> /ADt, producto que fueron lavadas en el laboratorio. Por lo cual, para hacerlas equivalentes a las pulpas de la planta, el Laboratorio de Celulose e Papel de la Universidade Federal de Viçosa realizó pruebas para determinar cuál era el consumo equivalente de ClO<sub>2</sub> para un DQO de 7 kg O<sub>2</sub> /ADt, que es el valor de referencia del lavado industrial. El valor determinado correspondió a 2,38 kg ClO<sub>2</sub>/ADt (este valor debe adicionarse al consumo esperado de ClO<sub>2</sub> para hacerlo equivalente al valor esperado en la operación de la planta).

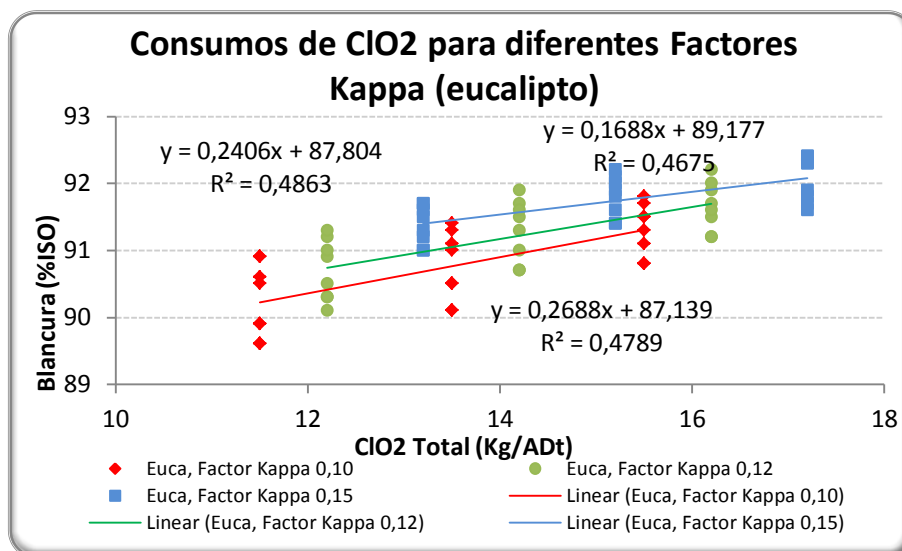
#### **4.1.1 Efecto del factor Kappa**

En las Figuras 10 a 14 se puede observar el efecto de diferentes dosificaciones de dióxido de cloro sobre la blancura y la viscosidad de las pulpas, para diferentes factores kappa. Para pulpas de pino se consideró factores kappa de 0,16 y 0,20, y 0,10, 0,12 y 0,15 para eucaliptus.

Al observar los resultados presentados en las Figuras 10 y 11, se verifica que es posible utilizar un factor kappa 0,16 en pulpas de pino y factor kappa 0,10 a 0,12 para pulpas de eucaliptus y alcanzar blancuras de 90 %ISO. Cabe mencionar que estos factores kappa son inferiores a los industrialmente utilizados en Planta Valdivia, es que son de 0,20 para pulpas de pino y 0,18 para pulpas de eucaliptus. El resultado concreto de esta observación se traduce en un potencial menor consumo de dióxido de cloro en la secuencia de blanqueo industrial.



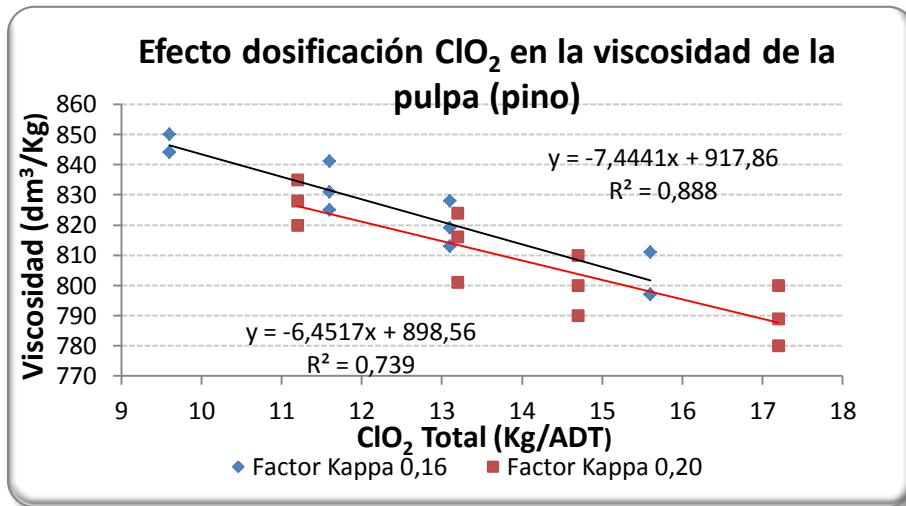
**FIGURA 10:** Efecto de la dosificación de ClO<sub>2</sub> para diferentes factores kappa sobre la blancura de pulpas de pino.



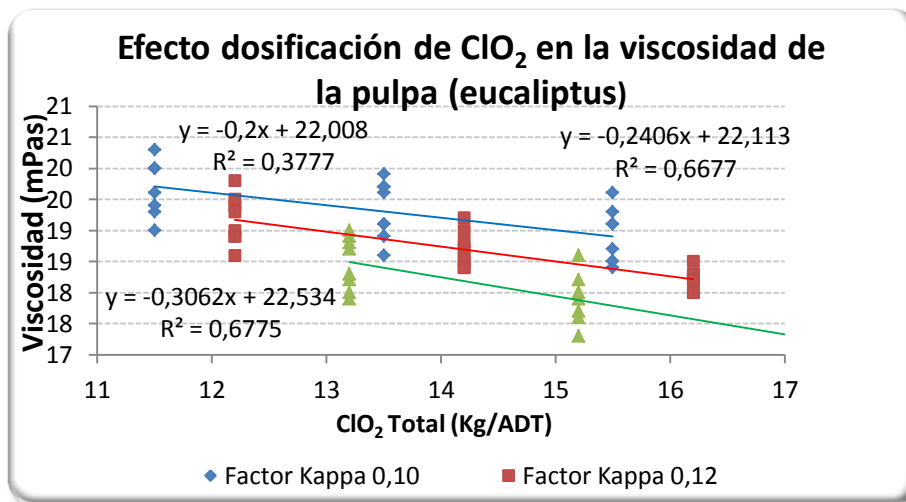
**FIGURA 11:** Efecto de la dosificación de ClO<sub>2</sub>, para diferentes factores kappa sobre la blancura de pulpas de eucaliptus.

Las figuras 12 y 13 muestran el efecto de la dosificación de ClO<sub>2</sub> para diferentes factores kappa sobre la viscosidad de las pulpas de pino y eucaliptus respectivamente. Se puede observar que tanto para pulpas de Pino como de Eucaliptus se produce una disminución de la viscosidad con el incremento de la dosificación de ClO<sub>2</sub> y también con el aumento del factor kappa. Este efecto está ampliamente documentado en la bibliografía (VUORINEN), debido a la mayor formación de ácido hipocloroso cuando las concentraciones de dióxido de cloro son

mayores y al ataque de ácido hipocloroso en los carbohidratos de las pulpas. Por lo cual una disminución de la dosificación de dióxido de cloro redundará en una mayor viscosidad en las pulpas.



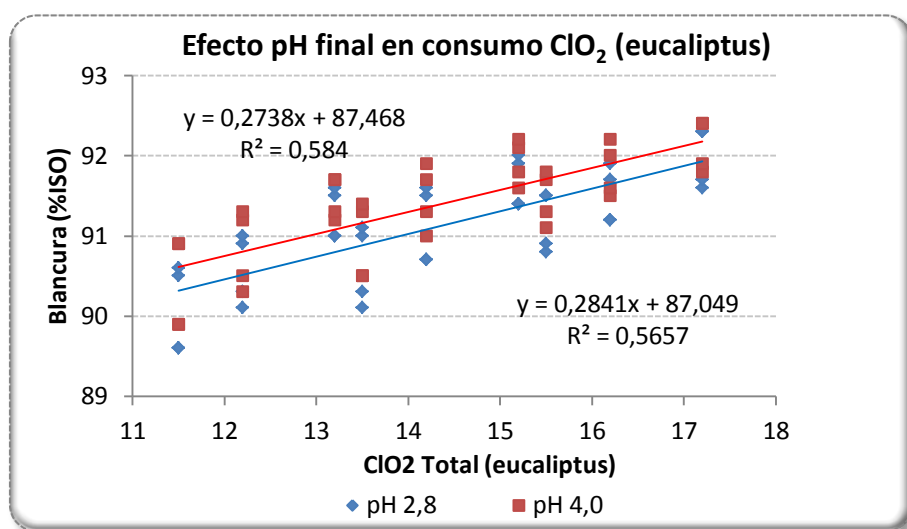
**FIGURA 12:** Efecto de la dosificación de ClO<sub>2</sub>, para diferentes factores kappa sobre la blancura de pulpas de pino.



**FIGURA 13:** Efecto de la dosificación de ClO<sub>2</sub>, para diferentes factores kappa sobre la blancura de pulpas de *eucaliptus*.

#### 4.1.2 Efecto del pH en la etapa D<sub>0</sub>

El estudio también analizó el efecto del pH de la primera etapa D<sub>0</sub> sobre el consumo de ClO<sub>2</sub> y la blancura. De la figura 14 se puede observar que el uso de pH 4,0 en dicha etapa presenta mejores resultados que utilizar pH 2,8. Esto representa un punto de mejora en la realidad industrial que deberá validarse en la experiencia industrial. Este comportamiento puede explicarse por el mejor aprovechamiento de los reactivos y la menor generación de residuales de clorato.



**FIGURA 14:** Efecto de pH y la dosificación de ClO<sub>2</sub> sobre la blancura de pulpas de *Eucaliptus*.

En la Tabla 12, se puede observar que un incremento de la temperatura en la etapa EPO produjo menores consumos de ClO<sub>2</sub> total, en la secuencia estudiada en laboratorio. Esto se explica que en base a la cinética de reacción del peróxido de hidrógeno, una mayor temperatura acelera la reacción del peróxido con la pulpa, disminuyendo con esto la posibilidad de reacción con los metales presentes en la pulpa, optimizando con ello la eficiencia de reacción. Esto se observa en los resultados, la pulpa de pino presenta una disminución porcentual del orden de 3,8% en el consumo de ClO<sub>2</sub> (mayor cantidad de metales) y en cambio la pulpa de eucaliptus presenta una disminución del orden de 1,7%.



**TABLA 12:** Consumos de dióxido de cloro total con diferentes temperaturas en etapa EPO

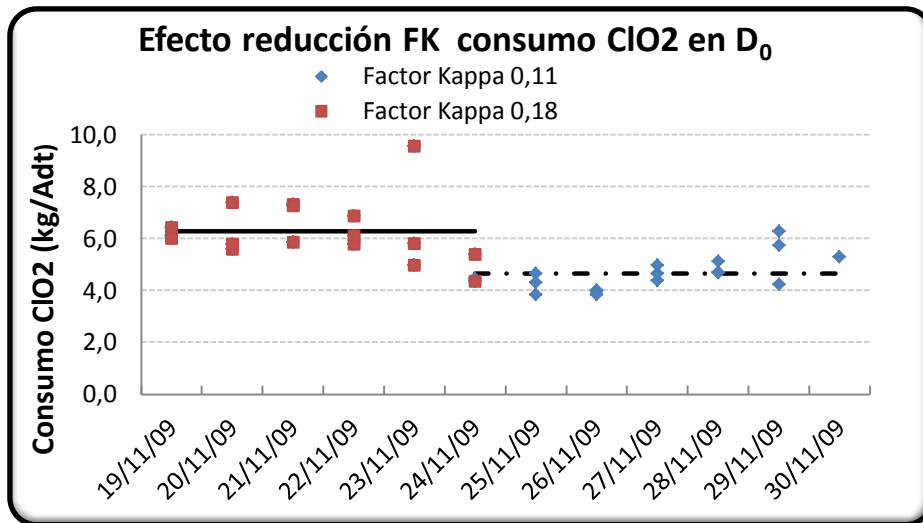
	Pulpa pino		Pulpa eucalipto	
Temperatura, °C	77	85	76	85
Factor Kappa	0,16	0,16	0,12	0,12
ClO <sub>2</sub> Total, kg/ADt	13,1	13,1	12,2	12,2
ClO <sub>2</sub> Total a 90%ISO, kg/ADt	<b>13,1</b>	<b>12,6</b>	<b>11,7</b>	<b>11,5</b>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/ADt	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
Cloro Activo Total, kg/ADt	<b>35,5</b>	<b>35,5</b>	<b>33,1</b>	<b>33,1</b>

## 4.2 Resultados prueba Industrial eucaliptus

Basados en los resultados de las pruebas realizadas en el Laboratorio de Celulose e Papel de la Universidade Federal de Viçosa, se llevó a cabo las siguientes pruebas industriales:

### 4.2.1 Reducción del Factor Kappa en etapa D<sub>0</sub>

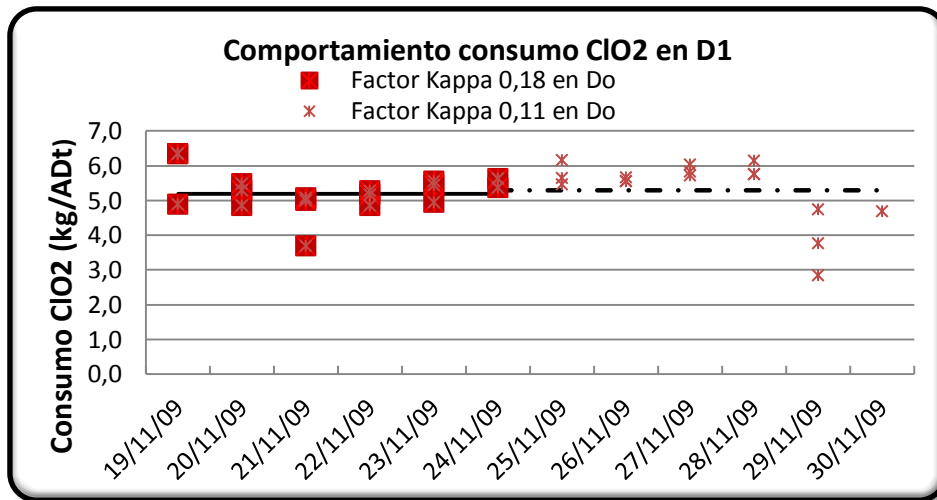
En la primera etapa D se redujo el Factor Kappa de 0,18 a 0,11. También se aumentó el pH de la misma etapa desde 2,8 a 4,0. Los resultados de estas modificaciones sobre el consumo de ClO<sub>2</sub> se pueden observar en la Figura 13.



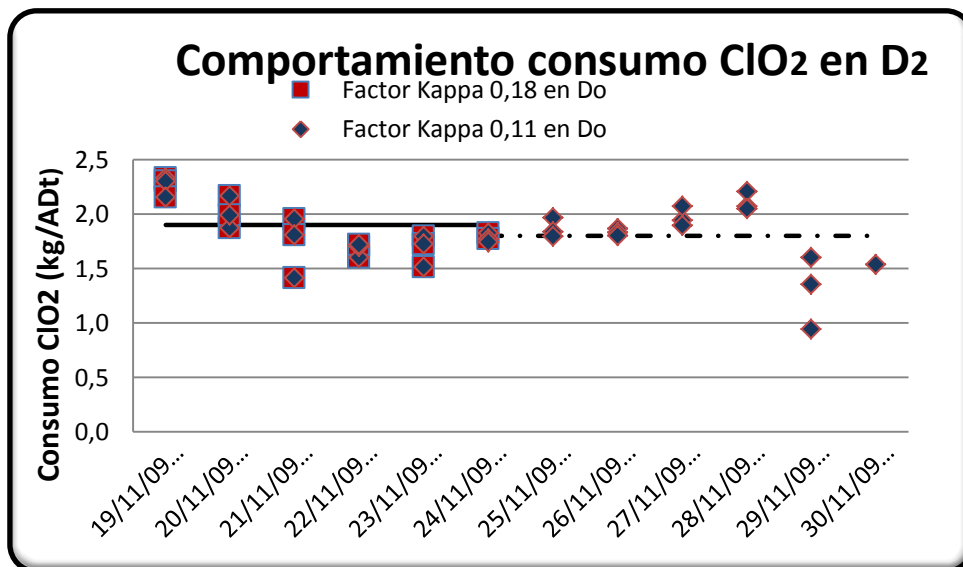
**FIGURA 15:** Efecto de reducción del Factor Kappa de 0,18 a 0,11 en etapa D<sub>0</sub> para pulpa de Eucaliptus.

