Pablo Andrés Barañao Díaz

Ingeniero Civil UC, Perito Judicial

José de Moraleda 4909, Las Condes, Santiago

pablo.baranao@gmail.com

Cel: + 56 96 208 3659

INFORME PERICIAL

SOBRE ACTIVIDAD DE INSPECCIÓN PERSONAL DE LA SUPERINTENDENCIA DE MEDIO AMBIENTE PLANTA VALDIVIA DE CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN

PROCEDIMIENTO DE SANCIÓN

ROL D-001-2016

Informe	:	PB–P–18/2017
Fecha	:	27/02/2017
Sede	:	Superintendencia de Medio Ambiente
ROL	:	D-001-2016
Titular	:	Celulosa Arauco y Constitución S.A.

INFORME TÉCNICO PERICIAL SOBRE ACTIVIDAD DE INSPECCIÓN PERSONAL DE LA SUPERINTENDENCIA DE MEDIO AMBIENTE A CELULOSA ARAUCO – PLANTA VALDIVIA PROCEDIMIENTO DE SANCIÓN

ROL D-001-2016

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN 3

II. ANTECEDENTES GENERALES DE LA INSPECCIÓN PERSONAL Y DEL PRESENTE INFORME PERICIAL 4

III. OBJETIVO Y ALCANCE DEL INFORME 6

IV. DESARROLLO DE LA INSPECCIÓN PERSONAL 7

V. APRECIACIÓN DE LOS HECHOS QUE HAN SIDO OBJETO DE LA INSPECCIÓN PERSONAL DE 09/02/2017 38

VI. CONCLUSIONES 50

ANEXO 1: ACTAS DE INICIO Y DE TÉRMINO DE LA ACTIVIDAD DE INSPECCIÓN PERSONAL DE LA SMA A PLANTA VALDIVIA

ANEXO 2: DESPLIEGUES DE PROCESO OBSERVADOS EN LA SALA DE CONTROL PRINCIPAL Y DOCUMENTOS DE REGISTRO ENTREGADOS DURANTE LA VISITA

ANEXO 3: DESPLIEGUES DE PROCESO OBSERVADOS EN LA SALA DE CONTROL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

ANEXO 4: PLANILLA DE CONTROL CALDERA (FRACCIÓN)

ANEXO 5: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR DE CONDUCTIVIDAD DEL FOSO Nº4 - VAL352CT486

ANEXO 6: REPORTES MICROBIOLÓGICOS DE REACTORES BIOLÓGICS DE PLANTA VALDIVIA DÍAS 10 Y 20 DE ENERO DE 2014

ANEXO 7: CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE SO_2 POR LA CALDERA RECUPERADORA DE PLANTA VALDIVIA - MEMORIA DE CÁLCULO

I. INTRODUCCIÓN

Pablo A. Barañao Díaz, Ingeniero Civil de la P. Universidad Católica de Chile mención Ingeniería Ambiental, *Master in Applied Science* de la Universidad de British Columbia, Canadá, y perito judicial en diversas áreas de la ingeniería y ante diversas Cortes de Apelaciones de nuestro país, incluyendo la I. Corte de Apelaciones de Valdivia como Perito en Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil Ambiental e Ingeniería Civil Hidráulica, entre otras especialidades, presenta el siguiente Informe Técnico Pericial asociado a la actividad de inspección personal que realizó Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) a las instalaciones de Planta Valdivia, de Celulosa Arauco y Constitución S.A. (Arauco), decretada por Resolución Exenta N°6/ROL D-001-2016, en el marco del procedimiento de sanción ROL D-001-2016, en la cual fue designado perito por el Titular, según consta en el escrito de fecha 2 de febrero de 2017 (documento número 50 del expediente electrónico), calidad que fue reconocida por la SMA en su Res. Ex. Nº7/ROL D-001-2016, de 6 de febrero de 2017.

Para ello, este informe presenta los antecedentes generales del procedimiento de sanción y de la inspección referida, se define el alcance y objetivo del mismo; luego, se detalla la inspección realizada; y finalmente, entrega sus resultados y conclusiones.

II. ANTECEDENTES GENERALES DE LA INSPECCIÓN PERSONAL Y DEL PRESENTE INFORME PERICIAL

La SMA, mediante Res. Ex. Nº1/ROL D-001-2016, formuló cargos en contra de Arauco por once hechos, actos u omisiones que, a juicio de la División de Sanción y Cumplimiento ("DSC") del órgano fiscalizador, constituirían infracciones conforme al artículo 35 literal a) de la Ley Orgánica de la SMA.

Conforme al considerando 11° de la Resolución Exenta N°5/ROL D-001-2016, *"con el fin de observar y fotografiar en terreno las estructuras relacionadas a las infracciones Nº 2 y Nº 5 de la resolución de formulación de cargos, a modo de contextualización funcional y a una mejor y más completa apreciación de los demás medios de prueba que constan en el proceso sancionatorio"*, se decretó la realización de una inspección personal a realizarse el día 9 de febrero de 2017, a partir de las 10:00 horas.

Cabe señalarse que los cargos Nº2 y Nº5 a los que se hace referencia fueron establecidos por la Res. Ex. Nº1/ROL D-001-2016 de la siguiente manera:

N° Cargo	Hechos que se estiman constitutivos de infracción según la DSC	Condiciones, normas y medidas eventualmente infringidas según la DSC	Calificación de gravedad según la DSC
2	No derivar como último recurso al sistema de tratamiento de efluentes el derrame de licor verde ocurrido el día 17 de enero de 2014.	Considerando 8.2.2.1 RCA Nº 279/1998 y Res. Ex. Nº 594/2005: *"(...) Derrames* *"El proyecto deberá contar con sistemas internos y externos para el control de eventuales derrames (accidentales o por eventos naturales como sismos), con el objetivo de recuperarlos. Los derrames de licor deberán ser desviados al sistema de tratamiento de efluentes sólo como último recurso (...)".*	Grave (Letras a), b) y e) del numeral 2 del artículo 36 de la LO-SMA.)
5	No se ha instalado el sistema de lavador de gases (*scrubber*) en el incinerador de gases no condensables.	Considerando 8.1.2.2 letra a) Res. Ex. Nº 594/2005 *"(...) Considera un sistema lavador de gases (scrubber) de alta eficiencia (85%), en el incinerador de gases no condensables (...)".* Considerando 8.1.2.2 letra a) Res. Ex. Nº 279/1998 *"(...) Se deberá instalar un sistema lavador de gases (scrubber) de alta eficiencia (85%), en la principal fuente emisora de dióxido de azufre, correspondiente al incinerador de gases no condensables (...)".*	Grave (Letras e) del numeral 2 del artículo 36 de la LO-SMA.

La inspección personal se realizó el día 9 de febrero de 2017, entre las 9:55 y las 14:41, por la Fiscal Instructora del caso de la DSC, Carolina Silva Santelices (CSS), en compañía de los profesionales de la SMA Paulina Abarca Cortés (PAC) y Marcelo Guzmán Sepúlveda (MGS). Por parte de Arauco participaron Cecilia Urbina Benavides (CUB) en calidad de apoderada y representante del titular ante la SMA en el marco de este proceso de sanción, Manuel González Saldivia (MG), Subgerente de Producción de Planta Valdivia, y el suscrito (Pablo Barañao Díaz, PBD) en calidad de perito designado por Arauco.

Las Actas de Inicio y de Término de esta actividad de inspección, que dan cuenta de esta información, se adjuntan en Anexo 1.

III. OBJETIVO Y ALCANCE DEL INFORME

El presente Informe Pericial presenta la apreciación especializada de los hechos observados en la inspección personal, asociada directamente con los procesos e instalaciones visitadas en la diligencia de inspección identificada previamente, a saber:

- Sala de control principal de Planta Valdivia;
- Instalaciones y equipos asociadas a la recolección y quemado de gases no condensables, GNC, los que se clasifican en GNC concentrados y GNC diluidos. Estos gases también se conocen como "TRS", por sus siglas en inglés de azufre total reducido;
- Instalaciones y equipos del Sector Caldera Recuperadora y estanque disolvedor;
- Instalaciones de envío y recepción de licor verde entre sector Caldera Recuperadora y Área de Caustificación;
- Instalaciones y equipos del sistema de recolección y recuperación de licor verde en Foso Nº4;
- Sistema de tratamiento de efluentes, incluyendo la sala de control, todas las etapas de tratamiento y las lagunas de derrame; y
- Difusor de descarga del efluente al río Cruces.

IV. DESARROLLO DE LA INSPECCIÓN PERSONAL

1. Sobre lo observado en la Actividad de Inspección Personal de la SMA a Planta Valdivia

Para facilitar la comprensión del informe, la Figura 1 presenta la ubicación de las cuatro áreas visitadas.