Al analizar la Figura 15, podemos detectar dos zonas. La primera corresponde a la que se definió como referencia (20/11/2009 al 24/11/2009), lográndose un consumo promedio de 6,3 kg de ClO<sub>2</sub>/ADt. La segunda serie de datos corresponde a la prueba propiamente tal (25/11/2009 al 30/11/2009) con un consumo promedio de 4,7 kg de ClO<sub>2</sub>/ADt.

Al someter a un análisis estadístico, se puede afirmar que con un nivel de significancia de 1% se rechaza la hipótesis de que ambas medias de los tratamientos son iguales. En las condiciones en que la prueba industrial fue realizada, con un nivel de significancia de 1% las medias de ambos periodos tienen diferencias significativas.



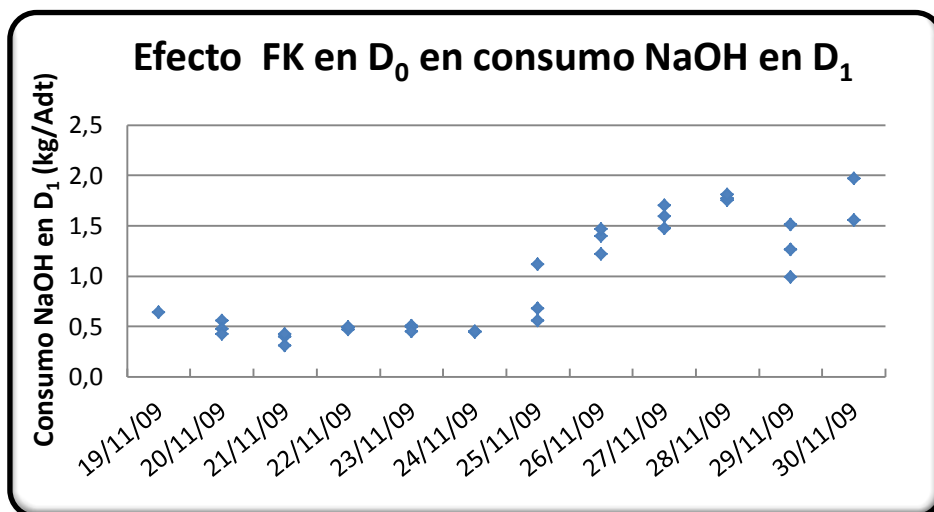
**FIGURA 16:** Efecto de reducción del Factor Kappa de 0,18 a 0,11 en etapa D<sub>0</sub> sobre el consumo de ClO<sub>2</sub> en etapa D<sub>1</sub> en pulpas de *Eucaliptus*.



**FIGURA 17:** Efecto de reducción del Factor Kappa de 0,18 a 0,11 en etapa D<sub>0</sub> sobre el consumo de ClO<sub>2</sub> en etapa D<sub>2</sub> en pulpas de *Eucaliptus*.

Al analizar el comportamiento del consumo de dióxido de cloro en las etapas D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub>, lo cual se puede observar en las Figuras 16 y 17 respectivamente, podemos ver que en ambos casos no se aprecian cambios significativos. Esto es validado al realizar en análisis estadístico, en el que se verifica que las medias no presentan diferencias significativas con un nivel de significancia de 1%, con lo cual podemos afirmar que la reducción del factor kappa en la etapa D<sub>0</sub>, no ocasiona un incremento significativo de dióxido de cloro en las etapas posteriores, lo cual es un

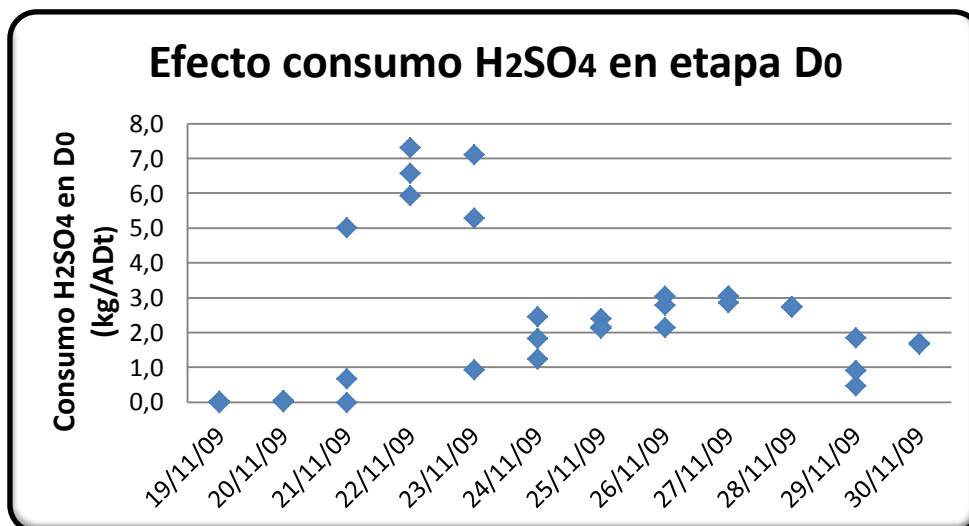
índice que la dosificación previa presentaba un grado de sobredosificación no necesaria.



**FIGURA 18:** Efecto de reducción del Factor Kappa de 0,18 a 0,11 en etapa D<sub>0</sub> sobre el consumo de NaOH en etapa D<sub>1</sub>.

El efecto de la disminución del factor kappa en D<sub>0</sub>, tuvo un efecto en el consumo de soda en la etapa D<sub>1</sub>, como se muestra en la Figura 18. El análisis estadístico confirma que existe diferencias significativas, considerando un 1% de significancia, en las medias de los consumos, si se considera un consumo inicial de 0,5 kg NaOH/ADt en el periodo de referencia respecto a un 1,4 kg NaOH/ADt durante la prueba de disminución del factor kappa en la etapa D<sub>0</sub>.

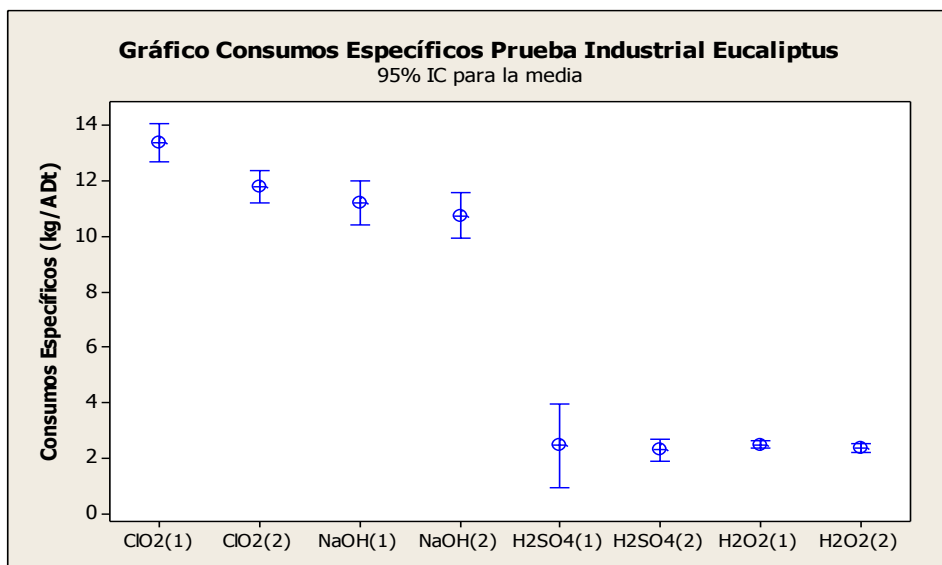
Este mayor consumo se explica básicamente por el control operacional de la variable pH en la segunda parte del test, sin embargo al comparar el consumo total de soda este valor es menor que el consumo presentado en el periodo anterior a la prueba industrial.



**FIGURA 19:** Efecto de reducción del Factor Kappa de 0,18 a 0,11 en etapa D<sub>0</sub> sobre el consumo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en etapa D<sub>0</sub> con pulpas de Eucaliptus.

En base a los resultados mostrados en la Figura 19, se puede decir que el consumo de ácido sulfúrico en la etapa D<sub>0</sub> disminuye. Esto se explica básicamente por el incremento del pH en la etapa D<sub>0</sub>. Sin embargo no existe una diferencia significativa de sus medias con un 1% de significancia.

En la Figura 20 se puede observar la variación que se observó en los consumos de reactivos químicos en esta parte de la prueba industrial. Además en la Tabla 13 se resumen los datos más relevantes de estas diferencias. Como se indica en dicha tabla, el único reactivo que mostró cambios significativos en los consumos específicos fue el dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>), los restantes reactivos no muestran diferencias significativas al comparar el periodo de la prueba respecto al periodo de referencia.

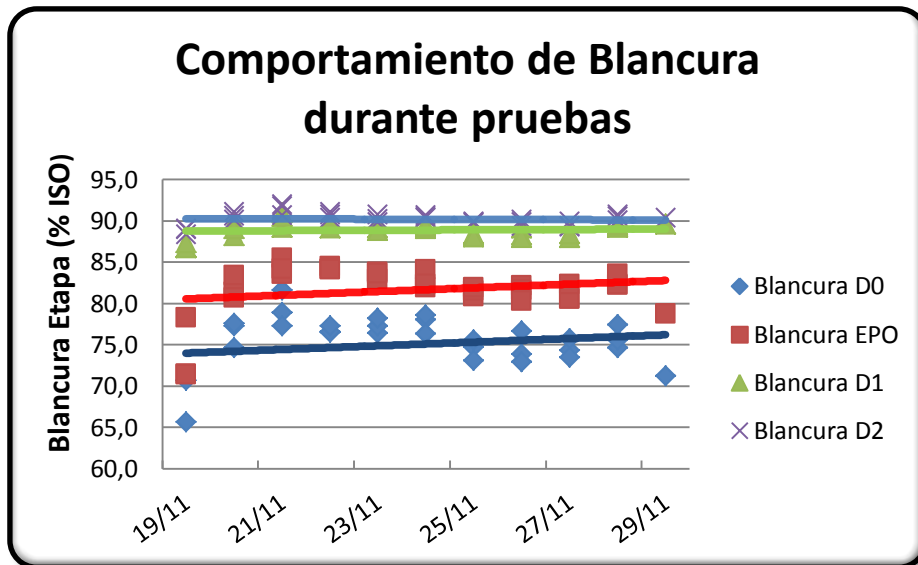


**FIGURA 20:** Comparación consumos específicos de reactivos. (1) Valores no optimizados; (2) valores obtenidos en la prueba industrial.

**TABLA 13:** Resumen de consumos específicos de reactivos químicos en prueba industrial de pruebas con pulpa de *Eucaliptus*

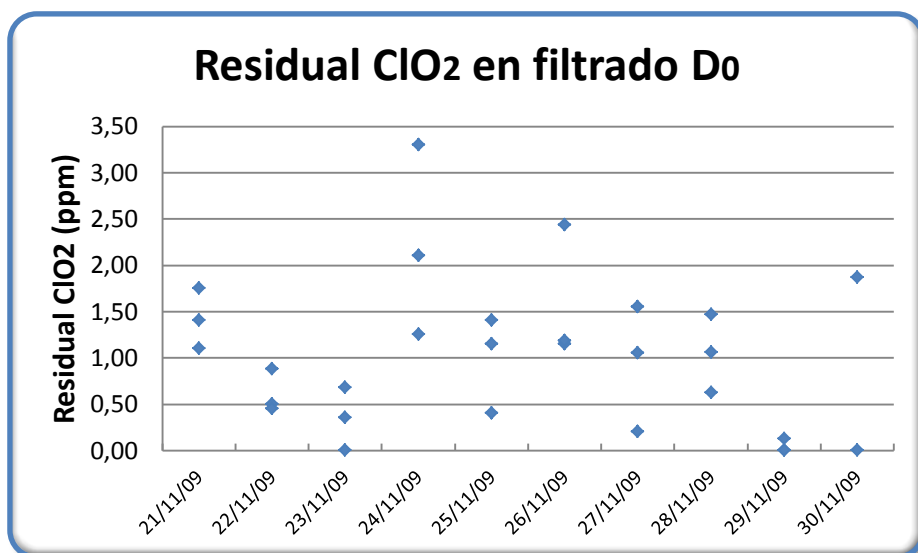
	Promedio referencia	Promedio prueba	Diferencia Significativa	Diferencia
ClO <sub>2</sub> , (kg/ADt)	13,4	11,8	Si	-1,6
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , (kg/ADt)	2,5	2,4	No	---
NaOH, (kg/ADt)	11,2	10,7	No	---
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,(kg/ADt)	2,5	2,3	No	---

En la Figura 21 se puede observar el comportamiento de la blancura a través de las diferentes etapas de la secuencia de blanqueo. La blancura en la etapa D<sub>0</sub> desciende producto de la reducción del factor kappa utilizado en dicha etapa, esta misma tendencia se presenta en la blancura a la salida de la etapa EPO, sin embargo las etapas D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub> absorben esta diferencia, sin presentar diferencias significativas en el consumo de dióxido de cloro. Esto indica que la utilización del reactivo dióxido de cloro esta hecho de mejor forma, es decir, distribuido en forma más óptima en todas las etapas, utilizando de mejor forma el potencial de cada etapa y no solo recargando la etapa D<sub>0</sub>.



**FIGURA 21:** Comportamiento de la blancura en cada etapa durante las pruebas.

La Figura 22 muestra el comportamiento del residual de dióxido de cloro en el filtrado de la etapa D<sub>0</sub>. Se puede decir que estadísticamente no se encuentra diferencias significativas entre ambas muestras, referencia y prueba. Por lo cual podemos decir que no existe mucho margen para seguir optimizando el consumo de dióxido de cloro en esta etapa.



**FIGURA 22:** Comportamiento de los residuales de dióxido de cloro en el filtrado de la etapa D<sub>0</sub>.

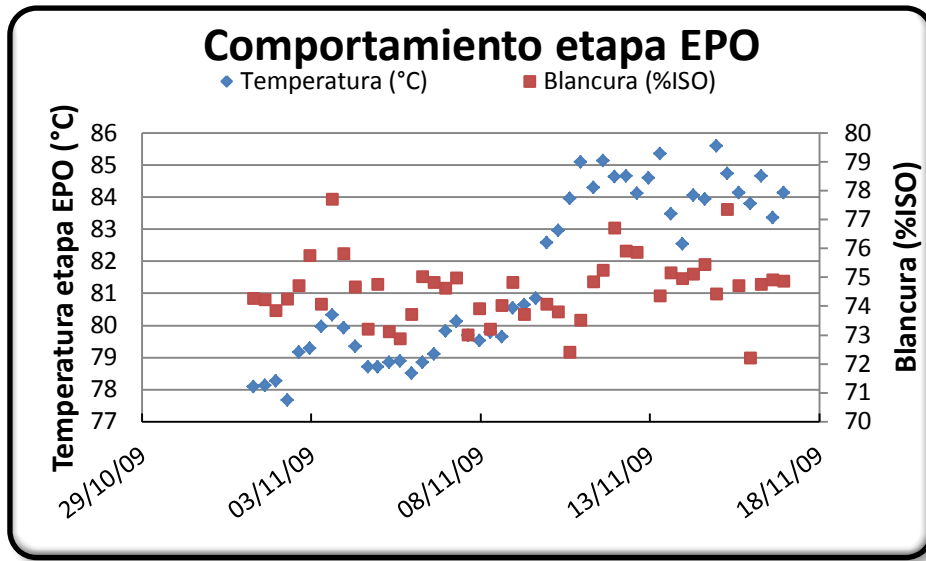
### **4.3 Resultados prueba industrial pino**

Basados en los resultados de las pruebas realizadas en el Laboratorio de Celulose e Papel de la Universidade Federal de Viçosa, se llevó a cabo las siguientes pruebas industriales:

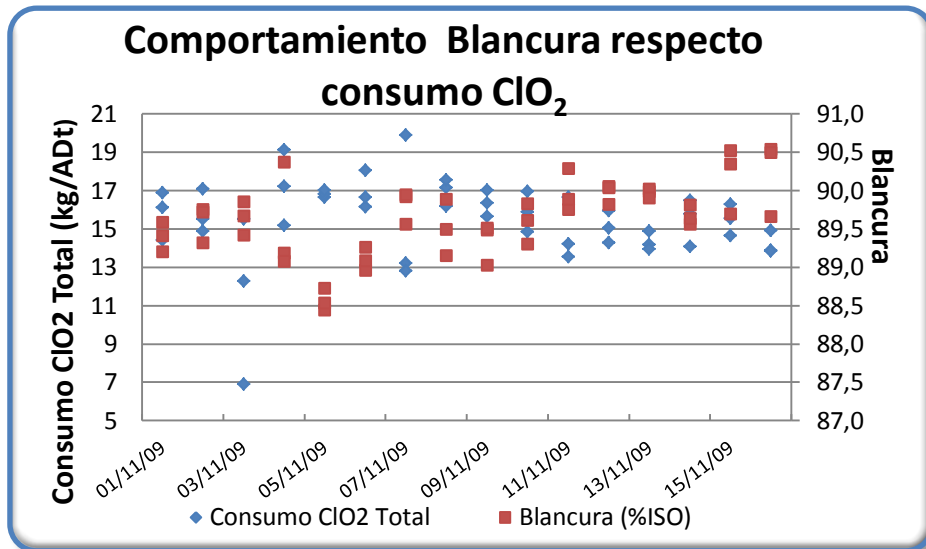
#### **4.3.1 Incremento de Temperatura en etapa EPO**

En la Figura 23 se puede observar el efecto del incremento de temperatura en la etapa EPO desde un valor promedio de 78,3°C un valor promedio de 80,4°C, sobre la blancura de la misma etapa. No fue posible incrementar más la temperatura debido a limitantes físicas de las instalaciones industriales. En base al análisis estadístico se demuestra que las medias de las blancuras para ambos periodos no presentan diferencias significativas para un nivel de significancia de 1%. El incremento de temperatura podría favorecer la velocidad de reacción del peróxido de hidrógeno y con eso evitar que se consuma en reacciones secundarias. También se debe considerar que la extracción de componentes oxidados desde la fibra es más eficiente a temperaturas más altas. Un efecto no deseado del incremento de temperatura en la etapa EPO, es la caída de viscosidad de la pulpa. Sin embargo, en este caso, como también se ha informado en la literatura, el efecto del incremento de temperatura no produce un efecto significativo en la blancura de la etapa. Las explicaciones se puede encontrar, en que el incremento de temperatura no fue significativo, y que la mejora de la eficiencia de la etapa es decreciente sobre los 76°C.