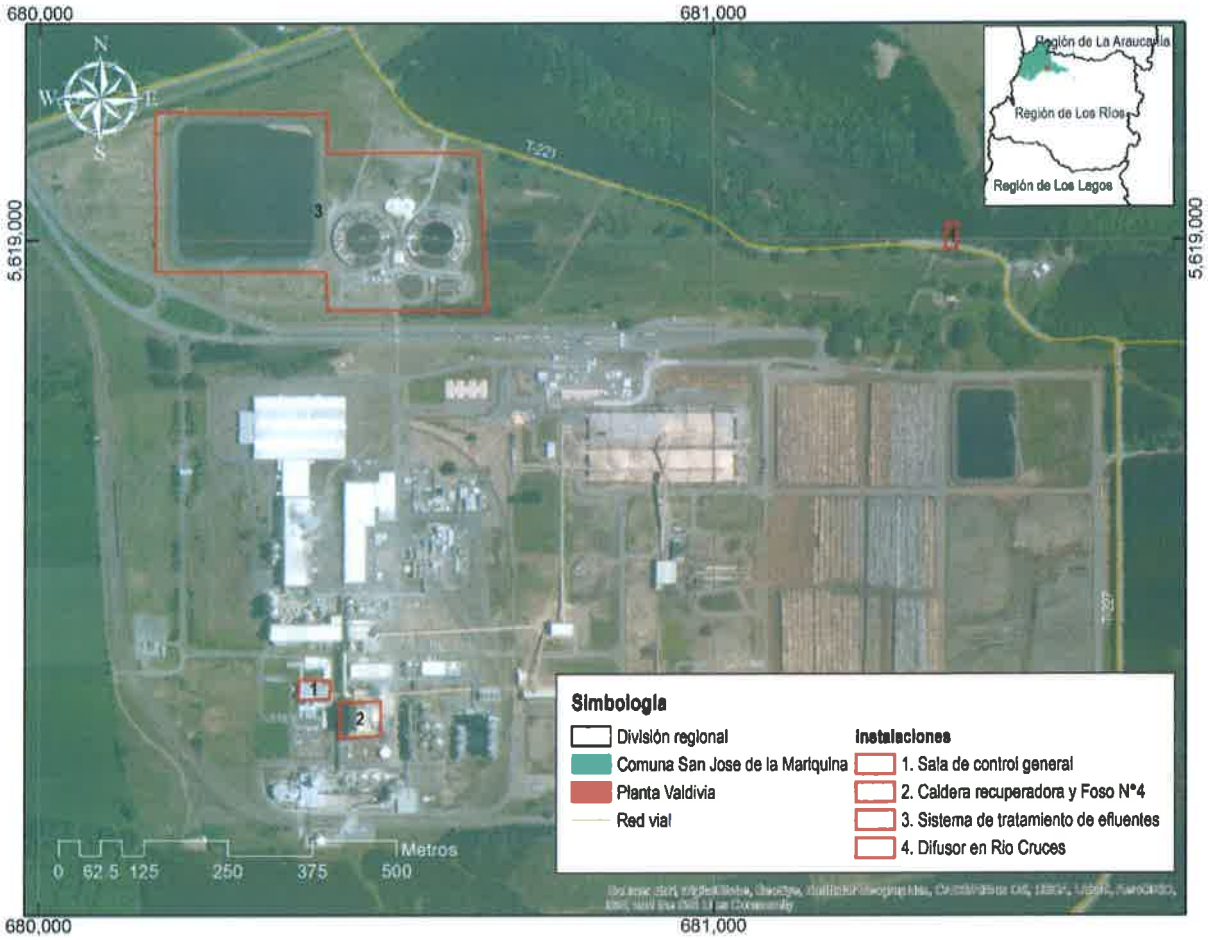


Figura 1: Ubicación de las áreas visitadas durante la actividad de inspección personal

A continuación se describe el recorrido realizado por las instalaciones de Planta Valdivia, con posterioridad a la reunión de inicio, incluyendo las principales explicaciones del proceso o comentarios técnicos realizados por las distintas partes.

El orden de presentación es cronológico, con excepción de las lagunas de derrames que, formando parte del sistema de tratamiento de efluentes, fueron visitadas con posterioridad al difusor en el río Cruces.

a) Sala de control principal de Planta Valdivia

La sala de control principal de Planta Valdivia se ubica en el tercer piso del edificio de administración, y desde ella se controla la mayor parte del proceso de producción de celulosa, incluyendo los procesos relacionados con el licor verde, con el tratamiento de gases no condensables (GNC) y con el tratamiento de los gases de combustión, incluyendo la captura del dióxido de azufre (SO_2) como consecuencia de una adecuada operación del proceso de recuperación de químicos.

Según lo solicitado por la fiscal instructora, MG explicó los procesos asociados a los siguientes despliegues (*displays*) del sistema de control:

- 352 - Caldera Recuperadora – Licor verde
- 353 – Caustificación - Spill y Recuperación de Aguas
- 352 - Caldera Recuperadora - Canales de Fundido
- 352 - Caldera Recuperadora - Recolección y Acondicionamiento NCG Concentrados
- 352 - Caldera Recuperadora – Quemado GNC
- 363 - Caldera de Poder – Quemado GNC
- 352 – Caldera Recuperadora – Incinerador GNC
- 352 – Caldera Recuperadora – Scrubber Enfriador de DNCG[1]
- 352 – Caldera Recuperadora – DNCG Aire Combustión NCG Diluidos
- 352 – Caldera Recuperadora – Aire de Combustión
- 363 – Caldera de Poder – Aire y gases de Combustión

[1] Diluted Non Condensable Gases (o DNCG en sus siglas en inglés; y GNCD, en sus siglas en español).

El Anexo 2, se acompaña cada uno de los despliegues según lo observado en la sala de control principal.

- *352 - Caldera Recuperadora – Licor verde*

Al referirse al Sistema de Licor Verde, MG explica que el estanque disolvedor tiene por objetivo disolver el fundido producto de la combustión del licor negro en la caldera recuperadora, mezclándolo con 'licor verde débil', formando de esta manera 'licor verde crudo'. La solución de licor verde es homogenizada mediante cuatro agitadores horizontales, controlando una concentración adecuada para el proceso de caustificación mediante su densidad.

CSS consulta sobre la manera de verificar que el fundido esté cayendo bien al estanque disolvedor, a lo que MG responde que ello se realiza mediante el control de las condiciones de operación de la caldera recuperadora, principalmente temperaturas, y mediante la observación visual directa por los operadores. Es decir, existen controles directos e indirectos que permiten asegurar un flujo adecuado de fundido desde la caldera recuperadora al estanque disolvedor.

CSS consultó por los análisis químicos realizados al licor verde (densidad, álcali efectivo, álcali activo, álcali total, soda, Na_2S y sulfidez), requiriendo específicamente los valores del día anterior, ante lo cual el operador generó una impresión de estos resultados y que se adjuntan en el Anexo 2, y cuyos valores se encontraron en los siguientes rangos:

- Densidad: 1.171 – 1.191 kg/m^3
- Álcali efectivo: 34,1 – 37,9 g/L NaOH
- Álcali activo: 61,9 – 71,2 g/L NaOH
- Álcali total: 169,1 – 188,6 g/L NaOH
- Soda: 4,4 – 7,0 g/L NaOH
- Na_2S: 55,6 – 66,8 g/L NaOH
- Sulfidez: 32,9 – 35,4%

CSS consulta sobre la densidad del licor verde, ante lo cual MG responde que existen mediciones en línea de densidad, que se pueden observar en el Display "352 – Caldera Recuperadora – Licor Verde", con valores instantáneos de 1.071 kg/m^3 y 1.201 kg/m^3, los que son complementados con mediciones en terreno realizados dos veces por turno. Estas mediciones son registradas

manualmente en una planilla de registro que lleva el operador de la caldera recuperadora, parte de la cual se adjunta en el Anexo 4, y que muestra densidades entre 1.163 g/l y 1.180 g/l. Cabe señalar que las unidades kg/m^3 (kilogramos por metro cúbico) y g/l (gramos por litro) son equivalentes.

Al referirse al envío y recepción de licor verde hacia y desde el área de caustificación, MG explica que el licor verde crudo es enviado a caustificación mediante una tubería (línea), y del licor verde débil recibido desde esa área mediante otra línea. Estas líneas se van alternando, lo que permite lavarlas y evitar incrustaciones, sin perjuicio que anualmente se realiza una limpieza química de ellas.

CSS consulta sobre la manera en que se controla el ingreso de agua al estanque disolvedor, ante lo que MG explica que el control se realiza mediante el control de densidad en función del nivel del licor verde en el estanque disolvedor y de los caudales de licor verde crudo y licor verde diluido que salen y entran del estanque disolvedor, respectivamente, por lo tanto, el uso eventual de agua en la operación normal, tiene por objetivo el control de densidad y/o control de nivel.

PAC consulta sobre el nivel del Foso Nº4, el cual se encontraba al momento de la visualización en un nivel de 118% y con la bomba de recuperación de licor verde operando a un 44% de su capacidad nominal. A su vez, MGS consulta sobre el significado de presentarse un nivel mayor al 100%, ante lo que MG responde que representa un nivel alto, pero dentro de los rangos permitidos de operación, pues el sensor de nivel posee un rango de variabilidad normal que puede superar el 100% sin que signifique ello la ocurrencia de un rebase u otra contingencia. Sobre este punto se ahondará más adelante[2].

CSS consulta sobre el límite máximo valor que es capaz de medir el sensor de conductividad del Foso Nº 4, ante lo que MG explica que no conoce ese valor de memoria, pero que es posible

[2] Sin perjuicio de lo que señalará más adelante, cabe desde ya hacer presente que la indicación de un nivel de 118% no constituye un riesgo para la operación de la planta, por cuanto los fosos de recuperación (como el Foso Nº 4), son diseñados, construidos y operados de modo tal de que exista un rango de seguridad (holgura) suficiente. Así, según se detallará, mientras la altura total del Foso N°4 es de 2,56 metros, el 100% de la altura, para efectos de la calibración del instrumento, está fijada en 1,57 metros. Es decir, la altura total del foso se alcanzaría, hipotéticamente, con una altura del instrumento marcando 163%, lo que estuvo lejos de ocurrir.

obtenerlo a través de los profesionales de instrumentación y control. Recibida la información con posterioridad a la visita, fue posible verificar que la conductividad máxima que puede registrar el sensor ubicado en dicho foso (VAL352CT486) es de 1.400.000 µS/cm, tal como se puede observar de la información que se adjunta en el Anexo 5.

- *352 - Caldera Recuperadora - Canales de Fundido*

Al referirse a la caída del fundido desde la caldera recuperadora al estanque disolvedor, MG explica que el fundido, producto de la combustión del licor negro en la caldera recuperadora, cae gravitacionalmente al estanque disolvedor a través de seis canaletas, las cuales se encuentran refrigeradas con agua. Esta agua de refrigeración no es adicionada al proceso.

- *352 - Caldera Recuperadora-Quemado GNC*

Al referirse al sistema de recolección y acondicionamiento de gases no condensables concentrados, MG explica que los gases no condensables concentrados provienen de dos áreas de la planta: evaporadores y digestores. Estos gases pasan primero por un tanque de agua de sello, donde los gases que pueden condensar quedan capturados en dicho estanque, y son recuperados en la corriente denominada 'condensado sucio', mientras que los que no condensan (denominados precisamente por eso 'gases no condensables', o TRS) se dirigen a un Separador de Gotas. Estos equipos (estanque de agua de sello y separador de gotas) constituyen, por lo tanto, equipos de control previos a la incineración propiamente tal, la cual puede realizarse en tres equipos alternativos: la caldera recuperadora (equipo principal, donde se queman siempre que ello es posible), caldera de poder (primer respaldo) y el incinerador de gases TRS. En cada uno de estos equipos los gases TRS se queman en conjunto con un combustible auxiliar. En el momento de visualización se estaba quemando metanol como combustible de respaldo en conjunto con los GNC. En caso de la caldera de poder también existe la posibilidad de utilizar metanol o petróleo como combustible de apoyo. En el incinerador de gases el combustible de apoyo es propano.

- *352 - Caldera Recuperadora – Recolección y Acondicionamiento NCG concentrados:*

CSS consulta cómo se realiza el control del sistema de recolección y acondicionamiento, ante lo que MG explica que el control se realiza mediante vacío producido por un eyector de vapor, tal

como puede observarse en el despliegue "352 - Caldera Recuperadora - Recolección y Acondicionamiento NCG Concentrados".

Al referirse al quemado de gases no condensables concentrados en la caldera recuperadora, situación que se encuentra ocurriendo al momento de la visita, MG muestra que las válvulas que se observan en color verde (abiertas) son las que permiten la conducción de los GNC a la caldera recuperadora, mientras que las válvulas que conducirían estos gases a los equipos de respaldo se encuentran en color rojo (cerradas). En el despliegue se observa una operación normal del proceso de quemado de estos gases.

- *363 - Caldera de Poder - Quemado GNC y 363 - Caldera de Poder - Aire y Gases de Combustión*

Al referirse al quemado de gases no condensables concentrados en la caldera de poder, MG muestra que las válvulas se encuentran cerradas, y las llamas se encuentran apagadas, mostrando que no se encuentra operando dicho sistema de quemado.

- *352 - Caldera Recuperadora – Incinerador GNC*

Al referirse al quemado de gases no condensables concentrados en el incinerador de GNC, MG muestra que también estas válvulas se encuentran cerradas, y la llama se encuentra apagada, mostrando que no se encuentra operando dicho sistema de quemado.

- *352 - Caldera Recuperadora - DNCG Aire Combustión NCG Diluidos; 352 - Caldera Recuperadora - Aire de Combustión; 352 - Caldera Recuperadora - Scrubber Enfriador de DNCG*

Al referirse al sistema de recolección y acondicionamiento de gases no condensables diluidos, MG explica que ellos provienen de tres áreas de la planta: línea de fibra, caustificación y evaporadores. Estas tres corrientes ingresan a un lavador de gases (scrubber), en el cual se les aplican duchas sucesivas de agua, lo que permite remover de ellos aquellos gases que son condensables y que, al igual que en el caso de los GNC concentrados, se envían al circuito de condensado sucio, previo al stripping. Aquellos gases diluidos que no son condensables (GNC diluidos) pasan posteriormente por tres etapas de tratamiento y acondicionamiento: un

separador de gotas, un calentador, y un capturador de agua, antes de ser quemados en la caldera recuperadora. Estos gases son transportados por un ventilador.

CSS consulta sobre cómo se realiza el control del sistema de recolección y acondicionamiento, ante lo que MG explica que éste se realiza mediante el control de temperatura y presión, tal como puede observarse en el despliegue "352 – Caldera Recuperadora – Scrubber Enfriador de DNCG".

Al referirse al quemado de los gases no condensables diluidos en la caldera recuperadora, MG explica que ellos son incorporados como aire secundario, y muestra en el despliegue que todas las válvulas se encuentran de color verde, lo que indica que en ese momento se encuentran quemando normalmente.

Al referirse al sistema de aire de combustión de la caldera recuperadora, MG explica que, con posterioridad a su quemado, los gases de combustión pasan por equipos de control de emisiones, denominados 'precipitadores electrostáticos', los que remueven las partículas que son arrastradas por los gases, y que en la caldera recuperadora son principalmente sulfato de sodio. La caldera recuperadora posee tres precipitadores electrostáticos, de tres campos cada uno, y la caldera de poder posee un precipitador electrostático, también de tres campos.

PB explica que estos precipitadores electrostáticos representan sistemas de control de SO_2 (indirecto), pues recogen en forma de sulfato de sodio el SO_2 que es capturado en la caldera recuperadora al reaccionar con el sodio que sublima al estado vapor en el interior de la caldera.

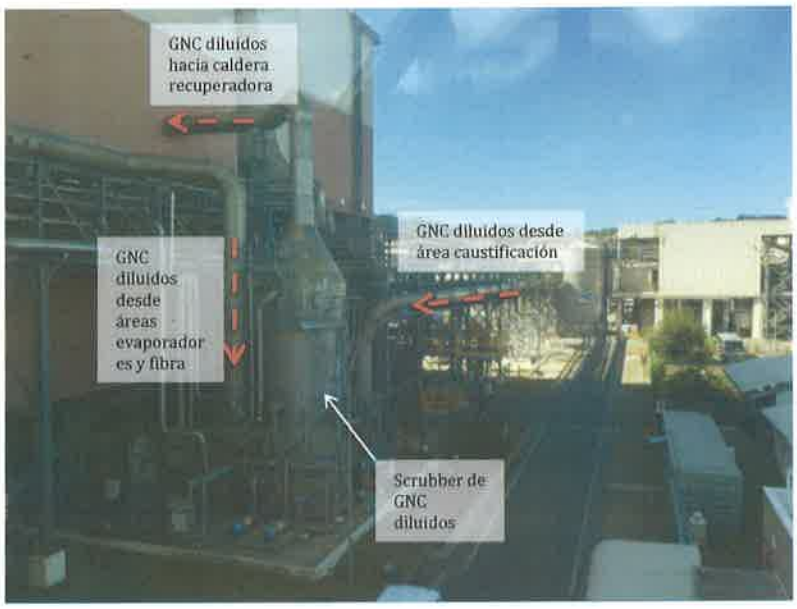
PAC consulta si se realizan análisis químicos al sulfato de sodio recolectado por los precipitadores electrostáticos, con el objetivo de verificar que el SO_2 efectivamente fue capturado, ante lo que MG responde que sí, que se realiza un análisis indirecto de esta captura mediante la medición del pH de la ceniza volante (sulfato de sodio), por métodos analíticos, una vez por turno. En la planilla del operador de caldera se observan los tres valores del día anterior, a saber: 10,6, 10,2 y 10,6.

CSS y PAC realizan varias consultas sobre los sistemas de control del proceso, y MG explica que los procesos poseen sistemas de control específicos, refiriéndose a los lazos de control particulares de cada proceso.

PBD complementa la explicación, señalando que en los sistemas de control distribuido (DCS, por sus siglas en inglés), como los existentes en Planta Valdivia, se entiende por 'control' aquellos procesos que son regulados y controlados automáticamente mediante lazos de control en base a variables particulares del proceso. Si la consulta se refiere a la medición y registro de las variables operacionales, este registro se lleva a través del DCS en forma continua y su control se realiza de manera automática o manual, a través de los instrumentos disponibles.

b) Instalaciones y equipos de recolección y quemado de gases no condensables, en la caldera recuperadora, caldera de poder y en incinerador de respaldo

Desde el pasillo elevado que conecta el edificio de administración con el área de la caldera recuperadora es posible observar algunos de los componentes principales del sistema de recolección y tratamiento de gases no condensables diluidos. Desde ese punto, MG mostró las tuberías de recolección desde las áreas de caustificación, fibra y evaporadores, estas dos últimas llegando de manera conjunta. Asimismo, MG explicó el funcionamiento del scrubber, cuya función es lavar y acondicionar los GNC diluidos, antes de ingresar al edificio de la caldera recuperadora a través de la tubería que sale del extremo superior del scrubber (ver Fotografía 1).



Fotografía 1: Lavador de GNC diluidos, y líneas de recolección de GNC diluidos

Posteriormente, al interior del edificio de la caldera recuperadora, MG explicó el funcionamiento del sistema de acondicionamiento e incineración de los GNC concentrados. Estos llegan a un estanque de agua de sello (Fotografías 2 y 3), y posteriormente son impulsados mediante la adición de vapor de baja presión a un eyector (Fotografía 4).

Fotografías 2 y 3: Estanque de sello de GNC concentrados, y personal de la SMA

Posteriormente, MG mostró el recorrido de los GNC concentrados desde el eyector hasta su ingreso a la caldera recuperadora mediante un quemador dedicado (Fotografía 5).

Fotografías 4 y 5: Inyector de vapor a línea de GNC concentrados, y quemador de GNC concentrados en caldera recuperadora

MG explicó que todo el control de GNC se realiza de manera automática, y mostró el tablero de control existente en el área que da cuenta de la operación en el momento de la visita, esto es, del quemado de los GNC concentrados y diluidos en la caldera recuperadora (Fotografías 6 y 7).

Fotografías 6 y 7: Tablero del sistema de control del sistema de quemado de GNC concentrados

MG posteriormente mostró y explicó el sistema de respaldo para el quemado de GNC concentrados, el que se realiza en la caldera de poder. En ese lugar fue posible observar las válvulas que controlan el ingreso de GNC concentrados a esta caldera (identificadas como XV12A y XV12B en el despliegue de este proceso, Fotografía 8) y que se encontraban cerradas al momento de la visita. Asimismo, se observó el quemador de GNC concentrados en la caldera de poder (Fotografía 9).

Fotografías 8 y 9: Válvulas que controlan el ingreso de los GNC concentrados a la caldera de poder, y quemador de GNC concentrados en la caldera de poder

Finalmente, como última etapa en el tratamiento de los GNC concentrados, se subió al nivel 17 del edificio de la caldera recuperadora para observar el incinerador de GNC concentrados, el cual opera como segundo respaldo para el quemado de estos gases (Fotografías 10 y 11). Este incinerador no se encontraba en operaciones al momento de la visita. MG explicó que este incinerador posee un sistema de respaldo propio, que asegura su operación a todo evento, aún en condiciones de trip general de la planta.

Fotografías 10 y 11: Incinerador de GNC concentrados y equipos asociados para asegurar su funcionamiento

En relación al acondicionamiento y quemado de los GNC diluidos, durante el recorrido fue posible observar claramente los equipos previos de control y acondicionamiento de estos gases (ventilador de impulsión, separador de gotas, recalentador y capturador de agua, Fotografías 12 y 13).

Fotografías 12 y 13: Ventilador de impulsión de GNC diluidos, separador de gotas con recalentador de GNC

c) Instalaciones y equipos del Sector Caldera Recuperadora y estanque disolvedor

En esta área MG explicó cómo el fundido cae, mediante seis canaletas refrigeradas, sobre el estanque disolvedor. Fue posible observar el fundido saliendo desde la caldera recuperadora, así como la actividad de limpieza de las canaletas realizada por el operador (Fotografías 14 y 15).