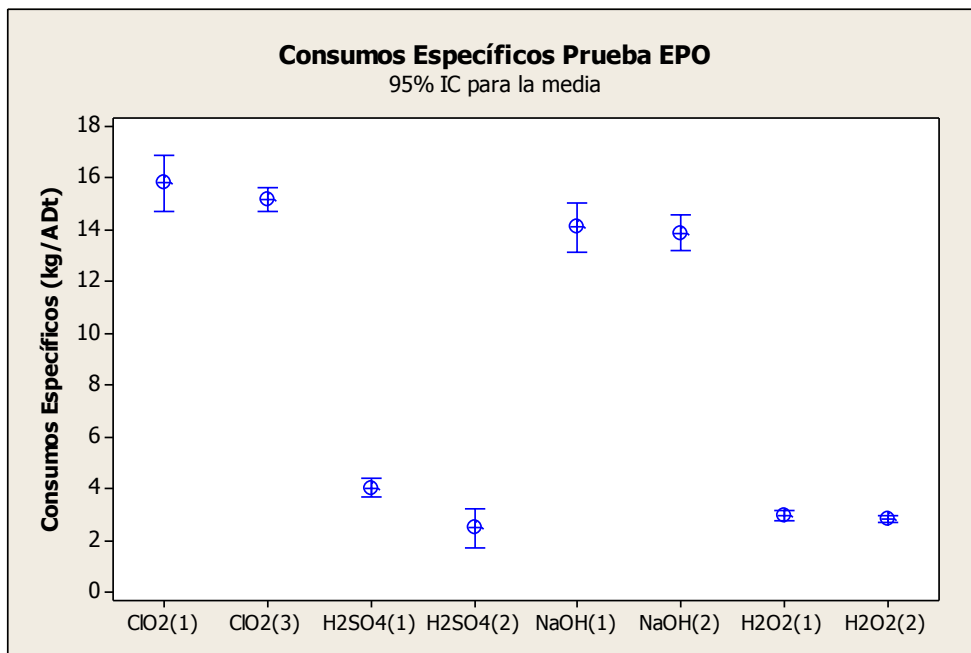
**FIGURA 23:** Comportamiento de la blancura en la etapa EPO en periodo de ajuste y de la prueba industrial.



**FIGURA 24:** Comportamiento de la blancura en función del consumo total de dióxido de cloro durante la prueba de incremento de temperatura de la etapa EPO.

En la Figura 24 se observa como las blancuras finales de la pulpa presentan un incremento significativo estadísticamente, lo cual valida el efecto de operar con temperaturas más altas en la etapa EPO. Sin embargo la disminución del consumo específico total de dióxido de cloro no presenta diferencias significativas. Esto se puede explicar en parte debido a que la etapa de optimización de la blancura final

requerirá de un periodo mayor de sintonía, también se debe considerar que como se indica en otra prueba industrial los efectos de deslignificación son decrecientes sobre 75°C y que efectos operativos como el menor lavado de la pulpa hace menos relevante el incremento de temperatura en la etapa (HEIMBURGER et al, 2002). Lo que podemos decir de esta prueba es que para consumos equivalentes de ClO<sub>2</sub> se obtienen blancuras finales del producto significativamente mayores.



**FIGURA 25:** Consumos específicos totales de reactivos durante prueba incremento temperatura en EPO con pulpa de pino, (1) periodo referencia, (2) periodo de prueba

La Figura 25, muestra el comportamiento de los consumos específicos de reactivos químicos en las pruebas industriales de incremento de temperatura en la etapa EPO. La Tabla 14 resume los valores de consumos durante la prueba. El consumo específico de dióxido de cloro presenta una disminución no significativa con un 1% de significancia, pero si es significativa con un 5% de significancia, por lo cual si se considera que el nivel de significancia representa la probabilidad de rechazar la hipótesis que las medias de las muestras son iguales, al considerar un nivel de significancia mayor estamos aumentando el riesgo de rechazar la posibilidad que las medias de las muestras son iguales.

**TABLA 14:** Resumen de consumos específicos de reactivos químicos en prueba industrial de pruebas de incremento temperatura etapa EPO para pulpas de pino.

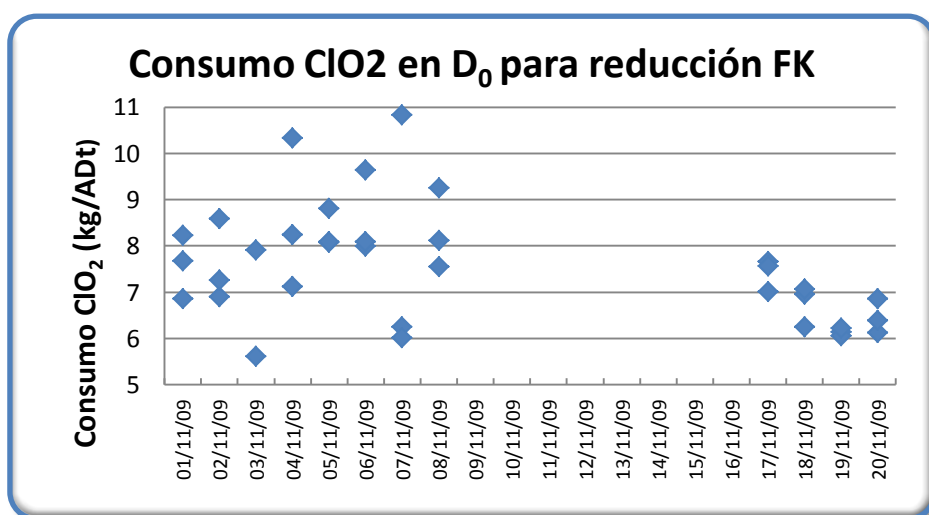
	Promedio referencia	Promedio prueba	Diferencia Significativa	Diferencia
ClO <sub>2</sub> , (kg/ADt)	16,2	15,19	No	---
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , (kg/ADt)	2,97	2,85	Si	-0,12
NaOH, (kg/ADt)	14,1	13,9	No	---
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,(kg/ADt)	4,04	2,99	Si	-1,05

### 4.3.2 Reducción del Factor Kappa en D0

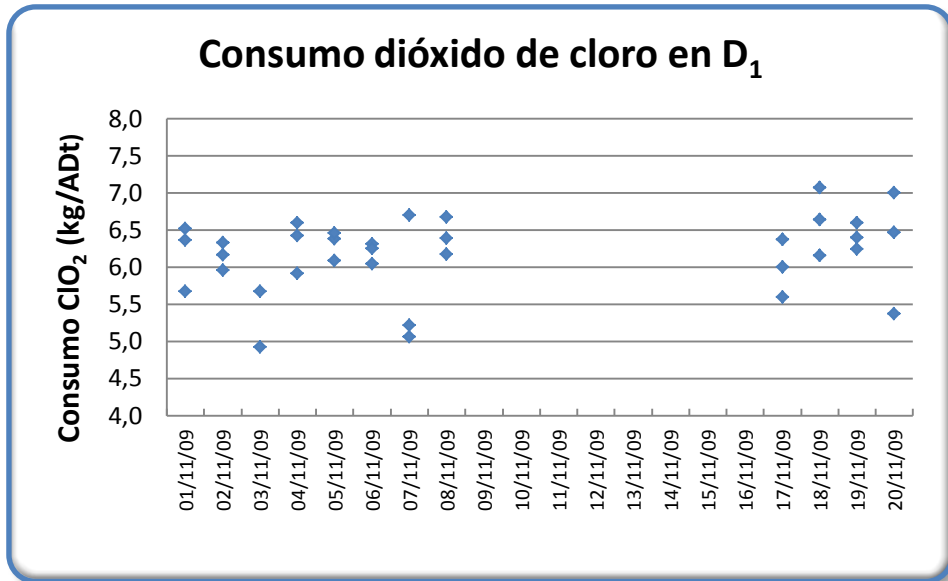
Esta prueba consistió en reducir el Factor Kappa de 0,20 a 0,16, como se mencionó anteriormente en el capítulo 3.

Las figuras 26 y 27 muestran el comportamiento del consumo específico de dióxido de cloro, al reducir el factor kappa en D<sub>0</sub> de 0,20 a 0,16.

En base a los datos de proceso obtenidos, existe diferencia significativa solo en los consumos de ClO<sub>2</sub> en D<sub>0</sub>, no así en D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub>, por lo cual no se produce un traslado de la reducción del consumo de D<sub>0</sub> a las posteriores etapas de blanqueo.

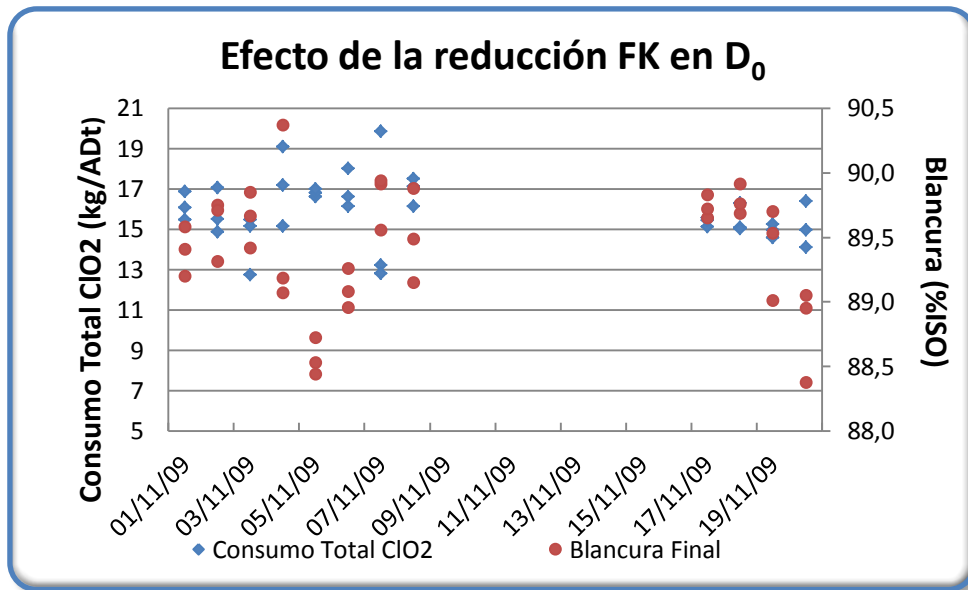


**FIGURA 26:** Reducción del factor kappa en etapa D<sub>0</sub> desde 0,20 a 0,16 en blanqueo de pulpa de pino.



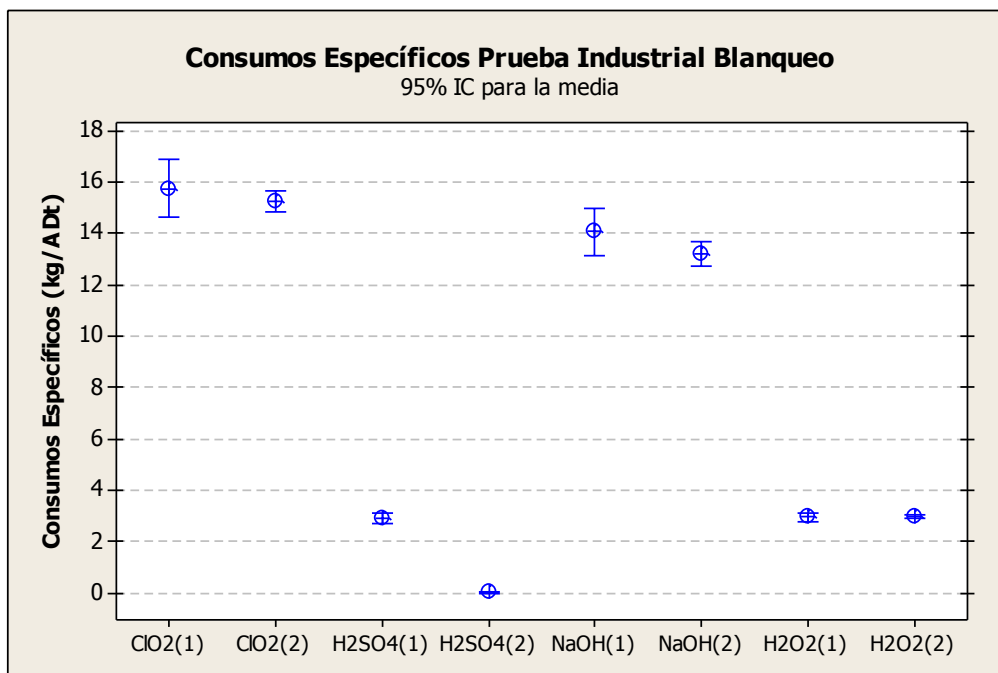
**FIGURA 27:** Consumo de dióxido de cloro en etapa D<sub>1</sub>, producto de la reducción del factor kappa en etapa D<sub>0</sub> desde 0,20 a 0,16, en blanqueo de pulpa de pino.

En la figura 28 se observa la relación entre el consumo total de dióxido de cloro y la blancura final del producto. Como se dijo anteriormente el consumo específico de dióxido de cloro presenta una disminución significativa con un 1% de significancia. Por otro lado la blancura no presenta disminución significativa, por lo cual podemos afirmar que esta variable no es afectada por la posible disminución del consumo de dióxido de cloro.



**FIGURA 28:** Efecto de la reducción del factor kappa en etapa D<sub>0</sub> en la blancura final de la pulpa de pino.

La Figura 29 muestra los consumos específicos para la prueba de reducción del factor kappa y la Tabla 15 resume el comportamiento de los consumos específicos de todos los reactivos involucrados.



**FIGURA 29:** Consumos específicos blanqueo pulpa de pino en prueba industrial de reducción de factor kappa etapa D<sub>0</sub> desde 0,20 a 0,16, en blanqueo de pulpa de pino, donde (1) representa condiciones de referencia y (2) las condiciones de prueba.

**TABLA 15:** Resumen de consumos específicos de reactivos químicos en prueba industrial de pruebas de reducción del factor kappa de 0,20 a 0,16 para pulpas de pino.

	Promedio referencia	Promedio prueba	Diferencia Significativa	Diferencia
ClO <sub>2</sub> , (kg/ADt)	16,2	15,0	Si	-1,2
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , (kg/ADt)	2,97	3,0	No	----
NaOH, (kg/ADt)	14,1	13,2	No	----
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,(kg/ADt)	4,04	2,99	Si	-1,05

#### 4.3.3 Impacto en los costos de Operación.

Basado en los resultados presentados en las tablas 08, 09 y 10, se puede evaluar el impacto que tienen los resultados de la prueba industrial.

Para la evaluación se considerará los siguientes costos de insumos químicos, basado en los costos al cierre del mes de Octubre 2009, se tiene lo siguiente:

- ClO<sub>2</sub> 1561 (US\$/ton)
- NaOH 331,22 (US\$/ton)
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 197,65 (US\$/ton)
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 880 (US\$/ADt)

**TABLA 16:** Resumen de reducción de costos de las pruebas de *Eucaliptus* y pino.

	ClO <sub>2</sub> (US\$/ADt)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (US\$/ADt)	NaOH (US\$/ADt)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (US\$/ADt)	Total (US\$/ADt)
Eucaliptus	-2,29	---	---	---	-2,29
Pino (1)*	---	-0,92	---	-0,21	-1,13
Pino (2)	-1,87	---	---	-0,21	-2,08

*Eucaliptus:* Prueba de reducción factor kappa de 0,18 a 0,11 con eucaliptus.