Fotografías 14 y 15: Canaleta con fundido y procedimiento de limpieza de canaleta realizada por operador, con la ayuda de un elemento metálico

CSS consultó sobre el momento o circunstancia en la que se agregaba agua al estanque disolvedor, ante lo que MG aclaró que ello se realiza principalmente durante las partidas, pues durante la operación normal el control de nivel y densidades se realiza mediante losflujos de licor verde crudo y licor verde débil desde caustificación y en caso de ser necesario, se puede utilizar agua para estos efectos

d) Instalaciones y equipos asociados al envío y recepción de licor verde entre sector Caldera Recuperadora y Área de Caustificación

En este sector fue posible observar las dos líneas que comunican el área del estanque disolvedor con el área de caustificación, con sus respectivos medidores de caudal y densidad (Fotografías 16 y 17).

Fotografías 16 y 17: Medidores de flujo de licor verde en líneas que transportan licor entre el estanque disolvedor y el área de caustificación

Durante la visita un operador tomó una muestra de licor verde a la cual se le midió la densidad, mediante un densímetro. El resultado de la medición fue 1.170 kg/m^3, dentro del rango de densidades medidas el día anterior, según lo indicado en el literal (a) anterior (Fotografías 18 y 19). El licor verde que se descarta producto de este procedimiento (en un volumen aproximado de un litro), es derivado a la canaleta perimetral del estanque disolvedor, desde donde es conducido gravitacionalmente al foso de recuperación de derrames de licor verde, denominado Foso Nº4.

También se observaron las bombas que impulsan el licor verde crudo hacia caustificación, pudiéndose verificar que una de ellas se encontraba detenida, de manera consistente a lo observado en el despliegue de la sala de control principal (Fotografía 20).

Fotografías 18 y 19: Procedimiento de toma de muestra y medición de densidad de licor verde en área de estanque disolvedor

Fotografía 20: Bomba de impulsión de licor verde desde estanque disolvedor a área de caustificación

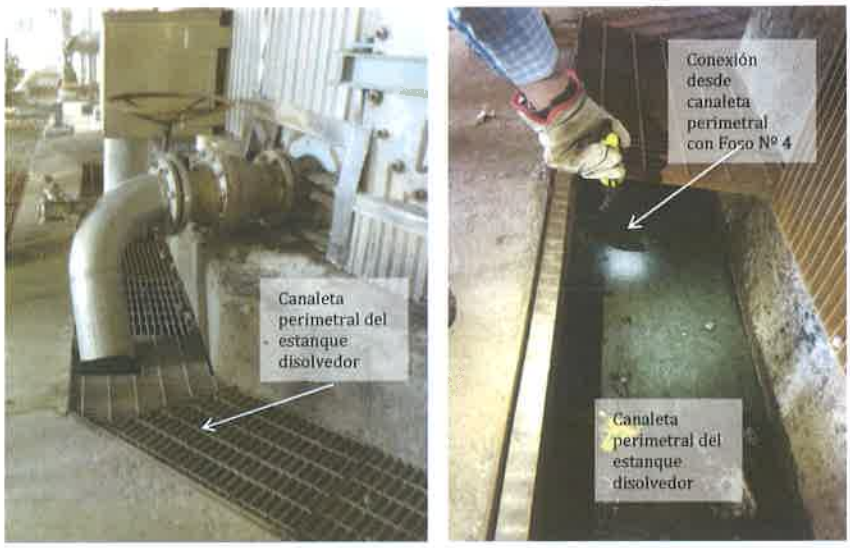
e) Instalaciones y equipos del sistema de recolección y recuperación de licor verde en Foso Nº4

En este sector fue posible observar la tubería de rebase del Estanque Disolvedor (Fotografías 21 y 22), el canal perimetral del Estanque Disolvedor (Fotografías 23 y 24), incluyendo el Foso Nº 4 con sus elementos y sistema de control.

MG explicó que eventuales rebases de licor verde desde el estanque disolvedor son conducidos mediante la tubería de rebase hacia la canaleta perimetral del mismo estanque, la cual es exclusiva para dicho estanque y no está conectada con otras canaletas.

Dicha canaleta comunica directamente con el pozo de recuperación de licor verde Nº 4, o Foso Nº 4, pudiéndose observar el extremo del ducto que comunica la canaleta con el foso (Fotografía 24).

Fotografías 21 y 22: Tubería de rebase del estanque disolvedor hacia la canaleta perimetral



Fotografías 23 y 24: Canaleta perimetral del estanque disolvedor, y conducción subterránea al Foso Nº 4

En el sector del Foso 4, contiguo al Estanque disolvedor, MG explicó que aquí también existe un sistema de control automático, cuyo panel de control se encontraba mostrando la operación del sistema al momento de la visita (Fotografía 25). MG explicó que la bomba existente (Fotografía 26) permite recuperar el licor verde que cae al Foso Nº 4, el cual se envía al área de caustificación.

Fotografías 25 y 26: Tablero de control y bomba de recuperación de licor verde en Foso Nº 4

En el Foso, cuya estructura es subterránea, existen dos tapas o escotillas por las cuales es posible observar el interior. A través de la primera tapa (Fotografía 27) es posible ver la llegada del ducto que recibe eventuales rebases de licor verde desde la canaleta perimetral del estanque disolvedor (Fotografía 28). El nivel del foso era suficientemente bajo, lo que permitió observar este ducto. En la misma tapa referida anteriormente se ubica el transmisor del sensor de nivel del foso, el cual no tiene un display visible, por lo que fue consultada por radio al operador, indicando éste que se encontraba en un 21% de su nivel.

Fotografías 27 y 28: Tapa 1 en Foso Nº4, que permite observar llegada de ducto desde estanque disolvedor

La segunda tapa permite observar el otro extremo del Foso Nº 4 (Fotografía 29), la cual muestra la compuerta que conecta, en caso que se abra dicha compuerta, con el efluente general. Al momento de la visita dicha compuerta se encontraba cerrada.

Fotografía 29: Tapa 2 en Foso Nº4, que permite observar la compuerta que conecta con el efluente general

Posteriormente MG mostró las tapas de las cámaras del efluente general (GS 33 y GS 34 y GS 35, Fotografías 30 y 31) que conectan el ducto de salida del Foso Nº 4, como último recurso, con el sistema de recolección de efluente general.

Fotografías 30 y 31: Tapas de registro del efluente general (GS 33 y GS 34)

f) Sistema de tratamiento de efluentes, incluyendo la sala de control, todas las etapas de tratamiento y las lagunas de derrame

La sala de control del sistema de tratamiento de efluentes de Planta Valdivia se ubica de manera contigua al tratamiento terciario, y desde ella se controla todo el proceso de tratamiento de efluentes (incluyendo el efluente general, efluente bajo sólidos y, eventualmente, las aguas lluvias que lo requieran).

MG y el operador de efluentes presente en ese momento, explicaron los procesos asociados a los siguientes despliegues del sistema de control de efluentes (Fotografía 32):

- 385 – Efluentes – Tratamiento Primario
- 385 – Efluentes – Lodo Activado y Clarificación I
- 385 – Efluentes – Lodo Activado y Clarificación II
- 385 – Efluentes – Tratamiento Terciario

MG explicó detalladamente el recorrido que realiza el efluente general al ingresar al sistema de tratamiento de efluentes, primero por las mallas metálicas (harnero de barras), el tratamiento primario, con un tiempo de residencia de unas 5 horas, su ingreso a la cámara de neutralización,

donde se mezcla con el efluente bajo sólidos (del proceso de blanqueo), y donde se realiza el ajuste de pH antes de ser enviado a la torre de enfriamiento.

Posteriormente, MG explicó el recorrido que realiza el efluente a través del tratamiento secundario (biológico), que incluye las etapas: Selectora, Anóxica y de Aireación, seguidas por la etapa de clarificación del efluente y recuperación de parte de los lodos biológicos.

Finalmente, MG explicó el proceso de tratamiento terciario, mediante flotación por aire disuelto de los coloides previamente coagulados y floculados. Los coloides están constituidos por pequeñas partículas sólidas que se mantienen en suspensión y que, por lo tanto, no son removidas en el clarificador primario.

MG explicó la operación durante un evento de trip parcial o total, es decir, la interrupción parcial o total del proceso de fabricación de celulosa, respectivamente. En caso que exista un trip parcial con corte de suministro eléctrico parcial de la planta de celulosa, el sistema de tratamiento de efluentes continúa operando normalmente, pues el sistema de energía asegura que esta área siempre se mantenga operativa. Este fue el caso del evento del 17 de enero de 2014, ocasión en la que el sistema de tratamiento de efluentes operó normalmente, por lo que tuvo la capacidad de recibir y tratar adecuadamente todos los efluentes que recibió. En caso de un corte de suministro total, es decir, que ocurra un trip general y que, además, no se cuente con abastecimiento eléctrico desde el sistema interconectado central, el efluente es derivado gravitacionalmente a la laguna de derrames, sin tener la posibilidad física de ser descargado al río Cruces sin tratamiento.

CSS consultó si ambas líneas operaban de manera simultánea o alternada, a lo que MG aclaró que las dos líneas de tratamiento de efluente (en las etapas secundaria y terciaria) operan de manera simultánea, permanentemente.

PBD consultó si verifican la salud de los microorganismos de alguna manera, ante lo que el operador confirmó que ello se realiza mediante observaciones periódicas utilizando microscopio, en conjunto con ensayos de sedimentación, mediante los cuales se puede ver la vitalidad y composición del lodo biológico.

MGS consultó por la manera en que se regula la dosificación de químicos en el tratamiento terciario, ante lo que el operador respondió que ello se realiza mediante tests de jarra realizados periódicamente, el que permite determinar la dosificación necesaria de químicos (Fotografía 33).

El Anexo 3 presenta cada uno de los despliegues según lo observado en la sala de control de efluentes.

Fotografías 32 y 33: Personal de la SMA en sala de control de efluentes, y equipo utilizado para realizar tests de jarra

Durante el recorrido por esta área fue posible observar la llegada del efluente general al sistema de tratamiento de efluentes (Fotografía 34), su ingreso al harenero de barras (Fotografías 35 y 36), las que permiten remover los sólidos gruesos, y su posterior ingreso al clarificador primario (Fotografía 37). En ese sector fue posible observar los sensores que registran las características físico-químicas del efluente que ingresa al sistema (caudal, pH, conductividad y temperatura).

Fotografías 34 y 35: Personal de la SMA en sala la llegada del efluente general al sistema de tratamiento, y el ingreso a la cámara de rejas

Fotografías 36 y 37: Rejas para sólidos gruesos, y clarificador primario

Posteriormente, en la cámara de neutralización, MG explicó el diseño del sistema, que permite mezclar las corrientes del efluente general con el efluente bajos sólidos, y al mismo tiempo regular el pH de la mezcla mediante la adición de ácido sulfúrico y/o soda. MG explicó también el diseño hidráulico que permite la derivación del efluente general o del bajo sólidos hacia la laguna de derrames, de manera automática, al operar alguna de las dos compuertas existentes (una para el efluente general y otra para el efluente bajos sólidos, Fotografía 38).

En ese sector también se observaron todos los sensores disponibles (caudal, pH, conductividad y temperatura), y MG explicó en detalle la manera en que el operador controla la neutralización del efluente en base a dichos sensores, para asegurar que el efluente que ingresa al sistema biológico presente un pH dentro del rango deseado y que, de esta manera, no afecte negativamente a los microorganismos (Fotografías 39 a 45).

Fotografías 38 y 39: Cámara de neutralización y sensor de pH

Fotografías 40 y 41: Sensores de conductividad en la cámara de neutralización y en efluente general

Fotografías 42 y 43: Sensores en la cámara de neutralización (conductividad, pH y temperatura)

Fotografías 44 y 45: Sensores en la cámara de neutralización (conductividad, pH y temperatura en efluente bajo sólidos)

Posteriormente, se observaron las torres de enfriamiento Hamon (Fotografía 46), las que reducen la temperatura del efluente y distribuyen el flujo en dos caudales equivalentes, los que se envían a las líneas 1 y 2 de efluentes. A continuación se recorrió el reactor biológico

correspondiente a la línea 1 (Fotografías 47 a 59). Durante el recorrido se observaron los sensores que permiten obtener información del proceso de depuración biológica del tratamiento (Fotografías 48, 50, 53, 54 y 55), y las distintas etapas del tratamiento.

El recorrido siguió el flujo del efluente, partiendo por la cámara de producción mínima de lodo biológico (MBP, por sus siglas en inglés). (Fotografía 51).

Posteriormente se observó la etapa anóxica (Fotografía 51), la que no posee aireación pues está diseñada para la remoción de clorato, el cual constituye uno de los componentes típicos de los efluentes de plantas de celulosa en las que el blanqueo se hace con dióxido de cloro. PBD explicó que esta remoción de clorato se realiza porque, al carecer de oxígeno libre (O_2), las bacterias 'buscan' átomos de oxígeno donde los puedan encontrar, y los hallan en el ión clorato (cuya fórmula química es ClO_3^-), el cual degradan para obtener el oxígeno que les permita realizar su proceso de respiración celular.

Fotografías 46 y 47: Torre de enfriamiento Hamon y pasillo de ingreso al reactor biológico de la línea 1

Fotografías 48 y 49: Sensor de oxígeno de la línea 1 del sistema de tratamiento secundario

Fotografías 50 y 51: Sensores de pH en el reactor anóxico, y reactor anóxico de la línea 1 del sistema de tratamiento secundario

Posteriormente se visitó las etapas de selectores y aireación extendida, siendo la segunda la cual es la más extensa de todas, y es donde se remueve la mayor parte de la materia orgánica. En esta etapa también se observaron sensores para la medición de pH, temperatura y oxígeno disuelto.

Fotografías 52 y 53: Sistema de sujeción de sensor de pH en la cámara de aireación de la línea 1 del sistema de tratamiento secundario

Fotografías 54 y 55: Sensores pH y potencial Redox de la línea 1 del sistema de tratamiento secundario

Finalmente se visitó la parte central del clarificador secundario, ubicado al interior de los reactores biológicos. MG explicó que el efluente ya depurado en las etapas aireadas y anóxicas del tratamiento secundario, ingresa gravitacionalmente al centro del clarificador, desde donde fluye lentamente hacia los bordes, donde cae también gravitacionalmente hacia una tubería que lo conduce al tratamiento terciario. En este recorrido, desde el centro al borde del clarificador, los sólidos biológicos sedimentan dejando el efluente secundario clarificado. Parte de los lodos biológicos son recirculados al proceso, para mantener una adecuada masa bacteriana, y el exceso es removido en forma de lodo secundario.

Fotografías 56 y 57: Sector central del clarificador secundario de la línea 1 de tratamiento biológico, y plantas acuáticas en el borde del clarificador

Fotografías 58 y 59: Descarga de efluente secundario clarificado, y tubería de conducción al sistema de tratamiento terciario

Luego, se visitó el tratamiento terciario, partiendo por el área de dosificación de policloruro de aluminio, el cual cumple las funciones de coagulante. En esta área se observó la manera en que es aplicada la solución de policloruro de aluminio, a través de pequeñas tuberías de color verde, dando cuenta del pequeño flujo de agua que representa esta adición (Fotografías 60 y 61).

Posteriormente existe una cámara de mezcla, desde donde ingresa al clarificador por flotación por aire (DAF, por sus siglas en inglés, Fotografía 66). En esta área también existen sensores de pH para ambas líneas (Fotografías 62 a 65).

Fotografías 60 y 61: Flujos pequeños de solución de policloruro de aluminio, coagulante y floculante en el tratamiento terciario de depuración

Fotografías 62 y 63: Sensores en la cámara de neutralización (conductividad, pH y temperatura en efluente bajo sólidos)

Fotografías 64 y 65: Sensores de pH en las líneas 1 y 2 que ingresan al tratamiento terciario

Aguas abajo del tratamiento terciario se observaron los filtros rotatorios (Fotografía 68), las torres de enfriamiento Alpina (Fotografía 67), la canaleta Parshall (Fotografía 69) y los sensores que registran las características del efluente que es descargado al río Cruces. Todos los sensores (caudal, temperatura, pH y conductividad) poseen duplicados (Fotografías 70 a 75).

Al final de la canaleta Parshall existe una cascada (Fotografía 75), desde donde el efluente tratado se conduce al difusor ubicado en el río Cruces. PBD comentó que esta cascada ayuda, junto con otros procesos del sistema de tratamiento de efluentes, a agregar oxígeno disuelto al efluente de la planta.

Fotografías 66 y 67: Sistema de tratamiento terciario (línea 2) y torres de enfriamiento Alpina, ubicadas aguas abajo del tratamiento terciario

Fotografías 68 y 69: Filtros rotatorios ubicados entre el tratamiento terciario y las torres de enfriamiento alpina, y canaleta Parshall

Fotografías 70 y 71: Sensores que registran, en duplicado, las características finales del efluente tratado, antes de su descarga al río Cruces

Fotografías 72 y 73: Sensores que registran, en duplicado, las características finales del efluente tratado, antes de su descarga al río Cruces

Fotografías 74 y 75: Sensor y cascada de efluente con posterioridad a la canaleta Parshall, previo a su descarga al río Cruces

La última parte del sistema de tratamiento de efluentes visitada, incluso después del difusor, fueron las dos lagunas de derrames, la principal (Fotografías 76 y 77) y la auxiliar (Fotografía 79). MG explicó que los efluentes pueden ser derivados a la laguna tanto desde la cámara de neutralización o desde el Parshall, y que la laguna puede recibir también las aguas lluvias en caso que ellas posean algún parámetro fuera de los rangos aceptables. El retorno normal se realiza al tratamiento primario, de manera dosificada, mediante una tubería que se observaba en una de las esquinas de la laguna principal. Además, MG explicó que existen válvulas que permiten interconectar las dos lagunas para permitir gestionar el efluente adecuadamente (Fotografía 78).

Fotografías 76 y 77: Laguna principal de derrames

Fotografías 78 y 79: Conexiones entre las lagunas de derrames, y laguna auxiliar

CSS consultó sobre los volúmenes de las lagunas de derrame, ante lo que MG indicó que los volúmenes eran de 130.000 m^3 la laguna principal y de 30.000 m^3 la laguna auxiliar.

g) <u>Difusor de descarga del efluente al río Cruces</u>

Se visitó el punto de descarga del efluente en el río Cruces, mediante un difusor sumergido (Fotografía 80). Se observa un punto en el que se pueden ver burbujas, ante lo que MG comenta que ello corresponde a la primera boquilla, donde sale el aire que es conducido junto con el efluente, lo que no impide una buena dilución del efluente en el río.

CSS consulta sobre el diseño del difusor, ante lo que PB responde que corresponde a un difusor con cinco boquillas en forma de "Y" cada boquilla, es decir, que existen diez orificios por los cuales sale el efluente, lo que beneficia la rápida dilución del efluente en el río. Este diseño es de

un estándar muy superior a la mayoría de las otras descargas de efluentes en el río, las que se realizan típicamente mediante un ducto de descarga directo, en la superficie del río.

Al costado derecho se observó el ducto de descarga de aguas lluvias de las canchas de madera de la planta, por la que no escurría agua puesto que no estaba lloviendo.

Fotografías 80 y 81: Descarga de efluentes en el río Cruces, mediante difusor sumergido, y descarga de aguas lluvia de la cancha de madera, sin descarga

La actividad de inspección personal de la SMA finalizó a las 14:41 horas de ese mismo día. En el Anexo 1 se adjunta el Acta de término.

V. APRECIACIÓN DE LOS HECHOS QUE HAN SIDO OBJETO DE LA INSPECCIÓN PERSONAL DE 09/02/2017

A continuación se entregan las conclusiones sobre la apreciación de los hechos observados durante la actividad de inspección personal de la SMA, a la luz de los cargos Nº 2 y Nº 5 de la Res. Ex. Nº1/ROL D-001-2016, formulados por la SMA a Arauco.

En esta sección se revisaron antecedentes técnicos que no se tuvieron a la vista durante la visita, pero que son necesarios para una adecuada comprensión de lo observado. Estos antecedentes se acompañan a este informe.