*Pino(1):* Prueba de incremento temperatura etapa EPO con pulpa pino.

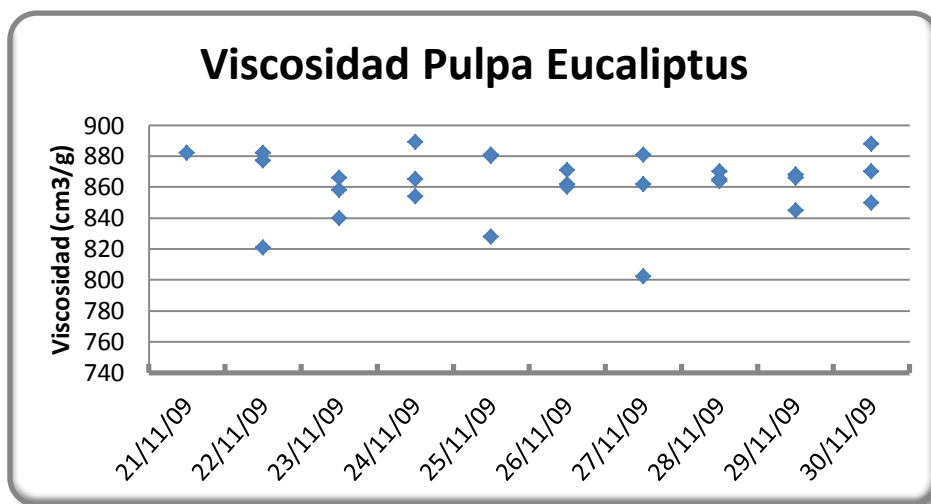
*Pino(2):* Prueba de reducción factor kappa de 0,20 a 0,16 con pulpa pino.

Para el caso de la prueba de incremento de temperatura en la etapa EPO con pulpa de pino, se debe incorporar el costo del mayor consumo de vapor. Para la prueba en particular se tiene un consumo adicional de 0,9 kg/s de vapor. Considerando este consumo y un valor promedio del precio de venta de energía de 45 US\$/MWh, se tiene un costo adicional de 0,3 (US\$/ADt).

#### 4.4 Impacto en los valores de Viscosidad

##### 4.4.1 Impacto en la viscosidad de las pulpas de eucaliptus.

En la Figura 30, se presenta el comportamiento de la viscosidad de la pulpa de *Eucaliptus* durante la prueba industrial, se puede observar que no hay diferencias significativas entre los periodos de referencia y de prueba industrial. Esto se explica, principalmente en razón a que si bien existe una disminución significativa de consumo de dióxido de cloro entre ambas etapas, esta disminución no alcanza a impactar en la viscosidad de la pulpa.

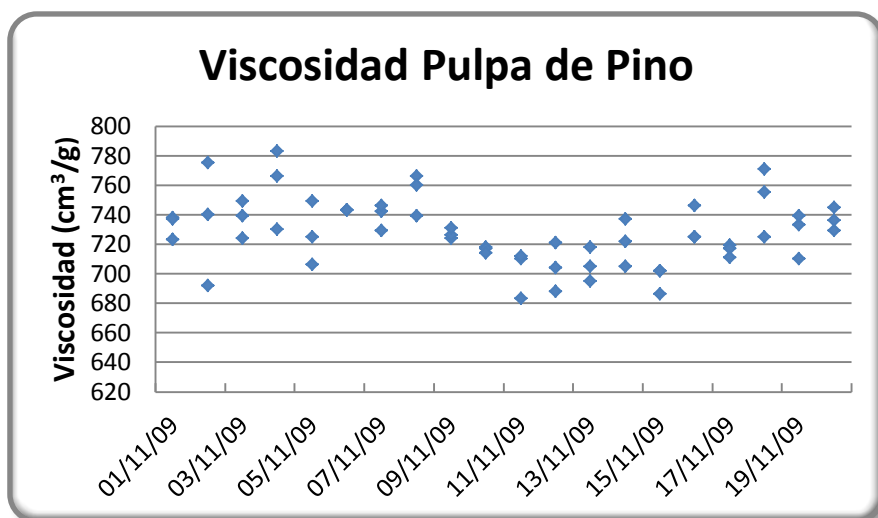


**FIGURA 30:** Viscosidad pulpa eucaliptus durante prueba industrial.

##### 4.4.2 Impacto en la viscosidad de las pulpas de pino.

En la Figura 31, se observa el comportamiento de la viscosidad de la pulpa de pino durante la prueba industrial. Durante el periodo de prueba con mayor temperatura en la etapa EPO (9 al 16 de Noviembre) se observa una caída en la

viscosidad, esta diferencia también es detectada estadísticamente observándose una diferencia significativa entre las medias de las muestras. La explicación de esta caída de viscosidad se basa en la acción del peróxido de hidrógeno a mayor temperatura sobre la fibra.



**FIGURA 31:** Viscosidad pulpa de pino durante prueba industrial.



## 5.- CONCLUSIONES

Al analizar los resultados de este estudio se puede plantear las siguientes conclusiones:

1.- Las pruebas de blanqueo de laboratorio, indican que es posible reducir el factor kappa de 0,20 a 0,16, para blanquear pulpas de pino y es posible reducir el factor kappa de 0,18 a 0,11, para blanquear pulpas de eucaliptus de Planta Valdivia.

2.- Las pruebas de laboratorio indican que el incremento de la temperatura de la etapa EPO ayuda a la reducción del consumo de dióxido de cloro en la secuencia de blanqueo de Planta Valdivia, para pulpas de pino y eucalipto, manteniendo el mismo consumo de cloro activo en la secuencia.

3.- La prueba industrial de reducción del factor kappa en pulpas de eucaliptus, entrega una disminución del consumo de  $\text{ClO}_2$  de 1,6 (kg/ADt) y una reducción de costo de blanqueo de 2,29 (US\$/ADt).

4.- La prueba de incremento de temperatura en la etapa EPO con pulpas de pino, entregó una disminución del consumo del consumo de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 0,12 (kg/ADt) y de una disminución del consumo  $\text{H}_2\text{SO}_4$  de 1,05 (kg/ADt). También se debe considerar un consumo adicional de 0,9 (kg/s), que significa una menor generación de energía eléctrica de 7,48 (KWh/ADt). Lo que significa una reducción del costo de blanqueo de 1,13 (US\$/ADt). Sin embargo a esto se le debe descontar la menor venta de energía eléctrica de 0,35 (US\$/ADt), considerando un precio marginal de 48 (US\$/MWh).

5.- La prueba de reducción del factor kappa de 0,20 a 0,16 en pulpas de pino, entregó una disminución del consumo de  $\text{ClO}_2$  de 1,2 (kg/ADt) y de un menor consumo de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  de 1,05 (kg/ADt), lo que significó una disminución del consumo del blanqueo de las pulpas de 2,08 (US\$/ADt).

6.- Se produjo una caída de viscosidad estadísticamente significativa, al operar con mayor temperatura en la etapa EPO con pulpa de pino.

## **6.- SUGERENCIAS**

Con el objeto de establecer los nuevos resultados en forma permanente, se propone realizar una estandarización de los parámetros establecidos para el logro de las reducciones logradas y una apropiada capacitación al personal de operación.

## 7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROGDON, B. N. TAPPI Engineering, Pulping & Environmental Conference, August 24-27, Portland, Oregon, pp 1-8.

BROGDON, B. And M. BELL, J., "Optimization of Chlorine Dioxide Bleaching Sequence For Kraft Pulps Through Improved Oxidative Alkaline Extraction Stage Performance".2004 Fall Technical Conference.

CLAYTON, D.W., Svensk Papperstid, 66:115 (1963).

COLODETTE, J.L.; GOMES; C.M., RABELO, M.S., et al., Tappi Journal 18A(2):18M (2008).

COLODETTE, J.L.; GOMIDE, J.L.; BRITO, A.C. Proceeding of the 1995 TAPPI Pulping Conference, Tappi Press, Atlanta, Geogia, USA, pp. 404-413.

DANIEL, A.I.D.; PASCOAL NETO, C.; EVTUGUIN, D.V.; et al. Tappi Journal, 2(5): 3(2003).

HART, P. And CONELL, D., "Improving Chlorine Dioxide Bleaching Efficiency by Selecting the Optimal pH Target", Engineering, Pulping and Environmental Conference, 2005.

HEIMBURGER, S., THIREAULT, D., BOECHLER, T., "Practical Experiences in Reducing the ECF Bleaching Cost of an Oxygen Delignified Fully Bleached Softwood Kraft Pulp", TAPPI International Pulp Bleaching Conference 2002.

HENRIQUE, P.M.; Costa, M.M.; CORREIA, F.M.; et al. Hydrogen peroxide in ECF bleaching plant: Cenibra's industrial experience", Proceeding of the 2001 TAPPI Pulping Conference, Tappi Press, Atlanta, Giorgia, USA.

JOHANSSON, M., SAMUELSON, O. Carbohydr., Res. 54:295(1977).

KAWAMURA, A., IGARASHI, H., Uchida, Y., and Iwasaki, M., Pulp and Paper Research Laboratory, Oji Paper Co., Ltd., Tokio 135-8558.

LIDÉN, J.; ÖHMAN, L.O. J. Pulp Paper Sci. 23(50):J193(1997).

LIITIA, T., RANUA, M., OHRA-AHO, T., "Formation of Chromophores during Alkaline Pulping: Effects on Bleachability and Brightness Stability." 2005 IPBC, Stockholm, Sweden, 2005. Pp 194-199.

MARECHAL, A., J. WOOD. Chem. Tech. 13(2): 261(1993).

McDonals, R.G. (editor), Kraft, P., In: Pulp & Paper Manufacture, Vol. 1, 2<sup>nd</sup> ed., McGrawHill Book Company, New York, 1967, p. 628-725 8.

PEROLLE, P.; MYBURGH, H. H.; Robert, A. Pulp Paper Intl. 7:29(1969).

RAGNAR, M.; LINDSTROM, M.E. Paperi Puu 86(1):39(2004).

RAPSON, W.H. and ANDERSON, C.B., "Kraft Pulp Bleaching with Chlorine and Chlorine Dioxide: The effect of pH on the Chlorination stage", TAPPI Journal 61(10), October 1978, pp. 97-99.

RAPSON, W. H. and STRUMILA G. B. In The Bleaching of Pulp 3<sup>rd</sup> Edition, TAPPI Press, 1979, pp. 113-157.

REEVE, D.W., Chlorine Dioxide in Delignification. In: Pulp Bleaching: Principle and Practices. Eds. C.W. Dence & D.W. Reeve. Tappi Press, Atlanta, 1996. pp. 261-290.

RYDHOLM, S. A. Pulping Processes, Wiley, New York, 1965.

RUDIE, A., HART, P.W., "Non process elements in the Paper Industry", 2005 Tappi Fall Conference, Philadelphia, PA., August 2005.

SVENSON D., JAMEEL H., CHANG H., KADLA J., "Inorganic Reactions in Chlorine Dioxide Bleaching of Softwood Kraft Pulp", 1991 TAPPI Pulping Conference, pp. 631-643.

TELEMAN, A.; HARJUNPÄÄ, V.; TENKANEN; et al. Carbohydr. Res. 272: 197(1995).

TELEMAN, A.; HAUSALO, T.; TENKANEN, M.; VUORINEN, T. Carbohydr. Res. 197:280 (1996).

VUORINEN, T.; BUCHERT, J.; TELEMAN, A.; et al. Tappi 1996 Intl. Pulp Bleaching Conference Proceeding. Tappi Press, Atlanta, p43.

VUORINEN, T.; BUCHERT, J.; TELEMAN, A.; et al. Tappi 1996 Intl. Pulp Bleaching Conference Proceeding. Tappi Press, Atlanta, p.39.

VUORINEN, T.; FAGARSTRÖM, P.; RÄSÄNEN, E.; VIKKULA, A. Proc. 9th Intl. Symp. Wood Pulping Chem., Tech. Sect., CPPA, Montreal, 1997, p.M4-1.

VUORINEN, T.; FAGARSTRÖM, P.; BUCHERT, J.; TENKANEN, M.; TELEMAN, A. "Selective hydrolysis of hexenuronic acid groups and its application in ECF and TCF bleaching of kraft pulps", JPPS 25(5):155(1999).

VUORINEN TAPANI. "Chemistry of Chlorine Dioxide Bleaching", Aalto University School of Science and Technology.

XU, C.; JAMEEL, H.; CHANG, H.; HOEKSTRA, P. 1994 Pulping Conference, Tappi Press, Atlanta, p 1131-1343.

WARTIOVAARA, I., "The influence of pH on the D stages of DE and ODE bleaching sequence", Paperi ja Puu 1982:10, pp. 581-584.

WEKESA, M.; NI, Y. Canadian J. Chem. Eng. 81(10): 1(2003).

ZHI-HUA JIAN; BARBARA VAN LIEROP, and RICHARD BERRY. Tappi Journal,  
VOL. 83: NO. 1. p167-175.

**APÉNDICE A**  
**VISCOSIDADES NOVIEMBRE 2009 PINO**

Fecha	Turno	Campaña	Calidad	Viscosidad (cm <sup>3</sup> /g)
01-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	738
01-Nov-09	07-15	Pino	Prime	723
01-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	737
02-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	692
02-Nov-09	07-15	Pino	Prime	775
02-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	740
03-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	724
03-Nov-09	07-15	Pino	Prime	739
03-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	749
04-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	730
04-Nov-09	07-15	Pino	Prime	766
04-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	783
05-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	749
05-Nov-09	07-15	Pino	Prime	706
05-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	725
06-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	743
06-Nov-09	07-15	Pino	Prime	743
06-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	743
07-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	742
07-Nov-09	07-15	Pino	Prime	729
07-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	746
08-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	766
08-Nov-09	07-15	Pino	Prime	760
08-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	739
09-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	724
09-Nov-09	07-15	Pino	Prime	726
09-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	731
10-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	718
10-Nov-09	07-15	Pino	Prime	717
10-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	714
11-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	710
11-Nov-09	07-15	Pino	Prime	683
11-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	712
12-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	721
12-Nov-09	07-15	Pino	Prime	688
12-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	704
13-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	695
13-Nov-09	07-15	Pino	Prime	718
13-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	705
14-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	722
14-Nov-09	07-15	Pino	Prime	705
14-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	737
15-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	702
15-Nov-09	07-15	Pino	Prime	686
15-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	702
16-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	746
16-Nov-09	07-15	Pino	Prime	725
16-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	725
17-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	719
17-Nov-09	07-15	Pino	Prime	717
17-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	711
18-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	755
18-Nov-09	07-15	Pino	Prime	771
18-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	725
19-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	710
19-Nov-09	07-15	Pino	Prime	733
19-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	739
20-Nov-09	23 - 07	Pino	Prime	729
20-Nov-09	07-15	Pino	Prime	736
20-Nov-09	15 - 23	Pino	Prime	745



## APENDICE B

### VISCOSIDADES NOVIEMBRE 2009 EUCALIPTUS

Fecha	Turno	Campaña	Calidad	Viscosidad (cm3/g)
21-Nov-09	15 - 23	Eucaliptus	Prime	882
22-Nov-09	23 - 07	Eucaliptus	Prime	877
22-Nov-09	07-15	Eucaliptus	Prime	882
22-Nov-09	15 - 23	Eucaliptus	Prime	821
23-Nov-09	23 - 07	Eucaliptus	Prime	840
23-Nov-09	07-15	Eucaliptus	Prime	858
23-Nov-09	15 - 23	Eucaliptus	Prime	866
24-Nov-09	23 - 07	Eucaliptus	Prime	854
24-Nov-09	07-15	Eucaliptus	Prime	889
24-Nov-09	15 - 23	Eucaliptus	Prime	865
25-Nov-09	23 - 07	Eucaliptus	Prime	880
25-Nov-09	07-15	Eucaliptus	Prime	881
25-Nov-09	15 - 23	Eucaliptus	Prime	828
26-Nov-09	23 - 07	Eucaliptus	Prime	862
26-Nov-09	07-15	Eucaliptus	Prime	871
26-Nov-09	15 - 23	Eucaliptus	Prime	860
27-Nov-09	23 - 07	Eucaliptus	Prime	862
27-Nov-09	07-15	Eucaliptus	Prime	802
27-Nov-09	15 - 23	Eucaliptus	Prime	881
28-Nov-09	23 - 07	Eucaliptus	Prime	865
28-Nov-09	07-15	Eucaliptus	Prime	870
28-Nov-09	15 - 23	Eucaliptus	Prime	864
29-Nov-09	23 - 07	Eucaliptus	Prime	845
29-Nov-09	07-15	Eucaliptus	Prime	868
29-Nov-09	15 - 23	Eucaliptus	Prime	866
30-Nov-09	23 - 07	Eucaliptus	Prime	888
30-Nov-09	07-15	Eucaliptus	Prime	870
30-Nov-09	15 - 23	Eucaliptus	Prime	850