5.1.- Análisis de los hechos que se estiman constitutivos de infracción del cargo Nº2

El cargo Nº 2 de la Res. Ex. Nº1/ROL D-001-2016, es el siguiente, según se presentó en la Sección II, "Antecedentes de la inspección personal y del informe de perito" del presente informe:

N°Cargo	Hechos que se estiman constitutivos de infracción	Condiciones, normas y medidas eventualmente infringidas	Calificación de gravedad
2	No derivar como último recurso al sistema de tratamiento de efluentes el derrame de licor verde ocurrido el día 17 de enero de 2014.	Considerando 8.2.2.1 RCA Nº 279/1998 y Res. Ex. Nº 594/2005: *"(...) Derrames* *"El proyecto deberá contar con sistemas internos y externos para el control de eventuales derrames (accidentales o por eventos naturales como sismos), con el objetivo de recuperarlos. Los derrames de licor deberán ser desviados al sistema de tratamiento de efluentes sólo como último recurso (...)".*	Grave, en virtud de las letras a), b) y e) del numeral 2 del artículo 36 de la LO-SMA.

a) Caracterización del licor verde

En relación a los análisis químicos realizados al licor verde (densidad, álcali efectivo, álcali activo, álcali total, soda, Na_2S y sulfidez) del día 8 de febrero de 2017 y que se adjuntan en el Anexo 2, la Tabla 1 analiza estos valores y los compara con aquellos informados en los antecedentes del procedimiento de sanción para los días 17 y 18 de enero de 2014. La tabla muestra también, en función de las tendencias y variabilidad de los datos, los rangos que agrupan el 95% de los

valores[3], lo que habitualmente se considera como normal desde los puntos de vista estadístico y regulatorio.

Tabla 1: Caracterizaciones del lico verde, 8 de febrero de 2017

	Unidad	Rango medido	Promedio	Desviación estándar	Rango normal (95%)
Densidad	kg/m^3	1.171 – 1.191	1.178	7	1164 - 1192
Álcali efectivo	g/L NaOH	34,1 – 37,9	36,9	1,6	33,8 - 40,0
Álcali activo	g/L NaOH	61,9 – 71,2	67,6	3,4	60,8 - 74,5
Álcali total	g/L NaOH	169,1 – 188,6	178,7	7,2	164,3 - 193,1
Soda	g/L NaOH	4,4 – 7,0	6,2	0,9	4,3 - 8,0
Na_2S	g/L NaOH	55,6 – 66,8	61,5	4,0	53,6 - 69,4
Sulfidez	%	32,9 – 35,4	34,4	0,9	32,6 - 36,2

La revisión de las caracterizaciones presentadas en la Tabla 1 permite preguntarse si el licor verde que rebasó el día 17 de enero de 2014 poseía características consideradas normales o si, por el contrario, su caracterización difería de lo habitual para esta sustancia en Planta Valdivia. Para ello, se revisaron las caracterizaciones del licor verde del día 17 de enero de 2014, disponibles en el expediente electrónico del proceso, específicamente en respuesta al Requerimiento 24 de la Res. Ex. N°3/ROL D-001-2016.

Esta comparación permitió comprobar que los valores anteriores al trip parcial del día 17 de enero (medidos a las 4:00, 8:00 y 12:00 horas) se encontraban en rangos similares a los

[3] Para establecer este rango se consideró una distribución normal de los datos, por lo que el rango está dado por la siguiente expresión: Promedio $\pm$ 2*σ. Sin perjuicio que la cantidad de datos utilizados (n=6) es insuficiente para obtener conclusiones definitivas, permite entregar rangos referenciales de las variables analizadas.

observados el día 8 de febrero de 2017, a diferencia de algunos de los valores con posterioridad al trip parcial (medidos a las 17:20 y 20:00 horas).

Esta información permite concluir que el licor verde que rebasó el día 17 de enero de 2014 poseía características normales, similares a las observadas en la actividad de inspección personal de la SMA.

Cabe señalar que las variaciones en las características de densidad y concentración del licor verde con posterioridad a un trip parcial, como el ocurrido el 17 de enero de 2014, son totalmente normales, pues al detenerse la quema de licor negro se reduce la cantidad de fundido que llega al estanque disolvedor, lo que afecta estas características del licor verde.

b) Uso de sistema de tratamiento de efluentes como último recurso

En relación a los 'sistemas internos y externos' para el control de eventuales derrames a los que hace referencia la RCA, dichos sistemas, desde el punto de vista de la configuración de las instalaciones de la Planta Valdivia, corresponden a los siguientes:

- Sistemas internos: corresponden a sistemas ubicados al interior de las áreas de proceso y que permiten el control de eventuales derrames en dichas áreas (tales como canaletas, canaletas perimetrales, fosos de recuperación, bombas de recuperación de derrames, estanques para recibir los químicos recuperados desde los fosos, sistemas de control automático para la recuperación de químicos, y conducción de derrames a los sistemas externos en caso que los sistemas internos sean insuficientes)
- Sistemas externos: corresponden a sistemas fuera de las áreas de proceso, y que consisten esencialmente aquellos ubicados en el sistema de tratamiento de efluentes (tales como clarificador primario, cámara de neutralización, tratamiento secundario, tratamiento terciario y lagunas de derrames).

Durante la actividad de inspección personal de la SMA fue posible observar los siguientes sistemas (internos y externos) para el control de eventuales derrames:

- Sistemas internos:
  - Varias canaletas para recuperación de derrames en las distintas áreas de proceso.

- Pretiles en torno a todas las áreas de proceso, incluyendo el Foso Nº 4 y el área del Estanque Disolvedor (ver Fotografía 30 y documento "Fotografía pretil Pozo N° 4", este último disponible en el expediente electrónico del proceso, específicamente en respuesta al Requerimiento 23 de la Res. Ex. N°3/ROL D-001-2016)
- Canaleta perimetral alrededor del estanque disolvedor (ver Plano "Dissolving Tank Assembly Tanks", N° A08027101, disponible en el expediente electrónico del proceso, específicamente en respuesta al Requerimiento 11 de la Res. Ex. N°3/ROL D-001-2016)
- Foso Nº 4 de recuperación de licor verde desde el estanque disolvedor (ver Fotografías 26, 28 y 29, y Plano "Fosos Descarga Efluentes G.S. N°4", N° A1-311-10-334, este último disponible en el expediente electrónico del proceso, específicamente en respuesta al Requerimiento 12 de la Res. Ex. N°3/ROL D-001-2016)
- Bomba para la recuperación de derrames de licor verde desde el Foso Nº 4 hacia el área de caustificación (ver Fotografía 26).
- Estanque para recibir el licor verde recuperado desde el Foso Nº 4 (estanque 'Spill', en área Caustificación, en Despliegue "353 – Caustificación - Spill y Recuperación de Aguas").
- Sistema de control automático para la recuperación licor verde desde Foso Nº 4 (ver Fotografía 25 y Despliegue 352 – Caldera Recuperadora – Licor Verde).
- Conexión entre el Foso Nº 4 y el efluente general, la cual se acciona mediante una compuerta controlada automáticamente en caso que algún parámetro se desvíe de los valores establecidos (ver Fotografías 29 y 30, y Plano "Fosos Descarga Efluentes G.S. N°4" referido anteriormente).

- Sistemas externos (todos descritos detalladamente en los documentos N° 03.385.002, "Tratamiento de efluentes - Manual de Fundamentos", y N° 03.385.003, "Tratamiento de efluentes - Manual de Operaciones", disponibles en el expediente electrónico del proceso, específicamente en respuesta al Requerimiento 18 de la Res. Ex. N°3/ROL D-001-2016, así como en los despliegues adjuntados en Anexo 3):
  - Clarificador primario, con tiempo de retención de aproximadamente 5 horas.
  - Cámara de neutralización, con ajuste automático de pH.

- Dos líneas de tratamiento secundario de efluentes (biológico), con un tiempo de retención de aproximadamente 18 horas.
- Dos líneas de tratamiento terciario.
- Dos lagunas de derrames, de volúmenes de 130.000 m^3 (laguna principal) y de 30.000 m^3 (laguna auxiliar).

Adicionalmente, cabe mencionar que tanto los sistemas internos como externos son operados por personal especializado, que puede tomar decisiones en función de las variables de proceso que observa a través de los despliegues del DCS ya comentados y que se adjuntan en los Anexos 2 y 3.

Como consecuencia de todos estos sistemas de control (internos y externos), el rebase ocurrido el 17 de enero de 2014 desde el estanque disolvedor generó, a su vez, un rebase de una cantidad muy pequeña de licor verde desde el Foso Nº4 (aproximadamente 1,1 m^3)[4], el cual llegó al sistema secundario de tratamiento altamente diluido (por su mezcla con el efluente general y su paso por el clarificador primario), razones por las que no generó ningún efecto negativo sobre los microorganismos de las líneas de tratamiento secundario de efluentes.

A mayor abundamiento, durante el paso del licor verde por el clarificador primario, que posee un tiempo de retención de aproximadamente 5 horas, las características del efluente general y del efluente bajo sólidos fueron monitoreadas por el operador de efluentes, junto con las características del efluente descargado al río Cruces, lo que salvaguardó tanto las condiciones del sistema de tratamiento de efluentes (particularmente la salud de los microorganismos del sistema secundario) como garantizó que el efluente tratado cumpliera con los requerimientos del permiso ambiental, conforme se detallará a continuación. Cabe señalar que este perito comprobó que todos los registros de la descarga del efluente de la planta al río Cruces se encontraban dentro de los límites permitidos entre los días 17 y 20 de enero de 2014, mediante la revisión del informe trimestral de monitoreo de Planta Valdivia, correspondiente el primer trimestre de 2014, a los que se accedió con fecha 20 de febrero de 2017.

[4] Conforme concluye el Informe Técnico Cálculo Rebase de Licor Verde a Clarificador Primario de Planta de Tratamiento de Efluentes del Dr. Ing. Óscar Farías Fuentes, que se encuentra agregado como parte del documento N° 12 del expediente electrónico.

Durante este evento no fue necesario derivar a la laguna de derrames, sin haber impedimento para haberlo hecho, pues las características del efluente no lo ameritaron, lo que además se vio confirmado por los parámetros de descarga.

c) Eventuales efectos del licor verde sobre la salud de los microorganismos del sistema de tratamiento secundario de efluentes

Con respecto a la verificación de la salud de los microorganismos del sistema de tratamiento secundario con ocasión del rebase de licor verde del día 17 de enero de 2014, la revisión posterior de los Reportes Microbiológicos de los reactores biológicos de planta Valdivia, de fechas 10 y 20 de enero, los más cercanos a la fecha del evento de rebase de licor verde del 17 de enero de 2014, permitieron confirmar que no hubo cambios en la composición microbiana de los lodos biológicos de la planta entre estas dos fechas, es decir, el pequeño volumen de licor verde que llegó al sistema de tratamiento de efluentes no tuvo la capacidad de afectar la salud de los microorganismos, ni los afectó en la práctica.

En efecto, el informe del día 20 de enero de 2014 señala lo siguiente: "*En general, en ambas líneas predominan los ciliados fijos, y se asocian a buenas condiciones en el reactor (...) La mayor población microbiana corresponde a los ciliados fijos, lo que se asocia a buenas condiciones en aireación y depuración*".

Los informes citados se adjuntan en el Anexo 6. Cabe señalar que estos informes no se tuvieron a la vista durante la visita, y su revisión tiene por objetivo complementar y objetivar lo señalado verbalmente por el operador durante la visita.

d) Otras precisiones respecto a los hechos observados en la inspección personal

Finalmente, se efectúan ciertas precisiones técnicas en relación a ciertos hechos observados en la inspección técnica, conforme se expone:

Punto 12: Durante la visita a la sala de control principal, se registró un nivel de licor verde en el Foso Nº4 de 118%, lo cual no constituye un riesgo para la operación de la planta. En efecto, los fosos de recuperación de químicos, tales como el Foso Nº 4, son diseñados, construidos y

operados de modo tal de que exista un rango de seguridad (holgura) suficiente que minimice la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado (por ejemplo, un rebase).

Así, en el caso particular del Foso Nº 4, mientras la altura total del foso es de 2,56 metros, el 100% de la altura (para efectos de la calibración del instrumento) está fijada en 1,57 metros. Es decir, la altura total del foso se alcanzaría, hipotéticamente, con una altura del instrumento marcando 163%, lo que estuvo lejos de ocurrir.

La Figura 2 muestra esquemáticamente este sistema de calibración de instrumentos que miden el nivel de fosos y estanques en Planta Valdivia, y la Figura 3 muestra el caso particular del Foso Nº4.

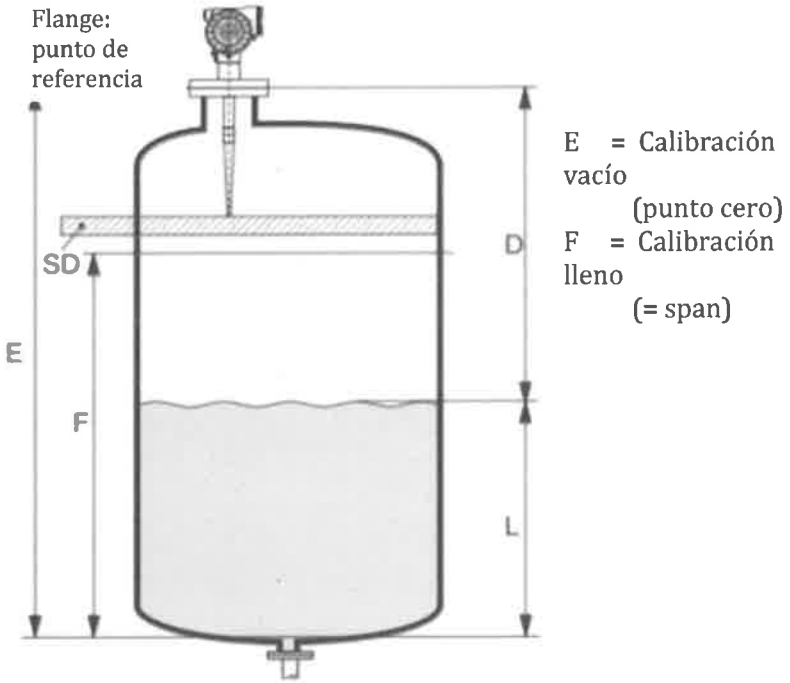


Figura 2: Nomenclatura para la calibración de niveles en estanques y fosos

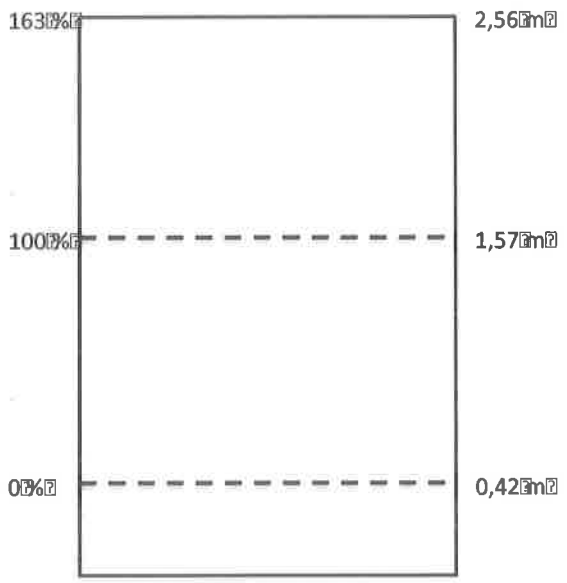


Figura 3: Esquema de calibración del nivel del Foso Nº4

En este caso particular, lo observado durante la actividad de inspección personal de la SMA correspondió al sistema operando en modo manual. En este caso, el nivel observado (118%) era superior al nivel que acciona automáticamente la bomba de recuperación, por lo que al activar el operador el modo automático, en presencia de los funcionarios de la SMA, y considerando que la conductividad se encontraba por sobre el umbral de activación, dicha bomba (352M304) partió de manera automática, enviando el licor verde del Foso Nº 4 hacia el área de caustificación. En dicha situación no se generó rebase alguno, pues no se superaron las holguras mencionadas anteriormente.

Se hace presente que aun cuando el sistema se encuentre en modo manual, se dispone de indicaciones de alarma para aquellas variables fuera del rango de operación normal, permitiendo al operador tomar la acción que corresponda.

e) Resumen

En síntesis, en base a la apreciación de los hechos observados durante la actividad de inspección personal de la SMA, es posible dar cuenta de los siguientes hechos o circunstancias:

a) Que la Planta Valdivia cuenta con los siguientes sistemas para el control de eventuales derrames de licor verde, que dejan al sistema de tratamiento como último recurso:

- Ducto que conduce, exclusivamente, eventuales rebases desde el estanque disolvedor hacia una canaleta perimetral que rodea todo el estanque disolvedor.
- Adicionalmente, existen pretiles de contención alrededor de cada área de proceso, de manera de evitar que eventuales derrames de otras áreas o equipos se mezclen con otras aguas
- Un ducto que conduce el licor verde que llega a esta canaleta perimetral hacia el Foso Nº 4.
- Un Foso que permite la recuperación del licor verde que llega, mediante una bomba, hacia el área de caustificación. Este foso se denomina Foso Nº 4, y cuenta con mediciones continuas de nivel y de conductividad.
- Adicionalmente, este foso posee un control automático diseñado para recuperar el licor verde siempre que sea posible, minimizando el riesgo de rebase de licor verde desde el foso. Aun cuando el sistema se encuentre en modo manual, se dispone de indicaciones de alarma para aquellas variables fuera del rango de operación normal, permitiendo al operador tomar la acción que corresponda.
- Una compuerta que conecta, como último recurso, el licor verde que es recibido en el Foso Nº 4 y que no pueda ser recuperado ni contenido en el mismo foso, hacia el sistema de recolección del efluente general.
- De alcanzar el sistema de tratamiento de efluentes, el derrame será controlado en distintas etapas sucesivas, siendo las principales las siguientes: clarificador primario, cámara de neutralización, dos líneas de tratamiento secundario, dos líneas de tratamiento terciario, y una laguna de derrames en caso de requerirse su descarga hacia ella, según los parámetros de llegada.

b) En relación a los hechos del caso en concreto, esto es, el rebase de licor verde ocurrido el 17 de enero de 2014, y su relación con lo observado en la actividad de inspección personal, es posible concluir lo siguiente:

- Pudo constatarse en terreno la existencia de los numerosos sistemas y equipos que participaron en la contención, control y depuración del licor verde rebasado desde el Foso Nº 4 con ocasión del trip parcial ocurrido el 17 de enero de 2017.
- El examen en terreno de lo anterior permite verificar que las medidas de control incorporadas a la planta (y constadas en la visita inspectiva), así como el exiguo volumen de licor verde que alcanzó el sistema de tratamiento de efluentes, permiten confirmar que el rebase de licor verde desde el foso Nº 4, y su

consiguiente derivación al sistema de tratamiento de efluentes, fue una circunstancia excepcional y mínima en su cantidad, esto es, un último recurso habiendo operado previamente todas las medidas de contención y recuperación existentes para ello.

Por lo tanto, en relación a los hechos que fundan este cargo, es posible concluir lo siguiente:

Los equipos, instalaciones y procesos observados durante la actividad de inspección personal de la SMA a Planta Valdivia el día 9 de febrero de 2017 permitieron confirmar que Planta Valdivia posee sistemas internos y externos para el control de eventuales derrames, incluidos los que deriven de rebalses de licor verde desde el estanque disolvedor, con el objetivo de recuperarlos hacia el área de caustificación.

Los derrames de licor verde desde el estanque disolvedor son desviados al sistema de tratamiento de efluentes sólo como último recurso, en circunstancias que el Foso Nº 4 no tenga capacidad de recibir el flujo afluente (es decir, que su volumen esté completo), y que además existan problemas para la recuperación del licor verde por medio de la bomba existente (ya sea por capacidad de la bomba o por problemas para su funcionamiento).

Es decir, puede concluirse que el evento del 17 de enero de 2014, el rebase de licor verde desde el foso Nº 4 y su consiguiente derivación al sistema de tratamiento de efluentes, constituyó una situación muy excepcional y mínima en su cantidad, esto es, un último recurso habiendo operado previamente todas las medidas de contención y recuperación existentes para ello.