## APENDICE C

### Datos pruebas de Laboratorio Eucaliptus

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	13,11
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	6,3	-	-	-	1,4	1,3	1,1	-
End pH	2,9	11,3	4,1	4,0	4,1	4,0	3,9	4,0	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	70,2	77,3	87,7	88,1	89,2	89,6	90,1	90,8	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,2	87,6	88,2	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,4	2,5	2,6	-
Viscosity, m Pa s	-	22,3	21,7	20,9	20,0	20,0	19,7	19,3	-

Table 1B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	13,11
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	6,3	-	-	-	1,4	1,3	1,1	-
End pH	2,9	11,3	4,0	4,0	4,1	4,1	4,0	4,1	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	70,3	77,3	87,6	88,1	89,1	89,6	90,1	90,8	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,2	87,6	88,3	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,4	2,5	2,5	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	22,3	21,7	20,8	20,0	20,1	19,7	19,3	-

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,12
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	6	-	-	-	1,3	1,1	1,0	-
End pH	2,8	11,3	4,1	3,9	4,2	3,9	4,1	3,9	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,5	78,4	88,0	88,5	89,4	90,1	90,7	91,2	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,7	88,2	88,5	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,4	2,5	2,7	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	21,6	20,9	20,1	19,3	19,4	19,0	18,3	-

Table 2B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,12
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	6	-	-	-	1,3	1,1	1,0	-
End pH	2,8	11,3	4,1	4,1	4,2	4,0	4,1	3,9	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,5	78,3	88,0	88,4	89,4	90,0	90,7	91,1	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,7	88,2	88,5	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,3	2,5	2,6	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	21,6	20,9	20,1	19,3	19,4	19,0	18,3	-

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,61
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5,2	-	-	-	1,1	1,0	0,9	-
End pH	2,8	11,3	4,1	4,0	4,2	3,9	4,0	3,9	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74	78,9	88,5	88,8	89,6	91,0	91,4	91,6	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,4	88,7	88,9	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,7	2,7	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,0	19,3	18,5	17,8	18,9	18,2	17,4	-

Table 3B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,61
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5,2	-	-	-	1,1	1,0	0,9	-
End pH	2,8	11,3	4,1	3,9	4,1	3,9	4,0	4,1	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74	78,9	88,5	88,8	89,6	91,0	91,4	91,6	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,4	88,8	88,9	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,6	2,7	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,0	19,3	18,5	17,8	18,8	18,1	17,3	-

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,13
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5,9	-	-	-	1,2	1,1	1,0	-
End pH	2,9	11,2	4,0	4,0	4,1	4,1	4,0	4,1	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	70,3	82,0	88,7	89,2	89,9	90,5	91,0	91,5	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,1	88,4	88,8	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,4	2,6	2,7	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,5	19,5	19,1	18,8	19,3	18,9	18,5	-

Table 4B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,13
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5,9	-	-	-	1,2	1,1	1,0	-
End pH	2,9	11,2	4,0	4,0	4,1	4,1	4,0	4,1	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	70,3	82,0	88,7	89,2	89,9	90,5	91,0	91,5	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,0	88,4	88,8	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,5	2,6	2,7	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,6	19,7	19,2	19,0	19,3	18,8	18,6	-

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	D(EP)DD
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,40
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5,3	-	-	-	1,0	0,9	0,9	-
End pH	2,8	11,1	3,9	4,1	4,0	4,1	4,0	4,0	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,5	82,8	89,1	89,4	90,1	90,9	91,5	91,9	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,3	88,8	89,1	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,7	2,8	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,1	19,8	19,1	18,6	18,9	18,5	18,2	-

Table 5A

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	D(EP)DD
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,40
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5,3	-	-	-	1,0	0,9	0,9	-
End pH	2,8	11,1	3,9	3,9	4,0	4,1	3,9	4,1	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,5	82,8	89,1	89,4	90,1	90,9	91,5	91,9	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,3	88,8	89,1	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,7	2,8	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,0	19,6	19,1	18,6	18,9	18,5	18,2	-

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,00
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	4,9	-	-	-	1,0	0,8	0,7	-
End pH	2,8	11,3	4,1	4,0	4,2	3,9	4,0	3,9	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74	83,8	89,5	89,8	90,5	91,5	91,9	92,3	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,9	89,1	89,4	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,8	2,9	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	19,6	19,0	18,5	18,0	18,2	17,7	17,0	-

Table 6B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,00
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	4,9	-	-	-	1,0	0,8	0,7	-
End pH	2,8	11,3	4,1	4,0	4,2	3,9	4,0	3,9	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74	83,8	89,5	89,8	90,5	91,5	91,9	92,3	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,9	89,1	89,4	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,8	2,9	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	19,5	19,0	18,4	18,0	18,2	17,7	17,0	-

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,83
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	6,2	-	-	-	1,3	1,1	1,0	-
End pH	4,0	11,4	3,9	4,1	4,1	3,9	4,0	4,1	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,2	77,7	88,1	88,4	89,2	89,9	90,5	91,1	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,5	87,9	88,4	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,4	2,6	2,7	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	22,6	21,6	20,9	20,3	20,3	19,9	19,6	-

Table 7B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,83
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	6,2	-	-	-	1,3	1,1	1,0	-
End pH	4,1	11,4	4,1	4,1	4,2	4,0	4,0	4,1	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,1	77,7	88,1	88,4	89,3	89,9	90,5	91,1	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,5	87,9	88,4	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,4	2,6	2,7	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	22,6	21,5	20,8	20,2	20,2	19,9	19,6	-



Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	D(EP)DD
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,96
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5,8	-	-	-	1,2	1,0	0,9	-
End pH	4,1	11,1	3,9	4,0	4,1	4,1	4,0	3,9	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	72,3	79,6	88,3	88,8	89,5	90,3	91	91,5	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,8	88,4	88,7	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,5	2,6	2,8	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	22,0	20,6	20,0	19,1	19,8	19,2	18,5	-

Table 8B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	D(EP)DD
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,96
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5,8	-	-	-	1,2	1,0	0,9	-
End pH	4,0	11,3	3,9	4,1	4,0	4,1	4,0	4,0	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	72,3	79,6	88,3	88,8	89,5	90,3	91	91,5	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,8	88,4	88,7	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,5	2,6	2,8	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	21,9	20,6	20,1	19,1	19,7	19,1	18,5	-

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	D(EP)DD
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,43
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5	-	-	-	1,0	1,0	0,8	-
End pH	3,9	11,3	4,1	4,0	4,2	3,9	4,0	3,9	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74,9	80,3	88,7	89,1	89,8	91,2	91,6	91,8	-
Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,5	88,8	89,0	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,8	2,8	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,5	19,6	19,1	18,2	19,0	18,6	17,6	-

Table 9B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	D(EP)DD
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,43
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5	-	-	-	1,0	1,0	0,8	-
End pH	4,1	11,3	4,1	4,0	4,2	3,9	4,0	3,9	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74,9	80,3	88,7	89,1	89,8	91,2	91,6	91,8	-
Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,5	88,8	89,0	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,8	2,8	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,5	19,6	19,1	18,2	19,1	18,6	17,4	-

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	10,78
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5,7	-	-	-	1,1	0,9	0,8	-
End pH	4,1	11,2	4,1	3,9	4,0	41,0	3,9	4,0	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,1	82,6	88,9	89,5	90,3	90,9	91,3	91,7	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,3	88,6	88,9	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,7	2,8	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,7	19,9	19,5	19,1	19,6	19,1	18,7	-

Table 10B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	10,78
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	5,7	-	-	-	1,1	0,9	0,8	-
End pH	4,0	11,3	4,1	4,0	4,0	4,0	3,9	4,1	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,1	82,6	88,9	89,5	90,3	90,9	91,3	91,7	-
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,3	88,6	88,9	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,7	2,8	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,7	20,0	19,4	19,1	19,6	19,1	18,7	-

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,24
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6,0	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5	-	-	-	1,0	0,8	0,7	
End pH	4,1	11,1	4,0	4,1	4,2	3,9	4,1	4,0	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	72,3	83,2	89,2	89,8	90,5	91,2	91,7	92	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,5	88,9	89,1	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,8	2,9	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,2	19,7	19,3	18,8	19,0	18,6	18,3	

Table 11B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,24
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6,0	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5	-	-	-	1,0	0,8	0,7	
End pH	3,9	11,3	4,0	3,9	4,1	3,9	4,1	4,1	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	72,3	83,2	89,2	89,8	90,5	91,2	91,7	92	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,5	89,0	89,1	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,7	2,9	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,1	19,7	19,2	18,9	19,0	18,6	18,3	

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation <b>D(EP)DD</b>
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,84
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	4	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	4,7	-	-	-	0,8	0,7	0,7	
End pH	4,0	11,3	4,1	4,0	4,2	3,9	4,0	3,9	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74,9	84,3	89,7	90,1	90,9	91,7	92,1	92,4	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,9	89,2	89,4	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,8	2,9	3,0	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	19,7	19,1	18,6	18,0	18,3	17,9	17,2	

Table 12B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation <b>D(EP)DD</b>
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,84
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	4	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	4,7	-	-	-	0,8	0,7	0,7	
End pH	4,0	11,3	3,9	4,0	4,1	3,9	4,0	4,1	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74,8	84,3	89,7	90,1	90,8	91,7	92,0	92,3	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,9	89,2	89,4	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,8	2,8	2,9	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	19,7	19,1	18,6	18,0	18,3	17,9	17,2	

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,64
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	6,3	-	-	-	1,3	1,1	1,1	-
End pH	2,9	11,3	4,0	4,0	4,1	4,1	4,0	4,1	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	70,3	77,4	87,6	88,3	89,1	89,6	90,3	90,9	-
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	87,2	87,8	88,2	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,4	2,5	2,7	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	22,2	21,2	20,7	20,1	20,0	19,6	19,1	-

Table 13B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	-
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	-
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,64
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Number	-	6,3	-	-	-	1,3	1,1	1,1	-
End pH	2,8	11,1	4,0	4,0	3,9	4,1	4,0	4,1	-
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	70,3	77,4	87,6	88,4	89,1	89,6	90,3	90,9	-
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	87,2	87,8	88,2	-
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,4	2,5	2,7	-
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	22,1	21,3	20,7	20,0	20,0	19,6	19,1	-

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation <b>D(EP)DD</b>
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,98
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8,0	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	6	-	-	-	1,2	1,1	1,0	
End pH	2,8	11,3	4,1	3,9	4,2	3,9	4,1	3,9	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,5	78,6	88,1	88,5	89,5	90,3	90,7	91,2	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,7	88,1	88,5	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,6	2,7	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	21,4	20,8	19,7	18,8	19,3	18,7	18,2	

Table 14B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation <b>D(EP)DD</b>
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,98
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8,0	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	6	-	-	-	1,2	1,1	1,0	
End pH	2,8	11,3	4,1	3,9	4,2	3,9	4,1	3,9	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,5	78,6	88,1	88,5	89,5	90,3	90,7	91,2	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,7	88,1	88,5	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,6	2,7	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	21,6	20,9	19,9	18,9	19,3	18,7	18,2	

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	D(EP)DD
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,56
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5,2	-	-	-	1,0	0,9	0,9	
End pH	2,8	11,3	3,9	4,0	4,1	3,9	4,0	4,1	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74	79,2	88,5	88,9	89,7	91,0	91,4	91,7	
Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,3	88,6	88,9	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,8	2,8	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	19,8	19,2	18,6	17,9	18,7	18,0	17,4	

Table 15B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	D(EP)DD
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,56
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5,2	-	-	-	1,0	0,9	0,9	
End pH	2,8	11,3	4,1	4,0	4,2	3,9	4,0	3,9	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74,1	79,3	88,5	88,9	89,7	91,0	91,3	91,7	
Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,3	88,6	88,9	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,7	2,8	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	19,8	19,1	18,4	18,0	18,7	18,0	17,4	



Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	10,99
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	10	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5,9	-	-	-	1,1	1,0	1,0	
End pH	2,9	11,2	4,0	4,0	4,1	4,1	4,0	4,1	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	70,3	82,2	88,7	89,3	89,9	90,6	91,1	91,5	
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	88,0	88,4	88,6	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,7	2,9	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,4	19,7	19,1	18,9	19,0	18,6	18,4	

Table 16B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	10,99
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	10	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5,9	-	-	-	1,1	1,0	1,0	
End pH	2,8	11,2	4,0	4,0	3,9	4,1	4,0	3,9	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	70,3	82,3	88,7	89,4	89,9	90,6	91,1	91,5	
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	88,0	88,4	88,6	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,7	2,9	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,4	19,8	19,2	19,1	19,0	18,6	18,4	

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,31
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8,0	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5,3	-	-	-	1,0	0,9	0,8	
End pH	2,8	11,1	3,9	4,1	4,0	4,1	4,0	4,0	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,5	82,8	89,2	89,4	90,2	91,0	91,6	91,7	
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	88,3	88,7	88,8	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,9	2,9	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,0	19,4	19,1	18,6	18,6	18,4	18,0	

Table 17B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,31
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8,0	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5,3	-	-	-	1,0	0,9	0,8	
End pH	2,8	11,2	4,1	3,9	4,0	3,9	4,1	4,0	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,4	82,8	89,1	89,4	90,2	91,0	91,6	91,7	
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	88,3	88,7	88,8	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,9	2,9	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	19,9	19,3	19,0	18,5	18,6	18,4	18,0	

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,85
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	4,9	-	-	-	0,9	0,7	0,7	
End pH	2,8	11,3	4,1	4,0	4,2	3,9	4,0	3,9	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74,0	83,9	89,7	89,8	90,6	91,6	92	92,3	
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	88,7	89,1	89,3	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,9	2,9	3,0	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	19,4	18,9	18,2	17,7	17,9	17,3	16,9	

Table 18B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,85
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	4,9	-	-	-	0,9	0,7	0,7	
End pH	2,8	11,3	3,9	4,0	4,1	3,9	4,0	4,1	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74,0	84,0	89,7	89,8	90,6	91,6	92	92,3	
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	88,7	89,1	89,3	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,9	2,9	3,0	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	19,4	18,9	18,2	17,7	17,9	17,3	16,9	

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,83
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	6,2	-	-	-	1,3	1,1	0,9	
End pH	4,1	11,4	4,1	4,1	4,2	4,0	4,0	4,1	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,1	77,8	88,1	88,5	89,4	89,9	90,5	91,3	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,4	88,0	88,6	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,5	2,5	2,7	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	22,4	21,1	20,8	20,1	20,0	19,7	19,1	

Table 19B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,83
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	6,2	-	-	-	1,3	1,1	0,9	
End pH	3,9	11,2	3,9	4,1	4,2	4,0	4,0	4,1	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,1	77,9	88,1	88,5	89,4	89,9	90,5	91,2	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	87,4	88,0	88,6	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,5	2,5	2,6	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	22,4	21,2	20,8	20,1	20,0	19,7	19,1	

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,82
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6,0	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5,8	-	-	-	1,1	0,9	0,8	
End pH	4,1	11,1	4,1	4,1	4,0	3,9	4,0	4,0	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	72,3	79,7	88,4	88,9	89,4	90,5	91,3	91,6	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,0	88,6	88,8	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,5	2,7	2,8	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	21,8	20,5	20,0	18,9	19,5	18,8	18,2	

Table 20B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,82
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6,0	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5,8	-	-	-	1,1	0,9	0,8	
End pH	4,1	11,1	3,9	4,1	4,0	4,1	4,0	4,0	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	72,3	79,7	88,4	88,9	89,5	90,5	91,3	91,6	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,0	88,6	88,8	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,5	2,7	2,8	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	21,7	20,8	20,1	18,9	19,5	18,8	18,2	

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,33
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	4	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5	-	-	-	0,9	0,8	0,7	
End pH	3,9	11,3	4,1	4,0	4,2	3,9	4,0	3,9	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74,9	80,5	88,9	89,1	89,9	91,3	91,8	91,9	
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	88,6	88,9	89,0	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,9	2,9	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,2	19,3	18,5	18,1	18,8	18,0	17,5	

Table 21B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	12,33
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	4	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5	-	-	-	0,9	0,8	0,7	
End pH	4,1	11,1	3,9	4,0	4,1	3,9	4,0	4,1	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74,9	80,5	88,9	89,1	89,8	91,3	91,8	91,9	
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	88,6	88,9	89,0	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,9	2,9	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,2	19,3	18,5	18,1	18,8	18,0	17,5	

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	10,74
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5,7	-	-	-	1,1	0,9	0,7	
End pH	4,0	11,3	3,9	4,0	4,0	4,0	3,9	4,1	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,1	82,7	89,0	89,6	90,4	90,9	91,4	91,8	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,3	88,7	88,9	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,7	2,9	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,6	20,0	19,7	19,1	19,4	19,1	18,5	

Table 22B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	3,5	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	10,74
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	8	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5,7	-	-	-	1,1	0,9	0,7	
End pH	4,0	11,3	4,1	4,0	4,0	4,0	3,9	4,1	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	71,1	82,7	89,0	89,6	90,4	90,9	91,4	91,8	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,3	88,7	88,9	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,6	2,7	2,9	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,5	20,0	19,7	19,1	19,5	19,1	18,6	

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,21
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6,0	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5	-	-	-	0,9	0,7	0,7	
End pH	4,1	11,1	4,0	4,1	4,2	3,9	4,1	4,0	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	72,3	83,4	89,2	89,8	90,7	91,3	91,9	92,2	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,6	89,0	89,2	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,9	3,0	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,0	19,4	18,9	18,4	18,9	18,4	18,0	

Table 23B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation D(EP)DD
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	4,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,21
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	6,0	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	5	-	-	-	0,9	0,7	0,7	
End pH	4,1	11,2	4,0	3,9	4,1	4,1	4,1	4,0	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	72,3	83,3	89,2	89,8	90,7	91,3	91,8	92,2	
<sup>2</sup> Revered Brightness., % ISO	-	-	-	-	-	88,6	89,0	89,2	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,7	2,8	3,0	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	20,0	19,4	18,9	18,4	18,9	18,4	18,0	



Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,77
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	4	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	4,7	-	-	-	0,8	0,7	0,6	
End pH	4,1	11,3	3,9	4,0	4,2	3,9	4,0	4,1	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74,9	84,3	89,8	90,3	91	91,7	92,2	92,4	
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	88,8	89,3	89,4	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,9	2,9	3,0	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	19,5	18,8	18,3	17,7	18,0	17,6	17,0	

Table 24B

Conditions and Results	Bleaching Stages								Chemical consumption to 90% ISO brightness via Interpolation
	Do	(EPO)	D1	D2	D3	D	D	D	
Consistency, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Temperature, °C	56	76	74	74	74	75	75	75	
Time, min	90	130	170	170	170	170	170	170	
Pressure, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	5,2	-	6,4	8,4	10,4	1,6	1,6	1,6	11,77
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	13,2	-	1	3	0,5	0,5	0,5	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	4	-	-	-	-	-	-	-	
Kappa Number	-	4,7	-	-	-	0,8	0,7	0,6	
End pH	4,0	11,3	4,1	4,0	4,2	3,9	4,0	3,9	
Reagent Consumed, %	100	100	100	100	100	100	100	100	
Pulp COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>1</sup> Brightness, % ISO	74,9	84,3	89,8	90,3	91	91,7	92,3	92,4	
<sup>2</sup> Revered Brightness, % ISO	-	-	-	-	-	88,8	89,3	89,4	
<sup>3</sup> Reversion % ISO	-	-	-	-	-	2,9	3,0	3,0	
Viscosity, dm <sup>3</sup> /kg	-	19,5	18,8	18,3	17,8	18,0	17,6	17,0	

## APENDICE D

### Datos pruebas de Laboratorio pulpas de Pino

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	56	110	147	147	147	147	150	150	150	150	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	6,1	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	13,10
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	2,5	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	3,3	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-
pH final	2,9	11,5	4,2	4,1	4	4,3	3,9	4,1	4,2	4,0	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	59,6	70,7	78,3	80,2	83,6	85,6	86,4	88,1	90,0	90,6	90,0
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	83,9	85,8	87,7	88,0	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,5	2,3	2,3	2,6	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	850	841	828	811	-

Table 1B

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	55,6	109,8	147,3	147,3	147,3	147,3	149,7	149,7	149,7	149,7	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	6,1	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	13,18
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	2,5	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	3,2	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-
pH final	2,8	11,5	4,1	4	4	4,3	3,9	4,1	4,1	3,9	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	59,5	70,5	78,2	80,2	83,5	85,6	86,3	88,1	89,9	90,6	90,0
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	83,9	85,8	87,7	88,0	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,4	2,3	2,2	2,6	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	847	840	824	810	-

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	56	110	147	147	147	147	150	150	150	150	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	6,1	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	12,84
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	2,5	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	2,9	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-
pH final	2,9	11,3	3,6	3,7	3,5	3,8	3,9	4,0	3,9	4,2	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	59,6	70,7	79,0	80,5	84	86,1	86,9	88,6	90,3	91,0	90,0
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	84,5	86,3	87,7	88,4	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,4	2,3	2,6	2,6	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	844	831	813	797	-

Table 1B

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	55,6	109,8	147,3	147,3	147,3	147,3	149,7	149,7	149,7	149,7	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	6,1	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	12,85
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	2,5	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	3	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-
pH final	2,8	11,4	3,6	3,7	3,6	3,8	3,8	4,0	3,8	4,1	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	59,5	73,1	79,7	80,5	84,1	86,1	87,0	88,5	90,3	91,0	-
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	84,5	86,3	87,7	88,4	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,5	2,2	2,6	2,6	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	847	831	812	796	-

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	56	110	147	147	147	147	150	150	150	150	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	6,1	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	12,66
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	2,5	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	2,8	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-
pH final	2,9	11,5	4,1	4,0	4	3,8	4,2	4,2	3,9	4,0	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	59,6	75,8	80,6	81,6	84,8	86,7	87,9	88,8	90,5	91,4	90,0
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	84,5	86,3	87,8	88,7	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	3,4	2,5	2,7	2,7	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	844	825	819	797	-

Table 1B

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	55,6	109,8	147,3	147,3	147,3	147,3	149,7	149,7	149,7	149,7	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	6,1	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	12,63
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	2,5	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	2,8	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-
pH final	2,8	11,4	4,1	4,0	3,9	3,8	4,0	4,2	3,9	3,9	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	59,6	79,5	80,7	81,6	84,9	86,8	87,9	88,9	90,5	91,3	-
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	85,4	86,3	87,8	88,7	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,5	2,6	2,7	2,6	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	843	823	819	796	-

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	56	110	147	147	147	147	150	150	150	150	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	7,7	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	14,23
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	1	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	2,9	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-
pH final	2,9	11,4	4,1	4,3	4,1	4	4,1	4,0	3,9	4,3	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	63,6	73,4	82,0	82,6	86,4	88,8	87,2	88,9	90,5	91,3	90,0
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	84,8	86,3	87,7	89,0	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,4	2,6	2,8	2,3	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	835	824	810	800	-

Table 1B

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	55,6	109,8	147,3	147,3	147,3	147,3	149,7	149,7	149,7	149,7	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	7,7	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	14,30
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	1	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	2,9	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-
pH final	2,9	11,5	3,9	4,2	4	4	4,1	3,9	3,9	4,2	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	63,5	73,3	81,8	82,6	86,3	88,6	87,2	88,9	90,4	91,3	-
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	84,8	86,3	88,1	89,0	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,4	2,6	2,3	2,3	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	836	824	811	804	-

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	56	110	147	147	147	147	150	150	150	150	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	7,7	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	13,20
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	1,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	1	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	2,6	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-
pH final	2,9	11,3	4,0	4,3	4	4,2	4,2	4,1	3,9	4,3	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	63,6	75,3	82,5	84,7	87,9	89	88,2	90,0	90,6	91,6	90,0
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	85,7	87,6	88,4	89,0	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,5	2,4	2,2	2,6	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	828	816	800	789	-

Table 1B

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	55,6	109,8	147,3	147,3	147,3	147,3	149,7	149,7	149,7	149,7	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	7,7	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	13,20
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	1,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	1	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	2,6	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-
pH final	2,8	11,3	3,9	4,2	4	4	4,1	4,0	3,9	4,2	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	63,6	75,2	82,3	84,5	87,9	88,9	88,2	90,0	90,8	91,7	-
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	85,7	87,6	88,4	89,0	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,5	2,4	2,4	2,7	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	829	815	800	788	-

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	56	110	147	147	147	147	150	150	150	150	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	7,7	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	12,45
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	1	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	2,3	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-
pH final	2,9	11,3	4,0	3,7	3,9	3,9	4,1	3,9	4,1	4,0	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	67,7	77,9	83,5	85,7	88,5	89,3	89,0	90,6	91,1	92,0	90,0
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	86,8	88,3	88,6	89,4	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,2	2,3	2,5	2,6	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	820	801	790	780	-

Table 1B

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	55,6	109,8	147,3	147,3	147,3	147,3	149,7	149,7	149,7	149,7	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	7,7	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	12,49
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	1	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	2,4	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-
pH final	2,9	11,4	4,0	3,8	4	3,9	4,1	4,0	3,9	4,1	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	63,5	77,8	83,5	85,6	88,3	89,3	89,1	90,5	91,0	91,9	90,0
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	86,8	88,3	88,6	89,4	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,3	2,2	2,4	2,5	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	822	802	792	781	-

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	56	110	147	147	147	147	150	150	150	150	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	6,1	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	12,60
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	2,5	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	3	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-
pH final	2,8	10,8	4,1	4,2	3,9	4,1	4,0	4,0	4,1	3,9	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	59,8	80,5	78,8	80,6	84	86,2	87,0	88,5	90,4	90,0	90,0
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	84,4	86,3	88,0	88,6	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,6	2,2	2,4	1,4	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	842	831	820	809	-

Table 1B

Condiciones y Resultados	Etapas de Blanqueo										Consumo químico a 90% ISO blancura por interpolación
	Do	(EPO)	D11	D12	D13	D14	D2	D2	D2	D2	D(EP)DD
Consistencia, %	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	-
Temperatura, °C	57	77	76	76	76	76	76	76	76	76	-
Tiempo, min	55,6	109,8	147,3	147,3	147,3	147,3	149,7	149,7	149,7	149,7	-
Presión, kPa	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub> , kg/odt	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kappa Factor	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ClO <sub>2</sub> , kg/odt	6,1	-	1,5	3,5	5,0	7,5	2	2	2	2	13,10
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , kg/odt	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/odt	-	12,4	-	-	1	2,5	1	1	1	1	-
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/odt	2,5	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Número Kappa	-	3,1	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-
pH final	2,9	10,9	4,0	4,1	3,8	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	-
Consumo Reactivos, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-
Pulpa COD, kg O <sub>2</sub> /t	2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blancura, % ISO	59,6	80,3	78,6	80,4	83,8	86	86,9	88,3	90,3	90,8	-
Blancura de Reversión, % ISO	-	-	-	-	-	-	84,6	85,9	87,9	88,4	-
Reversión % ISO	-	-	-	-	-	-	2,3	2,4	2,4	2,4	-
Viscosidad, dm <sup>3</sup> /kg	-	-	-	-	-	-	845	837	828	815	-



## **APÉNDICE E**

Datos campaña de Eucaliptus durante la prueba industrial.

	Prod. Máquina	Etapa D0																			Etapa Eop							
		Kappa P5	Kappa P5 Psa 5	DQO P5 kg/ADt	Acido Sulfurico				Dioxido de Cloro		pH	Residual ppm	Brillo %	Blancura % ISO	Soda		Oxigeno		Peroxido		Temp --	pH	Minikappa --	Blancura %				
					kg/ADt	ton/8h	kg/ADt	ton/8h	kg/ADt	ton/8h					kg/ADt	ton/8h	kg/ADt	ton/8h	kg/ADt	ton/8h					kg/ADt	ton/8h		
19-11-09 07:00	577,2	10,00	8,25		0,00	0,00	6,00	3,46	3,85	2,25	51,51	58,05	8,54	4,93	4,83	2,79	2,90	1,67	84,31	10,35	2,18	71,45						
19-11-09 15:00	587,0	9,99	8,95	4,90	0,03	0,02	6,11	3,59	3,90	1,08	56,76	65,65	9,71	5,61	4,69	2,71	2,87	1,66	82,10	10,35	2,00	71,35						
19-11-09 23:00	523,5	10,45	10,20		0,00	0,00	6,42	3,36	4,26	6,86	58,84	70,70	10,01	5,78	2,44	1,41	2,58	1,49	79,74	10,86	3,45	78,30						
20-11-09 07:00	625,6	9,56	8,80		0,05	0,03	5,59	3,50	4,07	1,17	65,20	77,30	9,16	5,29	2,27	1,31	2,54	1,47	79,95	10,67	3,03	81,40						
20-11-09 15:00	570,8	9,41	8,55		0,04	0,02	5,80	3,31	4,03	1,63	63,96	77,60	9,18	5,30	2,74	1,58	2,55	1,47	79,05	10,57	2,99	83,40						
20-11-09 23:00	491,3	9,51	9,40		0,00	0,00	7,39	3,63	3,95	0,45	65,08	74,60	9,07	5,24	2,85	1,65	2,48	1,43	80,42	10,50	3,03	80,65						
21-11-09 07:00	143,8	9,20	9,10		0,00	0,00	7,32	3,37	4,13	1,40	68,00	78,90	8,55	4,94	2,78	1,60	2,41	1,39	80,77	10,77	3,15	83,55						
21-11-09 15:00	326,3	8,96	8,20		0,67	0,39	7,26	2,37	3,85	1,10	67,90	81,60	6,24	3,60	1,78	1,03	1,71	0,98	78,60	10,65	2,85	85,50						
21-11-09 23:00	628,5	9,26	8,40		5,01	2,89	5,87	3,69	3,50	1,75	65,89	77,30	9,45	5,46	2,95	1,70	2,68	1,55	78,29	10,50	3,17	84,20						
22-11-09 07:00	627,9	9,19	9,30		5,94	3,43	5,78	3,63	3,43	0,50	66,35	76,50	10,69	6,17	2,55	1,47	2,52	1,45	79,87	10,20	3,46	84,50						
22-11-09 15:00	628,3	9,14	8,70		6,57	3,79	6,11	3,84	3,08	0,45	67,19	76,55	10,89	6,29	2,18	1,26	2,53	1,46	79,21	10,33	3,40	84,20						
22-11-09 23:00	560,7	9,31	9,15		7,31	4,22	6,88	3,86	3,06	0,88	66,63	77,30	10,88	6,28	0,16	0,09	2,54	1,46	79,33	10,26	3,69	84,10						
23-11-09 07:00	434,0	9,45	9,00		7,11	4,10	9,55	4,14	3,17	0,00	66,39	76,40	11,51	6,65	0,00	0,00	2,61	1,51	78,97	10,07	3,47	83,80						
23-11-09 15:00	586,2	9,26	8,85	7,43	5,29	3,05	5,80	3,40	3,25	0,35	67,13	77,30	10,15	5,86	0,00	0,00	2,48	1,43	79,56	10,08	3,49	82,90						
23-11-09 23:00	621,1	9,39	8,70		0,92	0,53	4,98	3,09	3,78	0,68	66,31	78,20	9,41	5,43	0,00	0,00	2,41	1,39	79,98	10,22	3,31	83,60						
24-11-09 07:00	614,3	9,36	9,05		1,24	0,72	5,40	3,32	4,10	3,30	67,45	78,05	9,27	5,35	0,00	0,00	2,37	1,37	80,17	10,70	3,78	81,90						
24-11-09 15:00	617,5	9,14	8,35		1,84	1,06	4,35	2,69	4,20	2,10	67,60	78,60	7,93	4,58	0,00	0,00	2,43	1,40	80,19	10,60	3,54	84,10						
24-11-09 23:00	590,2	9,34	8,95	8,70	2,45	1,42	4,44	2,62	4,05	1,25	64,82	76,35	7,63	4,40	0,00	0,00	2,43	1,40	80,00	10,05	3,73	82,35						
25-11-09 07:00	639,2	9,59	9,45		2,40	1,39	4,65	2,97	4,03	1,15	63,31	74,75	8,64	4,99	0,00	0,00	2,46	1,42	80,14	10,10	3,97	80,87						
25-11-09 15:00	609,3	9,56	9,30		2,16	1,25	4,30	2,62	3,83	1,40	63,40	73,05	8,46	4,88	0,00	0,00	2,41	1,39	80,40	10,35	3,84	81,55						
25-11-09 23:00	617,6	9,26	9,20	7,80	2,12	1,22	3,83	2,36	3,93	0,40	66,34	75,55	7,86	4,54	0,00	0,00	2,42	1,40	80,43	10,27	4,01	81,90						
26-11-09 07:00	610,7	9,35	8,65		2,14	1,23	4,01	2,45	4,08	1,15	65,96	76,65	8,21	4,74	0,00	0,00	2,45	1,41	79,94	10,53	3,96	82,17						
26-11-09 15:00	607,3	9,38	9,25	8,10	2,79	1,61	3,95	2,40	4,23	2,43	64,67	73,90	8,50	4,91	0,00	0,00	2,50	1,44	79,56	10,53	4,21	81,60						
26-11-09 23:00	613,0	9,52	9,20		3,05	1,76	3,83	2,35	4,08	1,18	64,72	72,90	8,33	4,81	0,00	0,00	2,44	1,41	79,76	10,36	4,14	80,30						
27-11-09 07:00	595,2	9,52	9,90		3,04	1,75	4,38	2,61	4,08	1,55	65,24	74,30	8,49	4,90	0,00	0,00	2,53	1,46	79,23	10,15	4,03	80,60						
27-11-09 15:00	607,7	9,61	9,70		3,04	1,76	4,65	2,83	4,05	1,05	64,55	73,45	9,53	5,50	0,00	0,00	2,49	1,44	81,79	10,53	4,36	80,50						
27-11-09 23:00	561,0	9,35	9,00		2,85	1,65	4,98	2,79	3,88	0,20	67,01	75,70	9,12	5,26	0,00	0,00	2,47	1,42	83,07	10,28	4,00	82,30						
28-11-09 07:00	527,0	9,36	9,30		2,73	1,58	5,12	2,70	3,95	0,63	65,85	74,60	9,12	5,26	0,00	0,00	2,48	1,43	82,76	10,30	3,78	82,20						
28-11-09 15:00	543,1	9,31	9,75		2,73	1,57	4,71	2,56	4,07	1,47	67,79	75,60	8,19	4,73	0,00	0,00	2,47	1,43	82,33	10,40	4,23	82,30						
28-11-09 23:00	515,7	9,23	9,05		2,76	1,59	4,67	2,41	4,00	1,06	69,52	77,40	8,25	4,76	0,03	0,02	2,41	1,39	81,70	9,93	4,06	83,55						
29-11-09 07:00	508,8	8,92	10,70		1,85	1,07	5,74	2,92	3,75	0,13	62,65	71,20	7,52	4,34	2,86	1,65	2,18	1,26	84,83	10,08	3,85	41,65						
29-11-09 15:00	499,1	9,43	9,95		0,48	0,27	4,23	2,11	3,17	0,00	50,23	55,90	5,20	3,00	2,28	1,31	1,40	0,81	81,18	10,35	2,20	73,90						
29-11-09 23:00	508,0	10,65	10,00		0,91	0,52	6,28	3,19	3,13	0,00	50,60		7,29	4,21	3,09	1,78	1,90	1,09	75,29	9,67	1,74							
30-11-09 07:00	542,4	10,42	10,95		1,70	0,98	8,66	4,70	2,88	0,00	51,44	60,60	11,24	6,49	4,61	2,66	2,72	1,57	80,55	10,70	1,62	73,75						
30-11-09 15:00	624,5	10,17	9,10	6,53	1,67	0,96	5,29	3,30	2,87	1,87	52,25	61,40	8,13	4,69	3,57	2,06	2,18	1,26	81,00	10,80	1,75							

Etapa D1									Etapa D2								
Dioxido de Cloro		Soda		Residual	pH	Residual	Blancura	Brillo	Dioxido de Cloro		Soda		Residual	pH	Residual	Blancura	Brillo
kg/ADt	ton/8h	kg/ADt	ton/8h	ppm	--	ppm	% ISO	%	kg/ADt	ton/8h	kg/ADt	ton/8h	ppm	--	ppm	% ISO	%
6,34	3,66	2,07	1,19	64,37	3,60	33,65	86,78	87,80	2,33	1,34	1,89	1,09	80,52	3,95	69,30	88,95	89,01
6,34	3,66	2,02	1,17	26,32	3,88	28,30	86,77	88,10	2,30	1,33	1,88	1,09	77,71	4,03	52,73	88,38	89,18
4,89	2,82	0,64	0,37	1,37	4,18	12,34	87,34	87,20	2,15	1,24	1,76	1,01	19,76	4,16	23,32	89,05	90,61
5,48	3,17	0,56	0,32	-0,40	4,17	0,00	88,20	88,06	2,16	1,25	1,16	0,67	-3,89	4,23	0,00	90,12	92,01
4,86	2,80	0,48	0,27	1,00	4,20	0,47	89,90	89,15	1,87	1,08	0,90	0,52	-2,28	4,08	1,40	91,10	92,67
5,29	3,05	0,43	0,25	-0,53	4,20	0,00	89,07	88,98	1,99	1,15	0,86	0,50	-4,11	4,07	0,00	90,61	92,66
5,00	2,89	0,40	0,23	0,35	4,00	0,00	89,18	89,82	1,95	1,13	0,86	0,49	-1,81	3,93	0,00	90,65	92,66
3,69	2,13	0,31	0,18	0,37	4,05	0,00	91,03	86,52	1,41	0,81	0,63	0,36	-2,64	4,00	0,00	91,74	89,16
5,07	2,93	0,43	0,25	0,05	4,08	0,00	90,57	89,82	1,81	1,04	0,88	0,51	-3,88	3,93	0,98	92,01	93,09
4,86	2,80	0,47	0,27	-0,75	3,97	0,00	89,93	89,64	1,60	0,92	0,96	0,55	-8,87	3,83	0,00	91,04	92,75
5,17	2,98	0,49	0,28	-0,89	4,08	0,00	89,15	90,14	1,70	0,98	1,01	0,58	-8,48	4,03	0,00	90,41	92,70
5,27	3,04	0,50	0,29	-0,64	4,08	0,00	89,83	89,87	1,72	0,99	1,01	0,59	-8,43	3,98	0,00	90,80	92,89
5,44	3,14	0,51	0,29	-0,04	4,03	0,00	89,14	89,88	1,80	1,04	1,05	0,61	-8,30	4,00	0,00	90,23	92,74
5,54	3,20	0,50	0,29	-0,37	3,98	0,00	88,86	89,78	1,73	1,00	1,03	0,60	-7,76	4,03	0,00	89,80	92,55
4,93	2,85	0,45	0,26	0,36	3,94	0,00	89,72	89,86	1,51	0,87	0,94	0,54	-7,80	3,90	0,00	90,73	92,76
5,36	3,09	0,44	0,26	1,40	4,13	0,00	89,08	89,69	1,82	1,05	0,95	0,55	-7,18	4,03	0,00	90,48	92,69
5,62	3,24	0,45	0,26	0,27	4,07	0,00	89,56	89,97	1,77	1,02	0,96	0,56	-7,70	3,97	0,00	90,36	92,77
5,63	3,25	0,45	0,26	-0,66	3,95	0,00	89,27	89,31	1,74	1,00	0,96	0,55	-8,38	3,95	0,00	90,70	92,83
6,15	3,55	0,56	0,32	-0,61	3,85	0,00	88,47	89,07	1,97	1,13	1,05	0,60	-9,35	3,78	0,00	89,86	92,60
5,64	3,26	0,68	0,39	-1,13	3,80	0,00	88,30	88,65	1,83	1,06	1,13	0,65	-9,83	3,73	0,00	89,75	92,61
5,45	3,15	1,12	0,65	-1,23	4,00	0,00	88,05	88,89	1,80	1,04	1,25	0,72	-8,93	3,87	0,00	89,91	92,56
5,66	3,27	1,22	0,70	-0,81	4,18	0,00	89,11	89,28	1,86	1,08	1,29	0,75	-6,81	4,16	0,00	90,17	92,55
5,55	3,20	1,40	0,81	-0,85	4,17	0,00	88,28	89,23	1,83	1,05	1,17	0,68	-6,88	4,13	0,00	89,85	92,39
5,55	3,20	1,47	0,85	-1,39	4,26	0,00	87,96	89,02	1,80	1,04	0,99	0,57	-7,02	4,14	0,00	89,40	92,13
6,03	3,48	1,48	0,85	-0,69	4,23	0,00	88,00	89,10	1,94	1,12	0,98	0,57	-5,85	4,12	0,00	89,26	92,01
5,72	3,30	1,60	0,92	-0,88	4,25	0,00	87,98	88,85	1,89	1,09	0,97	0,56	-7,44	4,13	0,00	89,34	92,12
5,82	3,36	1,70	0,98	-1,06	4,18	0,00	88,48	89,61	2,07	1,19	1,00	0,58	-8,62	3,98	0,00	89,90	92,57
5,75	3,32	1,76	1,01	-1,18	4,28	0,00	89,29	89,87	2,07	1,20	1,08	0,62	-7,98	4,00	0,00	90,53	92,67
6,15	3,55	1,77	1,02	-0,74	4,27	0,00	89,20	89,83	2,21	1,27	1,08	0,63	-8,45	4,17	0,00	90,08	92,67
5,76	3,32	1,81	1,05	-0,78	4,14	0,00	89,50	89,85	2,05	1,18	1,06	0,61	-8,87	3,94	0,00	90,74	92,75
4,74	2,73	1,51	0,87	-1,16	4,25	0,00	89,59	89,36	1,60	0,92	0,84	0,48	-8,71	4,14	0,00	90,40	92,59
2,84	1,64	0,99	0,57	-0,70	4,03	0,00	89,28	86,14	0,94	0,54	0,72	0,42	-10,32	4,03	0,00	91,00	87,43
3,76	2,17	1,27	0,73	0,09	4,10	1,47	85,92	86,44	1,35	0,78	1,04	0,60	-8,65	4,20	2,43	89,76	88,77
5,78	3,34	1,97	1,14	42,53	4,13	49,18	88,33	88,36	2,05	1,18	1,54	0,89	13,13	4,18	22,45	89,33	90,46
4,68	2,70	1,55	0,90	34,03	4,13	41,63	88,22	88,12	1,53	0,89	1,22	0,71	17,70	4,03	22,00	89,94	91,36

## APÉNDICE F

Datos Campaña de Pino

Prod. Máquina	ADtm	Eapa D0														Eapa Eop								
		Kappa P5		QDO P5	Acido Sulfurico		Dioxido de Cloro		Residual	pH	Residual	Brillo	Blancura	Soda		Oxigeno		Peroxido		Temp	pH	Minikappa	Blancura	
		Psa 5	kg/ADt	kg/ADt	ton/8h	kg/ADt	ton/8h	ppm	ppm	ppm	%	% ISO	kg/ADt	ton/8h	kg/ADt	ton/8h	kg/ADt	ton/8h	--	--	--	%		
01-11-09 08:00	553,7	569,8	10,14	8,65		3,54	1,96	7,95	4,40	-22,36	2,97	1,30	52,67	59,75	9,84	5,45			3,17	1,75	78,07	11,03	1,41	74,25
01-11-09 15:00	583,0	567,3	10,40	9,85		3,61	2,00	7,67	4,47	-26,10	3,00	0,00	52,31	58,95	10,33	5,72			3,08	1,71	78,12	10,73	1,83	74,20
01-11-09 23:00	552,0	576,1	10,38	9,65		3,60	1,99	8,22	4,54	-22,78	2,78	0,70	52,30	63,80	10,29	5,70			3,11	1,72	78,24	10,76	1,63	73,83
02-11-09 07:00	607,9	584,6	10,05	9,55		4,03	2,23	6,90	4,20	-25,90	2,93	0,00	52,65	57,85	10,28	5,69			3,12	1,73	77,65	11,13	1,76	74,23
02-11-09 15:00	573,8	584,8	9,70	8,85		3,92	2,17	7,26	4,16	-25,08	2,93	0,00	53,08	61,00	10,11	5,60			3,18	1,76	79,15	10,73	1,68	74,70
02-11-09 23:00	506,9	523,6	9,81	8,80		3,85	2,13	8,59	4,36	-24,83	2,93	0,00	52,92	63,70	10,08	5,58			3,22	1,78	79,27	10,33	1,58	75,75
03-11-09 07:00	505,7	194,1	10,11	9,40		3,22	1,79	7,92	4,00	-25,59	2,90	0,00	52,58	61,45	9,41	5,21			2,83	1,57	79,96	10,50	1,73	74,05
03-11-09 15:00	401,1	495,7	10,07	8,70		1,19	0,66	7,60	1,48	-24,44	2,70	0,00	52,28	60,50	3,74	2,07			1,16	0,64	80,32	10,65	1,40	77,70
03-11-09 23:00	635,4	580,5	10,01	9,85	6,18	3,91	2,16	6,15	3,57	-22,00	2,78	0,00	53,48	59,50	8,37	4,64			2,68	1,48	79,90	10,73	1,53	75,80
04-11-09 07:00	610,7	564,0	10,55	10,10		4,74	2,63	8,25	5,04	-24,65	2,98	0,00	51,88	58,25	11,25	6,23			3,15	1,75	79,33	10,50	1,90	74,65
04-11-09 16:00	464,0	577,4	10,56	10,10		4,70	2,60	10,33	4,79	-25,59	3,00	0,00	51,78	58,55	11,68	6,47			3,19	1,77	78,70	10,85	2,00	73,20
04-11-09 23:00	613,7	585,0	10,27	9,75		4,68	2,59	7,12	4,37	-25,89	2,94	0,00	52,06	58,25	10,91	6,04			3,15	1,74	78,69	10,22	1,72	74,75
05-11-09 07:00	572,7	585,2	10,23	9,45		4,63	2,56	8,08	4,63	-25,93	2,95	0,00	52,08	58,40	10,98	6,08			3,19	1,77	78,84	10,83	1,81	73,10
05-11-09 15:00	590,9	583,9	10,41	9,65	7,90	4,79	2,65	8,09	4,78	-25,92	2,98	1,05	51,78	57,25	11,28	6,25			3,17	1,76	78,87	10,73	1,86	72,85
05-11-09 23:00	523,7	545,2	10,38	10,90	8,30	4,68	2,59	8,80	4,61	-25,77	2,85	0,35	51,50	57,00	11,31	6,26			3,19	1,77	78,49	10,58	1,89	73,70
06-11-09 07:00	616,6	567,1	10,54	9,50		4,48	2,48	7,99	4,93	-24,88	2,83	0,00	51,36	55,40	11,50	6,37			2,98	1,65	78,84	10,13	1,73	75,00
06-11-09 15:00	590,6	554,0	10,29	9,85	8,70	4,37	2,42	8,09	4,78	-24,22	2,85	2,08	51,89	59,40	10,99	6,08			3,07	1,70	79,09	10,45	1,73	
06-11-09 23:00	481,7	498,9	10,41	10,10		3,97	2,20	9,64	4,64	-18,19	2,70	0,35	51,86	57,60	10,63	5,89			3,01	1,67	79,82	10,28	1,55	74,60
07-11-09 07:00	620,4	425,4	10,18	9,00		3,42	1,89	6,25	3,87	-25,23	2,80	0,00	52,14	62,50	9,28	5,14			2,77	1,54	80,12	10,50	1,61	74,97
07-11-09 15:00	585,9	582,9	10,47	10,30		2,59	1,44	6,01	3,52	-24,92	2,73	1,40	52,56	57,75	8,55	4,73			2,49	1,38	79,67	10,30	1,78	73,00
07-11-09 23:00	482,4	584,5	10,48	10,95		4,86	2,69	10,83	5,23	-24,58	2,70	0,00	51,83	62,70	11,64	6,45			3,09	1,71	79,52	9,98	1,79	73,90
08-11-09 07:00	610,5	584,0	10,30	9,90		4,76	2,64	7,55	4,61	-25,96	2,80	0,00	52,21	57,95	11,88	6,58			3,16	1,75	79,77	10,18	1,70	73,20
08-11-09 15:00	592,1	558,6	10,21	9,40		4,77	2,64	8,11	4,80	-24,61	2,83	1,30	52,29	58,00	11,87	6,57			3,15	1,74	79,64	10,43	1,78	
08-11-09 23:00	485,8	550,0	10,35	10,55		4,60	2,55	9,25	4,49	-19,09	2,60	1,24	51,99	61,45	11,52	6,38			3,04	1,68	80,52	10,44	1,66	74,80
09-11-09 07:00	617,4	550,1	10,40	10,05		4,27	2,36	7,43	4,59	-25,71	2,60	0,00	51,79	59,30	11,36	6,29			3,00	1,66	80,62	10,30	1,70	73,70
09-11-09 15:00	573,1	550,7	10,71	10,05		4,28	2,37	8,28	4,74	-25,77	2,65	2,55	51,41	55,50	11,72	6,49			2,99	1,66	80,83	10,63	1,89	54,63
09-11-09 23:00	498,3	550,0	10,25	10,80		4,03	2,23	9,08	4,52	-25,42	2,75	0,00	52,00	58,65	11,58	6,41			2,98	1,65	82,57	10,73	1,61	74,05
10-11-09 07:00	605,2	550,1	10,53	10,80		4,13	2,29	7,69	4,65	-25,66	2,70	0,00	51,47	56,50	11,59	6,42			2,96	1,64	82,94	10,40	1,65	73,80
10-11-09 15:00	576,6	534,5	10,23	9,65	4,10	3,93	2,18	7,32	4,22	-25,60	2,85	3,63	51,66	57,90	11,19	6,20			2,94	1,63	83,94	10,60	1,72	72,40
10-11-09 23:00	507,0	536,8	10,39	10,45		3,66	2,03	9,43	4,78	-25,13	2,75	0,00	51,29	58,75	11,17	6,18			2,90	1,60	85,08	10,50	1,74	73,50
11-11-09 08:00	460,6	567,1	9,82	9,40		2,91	1,61	9,11	4,20	-14,65	2,63	2,60	52,58	64,90	11,58	6,41			3,00	1,66	84,29	10,73	1,45	74,83
11-11-09 15:00	638,9	491,9	9,99	9,55	6,10	3,75	2,08	6,74	4,31	-23,07	3,03	0,00	52,45	62,40	11,23	6,22	2,59	1,43	3,07	1,70	85,12	10,63	1,57	75,23
11-11-09 23:00	587,7	511,3	9,66	8,60	6,20	2,77	1,53	6,36	3,74	-21,84	3,00	0,00	52,74	62,20	9,37	5,19	4,46	2,47	2,64	1,46	84,63	10,58	1,39	76,70
12-11-09 07:00	598,9	561,6	9,77	8,70		0,00	0,00			-25,83	3,03	0,00	53,31	65,95	9,83	5,44	4,54	2,52	2,78	1,54	84,64	9,97	1,33	75,90
12-11-09 15:00	555,0	566,0	9,59	9,00		0,40	0,22	7,50	4,16	-26,29	3,53	0,00	52,66	61,20	10,26	5,68	5,07	2,81	3,08	1,71	84,11	11,05	1,58	75,85
12-11-09 23:00	534,7	536,7	9,63	7,80	5,20	3,58	1,98	8,01	4,28	-23,26	2,94	1,60	52,66	63,20	10,03	5,55	5,12	2,84	3,06	1,70	84,59	10,66	1,54	55,90
13-11-09 07:00	591,2	402,5	10,30	9,25		1,53	0,84	6,87	4,06	-26,57	2,70	0,00	51,69	57,90	10,66	5,90	4,77	2,64	2,88	1,60	85,34	10,17	1,52	74,33
13-11-09 15:00	412,0	540,2	9,97	9,15	6,30	0,01	0,00	7,86	3,24	-26,13	2,97	0,00	51,29	61,30	7,61	4,21	3,67	2,03	2,15	1,19	83,47	10,57	1,53	75,13
13-11-09 23:00	571,9	596,8	10,25	8,85		3,92	2,17	7,67	4,39	-24,71	2,98	3,48	51,91	60,70	10,37	5,74	4,83	2,68	2,90	1,61	82,52	10,22	1,66	74,95
14-11-09 07:00	590,3	598,5	10,02	10,10		4,16	2,30	7,74	4,57	-25,71	2,67	0,00	52,24	59,30	11,07	6,13	5,35	2,96	3,27	1,81	84,05	10,33	1,60	75,10
14-11-09 15:00	541,5	479,5	10,00	9,75		4,15	2,30	8,42	4,56	-25,37	2,73	0,00	52,10	58,40	11,04	6,11	5,37	2,97	3,27	1,81	83,93	10,28	1,62	75,43
14-11-09 23:00	519,2	487,6	9,80	9,00		2,94	1,63	7,16	3,72	-24,89	2,73	0,37	52,47	60,85	8,71	4,82	4,35	2,41	2,58	1,43	85,59	10,22	1,56	74,40
15-11-09 07:00	439,5	473,2	9,86	11,25		2,44	1,35	9,74	4,28	-19,10	2,47	8,63	52,46	57,75	10,38	5,75	4,45	2,47	2,60	1,44	84,72	10,37	1,29	77,33
15-11-09 15:00	419,1	547,1	10,19	9,90		2,85	1,58	8,72	3,66	-24,62	2,83	0,50	53,53	58,90	8,87	4,91	4,27	2,37	2,50	1,39	84,12	10,17	1,80	74,70
15-11-09 23:00	629,1	482,1	10,32	9,60		0,00	0,00	7,37	4,63	-25,54	3,05	0,65	51,58	60,10	11,09	6,14	4,90	2,72	2,99	1,66	83,79	10,62	1,68	72,20
16-11-09 07:00	497,0	437,2	10,11	9,00		0,00	0,00	7,88	3,91	-26,70	3,23	0,00	52,15	61,30	10,97	4,97	4,14	2,29	2,61	1,44	84,64	10,73	1,53	74,75
16-11-09 15:00	473,9	533,9	10,20	10,20		0,00	0,00	7,63	3,62	-26,55	2,93	0,00	52,54	61,50	8,28	4,58	4,19	2,32	2,40	1,33	83,35	10,50	1,40	74,90
16-11-09 23:00	552,1	576,2	10,28	8,85		0,01	0,01	267,63	147,76	-26,65	2,88	0,00	51,81	61,70	9,95	5,51	4,89	2,71	2,91	1,61	84,13	10,55	1,53	74,85
17-11-09 07:00	551,1	580,8	10,12	9,70		0,00	0,00	6,95	4,00	-25,75	3,10	0,00	51,79	60,45	10,56	6,13	4,96	2,88	2,96	1,72	83,52	10,67	1,72	74,50
17-11-09 15:00	571,5	575,1	10,11	9,15	5,53	0,25	0,15	7,56	4,35	-26,29	3,33	0,00	51,58	60,75	10,18	5,86	5,02	2,89	3,03	1,74	83,4			

Etapa D1																Etapa D2							
Dioxido de Cloro		Soda		Residual	pH	Residual	Blancura	Brillo	Dioxido de Cloro		Soda		Residual	pH	Residual	Blancura	Brillo						
kg/ADt	ton/hh	kg/ADt	ton/hh	ppm	--	ppm	% ISO	%	kg/ADt	ton/hh	kg/ADt	ton/hh	ppm	--	ppm	% ISO	%						
5.67	3.14	1.76	0.98	69.41	3.73	71.07	87.78	88.60	1.87	1.03	1.85	1.02	55.28	3.90	49.17	89.58	90.13						
6.36	3.52	1.91	1.06	41.10	3.57	18.87	87.43	88.25	2.05	1.14	1.77	0.98	39.33	3.67	19.63	89.20	90.02						
6.52	3.61	1.90	1.05	77.92	3.54	60.70	87.49	88.54	2.13	1.18	1.78	0.99	55.88	3.76	37.66	89.41	89.96						
5.95	3.30	1.93	1.07	53.28	3.70	58.40	87.96	88.23	2.00	1.11	1.81	1.00	46.00	3.83	41.28	89.75	90.46						
6.17	3.41	1.98	1.09	48.94	3.73	29.55	87.76	88.57	2.07	1.14	1.85	1.02	48.53	3.88	29.13	89.31	90.03						
6.33	3.51	2.00	1.11	66.72	3.53	50.83	87.93	88.64	2.15	1.19	1.88	1.04	63.48	3.68	33.23	89.71	90.01						
5.67	3.14	1.88	1.04	56.78	3.60	45.80	87.10	88.13	1.90	1.05	1.85	1.02	55.16	3.73	36.38	89.42	89.90						
6.79	1.32	0.81	0.45	5.16	3.50	6.35	88.60	82.46	1.90	1.05	0.81	0.45	3.13	3.80	6.95	89.85	84.73						
4.70	2.73	1.63	0.90	56.40	3.68	36.43	88.20	86.83	1.89	1.10	1.61	0.89	44.95	4.05	39.50	89.67	89.69						
6.60	3.65	2.07	1.14	63.24	3.70	75.55	88.54	88.77	2.35	1.30	2.00	1.11	79.21	3.93	69.23	90.37	89.25						
6.42	3.56	2.09	1.16	29.69	3.80	16.35	86.92	88.79	2.34	1.30	1.97	1.09	70.42	3.85	41.90	89.18	89.52						
5.91	3.27	2.01	1.11	36.79	3.84	36.44	86.99	88.15	2.12	1.18	1.91	1.06	60.93	3.86	41.76	89.07	89.60						
6.38	3.53	2.05	1.14	42.67	3.90	46.38	86.79	87.85	2.18	1.21	1.93	1.07	49.66	4.08	35.68	88.44	90.06						
6.46	3.58	2.06	1.14	36.70	3.85	38.40	86.71	88.31	2.24	1.24	1.96	1.09	64.10	4.10	51.98	88.73	89.92						
6.09	3.37	2.06	1.14	48.16	3.83	38.48	86.95	88.34	2.13	1.18	1.94	1.08	62.73	3.93	44.40	88.53	89.80						
6.04	3.34	1.92	1.06	53.15	3.83	48.40	86.93	88.15	2.10	1.17	1.81	1.00	61.13	3.83	40.20	88.96	89.68						
6.31	3.50	2.00	1.11	71.74	3.93	63.43	87.50	88.23	2.22	1.23	1.90	1.05	66.18	3.93	41.98	89.08	89.88						
6.25	3.46	1.95	1.08	80.60	3.70	85.58	87.30	88.46	2.14	1.18	1.85	1.03	79.89	3.77	61.90	89.26	89.12						
5.21	2.89	1.74	0.96	80.60	3.73	64.65	88.53	88.10	1.75	0.97	1.65	0.92	66.16	3.93	43.05	89.91	89.73						
5.06	2.80	1.63	0.90	60.04	3.60	47.77	87.88	87.67	1.73	0.96	1.58	0.87	53.76	3.80	42.20	89.94	90.01						
6.70	3.71	2.14	1.18	68.98	3.65	42.45	87.42	88.34	2.33	1.29	2.08	1.15	72.58	3.83	45.70	89.56	89.38						
6.39	3.54	2.29	1.27	48.13	3.83	38.03	87.23	87.74	2.21	1.22	2.19	1.22	64.93	3.85	51.20	89.49	89.97						
6.67	3.69	2.30	1.27	55.06	3.93	53.73	87.20	87.88	2.35	1.30	2.06	1.14	66.47	4.33	63.43	89.15	90.13						
6.17	3.42	2.21	1.22	80.59	3.70	72.34	88.24	88.89	2.10	1.16	1.79	0.99	80.22	3.64	56.94	89.88	88.95						
6.13	3.39	2.24	1.24	62.63	3.77	35.63	87.28	88.14	2.08	1.15	1.97	1.09	67.96	3.80	38.47	89.48	89.93						
6.05	3.35	2.23	1.23	49.79	3.80	40.00	86.83	87.67	2.02	1.12	1.93	1.07	49.13	3.86	32.53	89.03	90.42						
5.92	3.28	2.22	1.23	61.58	3.85	47.90	87.77	87.66	1.99	1.10	1.94	1.07	43.39	3.93	31.58	89.51	90.47						
6.10	3.38	2.24	1.24	55.91	3.83	38.35	87.76	87.69	2.09	1.16	1.99	1.10	56.48	3.93	37.50	89.83	90.33						
5.62	3.11	2.22	1.23	43.11	3.88	37.73	87.18	87.21	1.87	1.04	1.92	1.06	35.55	3.90	29.50	89.30	90.50						
5.60	3.10	2.17	1.20	32.04	3.93	35.08	87.43	86.85	1.92	1.06	1.93	1.07	23.95	4.05	24.55	89.61	90.89						
5.56	3.08	2.12	1.18	59.06	4.03	51.43	87.98	86.96	1.95	1.08	1.89	1.05	34.71	4.10	35.37	89.75	90.59						
5.45	3.02	1.98	1.10	53.63	4.23	91.90	88.22	86.95	1.99	1.10	1.88	1.04	61.25	4.57	72.20	90.28	90.66						
5.29	2.93	1.55	0.86	63.78	4.12	70.65	88.65	88.18	1.87	1.04	1.46	0.81	70.92	4.18	54.10	89.88	90.23						
		1.48	0.82	58.24	3.77	38.87	87.93	88.47			1.38	0.76	67.71	3.73	40.67	90.05	89.53						
5.58	3.09	1.87	1.04	59.55	3.80	47.08	87.90	88.13	1.95	1.08	1.80	1.00	79.57	3.73	54.58	90.03	89.40						
5.86	3.24	1.89	1.05	52.11	3.84	46.90	87.70	87.80	2.06	1.14	1.78	0.99	62.00	3.90	49.12	89.82	90.40						
5.25	2.91	1.78	0.99	47.84	3.87	47.17	87.52	87.18	2.04	1.13	1.69	0.94	61.63	4.03	51.53	89.98	90.75						
4.41	2.44	1.36	0.75	54.22	3.83	52.90	88.17	85.88	1.66	0.92	1.33	0.74	60.34	3.97	53.97	90.01	87.45						
5.35	2.96	1.71	0.95	38.49	3.73	30.88	87.69	87.87	1.85	1.02	1.63	0.90	59.22	3.88	40.75	89.90	89.96						
5.95	3.29	1.95	1.08	34.73	3.83	24.57	87.77	87.78	2.07	1.15	1.86	1.03	58.70	3.77	25.00	89.56	90.22						
5.97	3.30	1.95	1.08	49.19	3.87	48.67	87.93	87.80	2.07	1.15	1.85	1.02	54.81	4.00	40.37	89.63	90.34						
5.17	2.86	1.67	0.92	56.96	3.87	49.77	87.72	88.01	1.74	0.96	1.44	0.80	55.00	4.03	43.87	89.81	89.95						
4.82	2.67	1.56	0.86	56.47	3.57	38.07	88.86	87.60	1.69	0.93	1.41	0.78	45.03	3.80	25.67	90.34	90.08						
5.08	2.81	1.63	0.90	54.23	3.90	76.63	88.35	87.93	1.73	0.96	1.51	0.84	70.78	3.93	56.07	90.52	89.44						
5.50	3.04	1.75	0.97	14.01	3.73	31.72	87.82	87.20	1.77	0.98	1.56	0.86	28.81	3.80	25.62	89.69	89.98						
5.28	2.92	1.64	0.91	28.43	3.83	29.10	88.11	87.65	1.74	0.96	1.47	0.81	24.38	3.87	17.23	89.66	90.36						
4.71	2.61	1.44	0.80	37.41	3.57	13.80	89.13	87.72	1.52	0.84	1.27	0.70	31.54	3.77	13.17	90.53	90.21						
181.86	100.70	1.73	0.96	79.78	3.77	55.72	88.80	87.65	60.51	33.51	1.57	0.87	76.40	3.72	39.38	90.49	89.76						
5.60	3.25	1.82	1.06	30.23	3.77	32.27	88.17	87.74	1.88	1.09	1.66	0.97	59.45	3.80	37.83	89.83	89.99						
6.00	3.45	1.86	1.07	19.66	3.90	20.67	87.30	86.99	2.02	1.16	1.68	0.97	35.07	3.93	26.07	89.65	89.74						
6.37	3.54	1.93	1.07	18.11	3.75	23.30	87.90	80.01	2.05	1.14	1.74	0.97	41.73	3.80	25.15	89.72	89.31						
6.16	3.59	1.76	1.03	46.29	3.63	28.95	87.79	82.49	1.98	1.15	1.58	0.92	43.19	3.83	26.95	89.69	89.65						
7.07	4.02	1.88	1.07	67.46	3.60	46.63	87.87	83.36	2.18	1.24	1.69	0.96	78.99	3.77	48.93	89.92	88.91						
6.64	3.65	2.01	1.11	32.27	3.58	27.60	87.38	87.01	2.15	1.18	1.91	1.05	62.16	3.70	37.86	89.76	89.57						
6.39	3.52	1.99	1.10	55.55	3.57	36.07	87.10	87.82	2.43	1.34	2.12	1.17	69.02	3.83	40.40	89.01	89.48						
6.24	3.43	2.00	1.10	72.77	3.55	45.55	87.33	88.18	2.28	1.25	1.93	1.06	80.52	3.90	64.90	89.70	89.13						
6.59	3.69	2.05	1.15	53.51	3.62	32.45	86.91	88.01	2.44	1.36	1.96	1.10	80.50	3.87	55.03	89.53	89.13						
6.47	3.66	2.11	1.19	64.37	3.60	33.65	86.78	87.80	2.38	1.34	1.93	1.09	80.52	3.95	69.30	88.95	89.01						
7.00	3.66	2.23	1.17	26.32	3.88	28.30	86.77	88.10	2.54	1.33	2.07	1.09	77.71	4.03	52.73	88.38	89.18						
5.37	2.82	0.71	0.37	1.37	4.18	12.34	87.34	87.20	2.36	1.24	1.93	1.01	19.76	4.16	23.32	89.05	90.61						
5.76	3.17	0.59	0.32	-0.40	4.17	0.00	88.20	88.06	2.27	1.25	1.21	0.67	-3.89	4.23	0.00	90.12	92.01						
5.24	2.80	0.51	0.27	1.00	4.20	0.47	89.90	89.15	2.01	1.08	0.97	0.52	-2.28	4.08	1.40	91.10	92.67						
5.93	3.05	0.48	0.25	-0.53	4.20	0.00	89.07	88.98	2.23	1.15	0.96	0.50	-4.11	4.07	0.00	90.61	92.66						