5.2.- Análisis de los hechos que se estiman constitutivos de infracción del cargo Nº5

Por su parte, el cargo Nº 5 de la SMA, asociado al proceso sancionatorio establecido en la Res. Ex. Nº1/ROL D-001-2016, es el siguiente:

N°Cargo	Hechos que se estiman constitutivos de infracción	Condiciones, normas y medidas eventualmente infringidas	Calificación de gravedad
5	No se ha instalado el sistema de lavador de gases (*scrubber*) en el incinerador de gases no condensables.	Considerando 8.1.2.2 letra a) Res. Ex. Nº 594/2005 *"(...) Considera un sistema lavador de gases (scrubber) de alta eficiencia (85%), en el incinerador de gases no condensables (...)".* Considerando 8.1.2.2 letra a) Res. Ex. Nº 279/1998	Grave, en virtud del literal e) del numeral 2 del artículo 36 de la LO-SMA.

		"(...) Se deberá instalar un sistema lavador de gases (scrubber) de alta eficiencia (85%), en la principal fuente emisora de dióxido de azufre, correspondiente al incinerador de gases no condensables (...)".	

Tal como se presentó en la sección anterior del informe, lo observado en terreno permite acreditar los siguientes hechos o circunstancias:

a) Que el sistema de acondicionamiento y tratamiento de gases no condensables (GNC) instalado en Planta Valdivia es diferente al originalmente considerado en la RCA, el cual implicaba la instalación de un *scrubber*, no siendo este último actualmente exigible, conforme al conjunto de pronunciamientos emitidos por la autoridad ambiental en relación al sistema de control de emisión de olores..

Cabe señalar que el sistema actualmente instalado fue desarrollado en dos etapas: en una primera etapa, junto con el proceso de construcción general de Planta Valdivia, se implementó el sistema de recolección y tratamiento de GNC concentrados en la caldera recuperadora más el respaldo de tratamiento en la caldera de poder. Posteriormente, en virtud de lo comprometido en la Carta GPV 096/2004-C, del 9 de agosto de 2004, y a lo descrito en el documento adjunto a dicha carta "Proyecto: Recolección e Incineración de Gases No Condensables – Planta Valdivia – Antecedentes técnicos", de julio de 2004, el sistema original fue complementado con el segundo respaldo de incineración de GNC concentrados (mediante el incinerador GNC) y con todo el sistema de recolección, acondicionamiento y tratamiento de GNC diluidos.

A modo de material explicativo complementario al adjuntado en la Carta GPV 096/2004-C, en el Anexo 8 se adjuntan los documentos de Aker Kvaerner (proveedora de los equipos para el tratamiento de GNC) denominados "Celulosa Arauco y Constitución S.A. – Tratamiento e incineración de gases DNCG en la caldera de recuperación" y "Celulosa Arauco y Constitución S.A. – Incinerador de CNCG". Según se verá a continuación, este sistema es incluso más eficiente que el originalmente considerado.

b) En efecto, el sistema actualmente instalado es más eficaz en el tratamiento de los GNC y en la captura del SO_2 que el descrito en la Res. Ex. 279/1998, por las siguientes razones principales:

- El sistema existente y operativo en Planta Valdivia posee tres alternativas para la incineración de los GNC concentrados (caldera recuperadora, caldera de poder e incinerador GNC), más una alternativa para la incineración de los GNC diluidos, en circunstancia que inicialmente la RCA sólo consideraba un equipo de tratamiento.
- El sistema existente, además de los equipos para la incineración propiamente tal, posee diversos equipos adicionales que permiten un pre-tratamiento y un

adecuado acondicionamiento de estos gases previo a su incineración, a saber: estanque de agua de sello para GNC concentrados, separador de gotas de GNC concentrados, *scrubber* para GNC diluidos, separador de gotas para GNC diluidos, recalentador de GNC diluidos y capturador de agua para GNC diluidos.

- Adicionalmente, estimaciones realizadas en base a los procesos químicos que ocurren en la caldera recuperadora permite estimar la eficiencia de remoción de SO_2 por este equipo en un rango de 98,5% a 99,8%, es decir, una remoción de SO_2 significativamente superior a la del *scrubber* de alta eficiencia indicada inicialmente en la RCA (con una eficiencia del 85%). La memoria técnica de este cálculo, junto a sus fundamentos físicos y químicos, se presenta en el Anexo 7.

c) Cabe señalar que la quema de metanol como combustible auxiliar en la caldera recuperadora, junto con los GNC concentrados, no agrega emisiones de SO_2.

Por lo tanto, en relación a este cargo, es posible concluir lo siguiente:

Los equipos, instalaciones y procesos observados durante la actividad de inspección personal de la SMA a Planta Valdivia el día 9 de febrero de 2017, junto al análisis de la información técnica disponible por este perito, permitieron acreditar que el sistema actualmente instalado y operando en Planta Valdivia para el tratamiento de gases no condensables es significativamente más eficaz y confiable que el descrito en la Res. Ex. 279/1998, por cuanto no sólo es más robusto y efectivo en el tratamiento de los GNC, al disponer de tres sistemas para la incineración de estos gases junto con numerosos otros sistemas de pre-tratamiento y acondicionamiento, sino también porque posee una eficiencia significativamente mayor para la captura de las emisiones de SO_2 resultantes de la incineración de los GNC. En efecto, la eficiencia en la remoción de SO_2 al interior de la caldera recuperadora se estima en el rango 98,5%-99,8%, muy por sobre el 85% de eficiencia del *scrubber* considerado en el proyecto original.

VI. CONCLUSIONES.

Los equipos, instalaciones y procesos observados durante la actividad de inspección personal de la SMA a Planta Valdivia el día 9 de febrero de 2017 permitieron obtener las siguientes conclusiones generales, en relación a los hechos asociados a los Cargos Nº 2 y Nº 5 de la Res. Ex. Nº 001/2016:

1. Planta Valdivia posee sistemas internos y externos para el control de eventuales derrames de licor verde desde el estanque disolvedor, con el objetivo de recuperarlos hacia el área de caustificación.
2. De esta manera, los derrames de licor verde desde el estanque disolvedor son desviados al sistema de tratamiento de efluentes sólo como último recurso, en circunstancias que se sobrepase la capacidad del Foso N° 4 para recibir el flujo que ingrese, y que además existan problemas para la recuperación del licor verde por medio de la bomba existente, situación totalmente excepcional.
3. En el evento de rebase de licor verde del 17 de enero de 2014 constituyó una situación muy excepcional, y que por lo tanto, cae en la categoría identificada en la RCA del proyecto como "último recurso".
4. Adicionalmente, pudo acreditarse que el rebase de licor verde que llegó al sistema de tratamiento de efluentes, como consecuencia de las medidas de control existentes en la planta y que pudieron observarse en la visita inspectiva (pretiles, canaleta perimetral del estanque disolvedor, pozo Nº 4 de recuperación de licor verde, sistema de control distribuido –DCS- con lazo de control para el envío del licor verde desde el Foso Nº 4 hacia el área de caustificación, compuerta para desvío como último recurso al sistema de tratamiento de efluentes, clarificador primario, cámara de neutralización de efluente y extenso sistema secundario de tratamiento –biológico-), tuvo como consecuencia que el volumen que alcanzó efectivamente el sistema secundario fue pequeño (del orden de 1,1 m^3, según informe de cálculo agregado al expediente electrónico), y llegó altamente diluido (por su mezcla con el efluente general y su paso por el clarificador primario), razones por las que no generó ningún efecto negativo sobre los microorganismos ni sobre la calidad del efluente.
5. El sistema actualmente instalado y operando en Planta Valdivia para el tratamiento de gases no condensables (GNC) es significativamente más robusto, confiable y eficaz que el originalmente considerado en la Res. Ex. 279/1998, por cuanto junto a disponer de tres sistemas para la incineración de estos gases junto con numerosos otros sistemas de pre-tratamiento y acondicionamiento de los GNC, también posee una eficiencia significativamente mayor para la captura de las emisiones de SO_2 resultantes de la incineración de los GNC.

6. En efecto, la eficiencia en la remoción de SO_2 al interior de la caldera recuperadora se estima en el rango 98,5%-99,8%, muy por sobre el 85% de eficiencia del *scrubber* considerado en el proyecto original.

Pablo Andrés Barañao Díaz

Ingeniero Civil P. Universidad Católica de Chile, Ingeniero Ambiental

Master in Applied Science, University of British Columbia

Perito Judicial

ANEXO 1

ACTAS DE INICIO Y DE TÉRMINO DE LA ACTIVIDAD DE INSPECCIÓN PERSONAL DE LA SMA A PLANTA VALDIVIA

ACTA DE INICIO
ACTIVIDAD DE INSPECCIÓN PERSONAL –CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A.
CAUSA ROL D-001-2016

Con fecha 9 de febrero de 2017, siendo las 09:55 horas, en el procedimiento Rol D-001-2016, se da inicio a la actividad de inspección personal en las dependencias de Planta Valdivia, de Celulosa Arauco y Constitución S.A., realizada por la Fiscal Instructora del caso, Carolina Silva Santelices, en compañía de un equipo de profesionales de la Superintendencia de Medio Ambiente. La Fiscal Instructora entrega copia íntegra del Acta de Inicio a los representantes de los interesados asistentes a la diligencia.

Nombre: Carolina Silva Santelices
R.U.N. 16.303.022-8

Nombre: Cecilia Varona B.
R.U.N. 13.308.530-8

Nombre: Ernesto Gatón Sepúlveda
R.U.N. 13.117.351-2

Nombre: Pablo Barañao D.
R.U.N. 10.649.581-5

Acompaña en terreno Manuel González
Firma:
RUT: 10.787.372-2.

Nombre: Paulina Araya Cortés
R.U.N. 9.905.591-k

SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

ACTA DE TÉRMINO
ACTIVIDAD DE INSPECCIÓN PERSONAL –CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A.
CAUSA ROL D-001-2016

Con fecha 9 de febrero de 2017, siendo las 14:41 horas, en el procedimiento Rol D-001-2016, se da término a la actividad de inspección personal en las dependencias de Planta Valdivia, de Celulosa Arauco y Constitución S.A., realizada por la Fiscal Instructora del caso, Carolina Silva Santelices, en compañía de un equipo de profesionales de la Superintendencia de Medio Ambiente. La Fiscal Instructora entrega copia íntegra del Acta de Término a los representantes de los interesados asistentes a la diligencia.

Nombre: Carolina Silva Santelices
R.U.N. 16 368.622-8

Nombre: Marcelo Guzmán Sepúlveda
R.U.N. 13.117.351-2

Nombre: Cecilia Chávez B
R.U.N. 13.368530-0

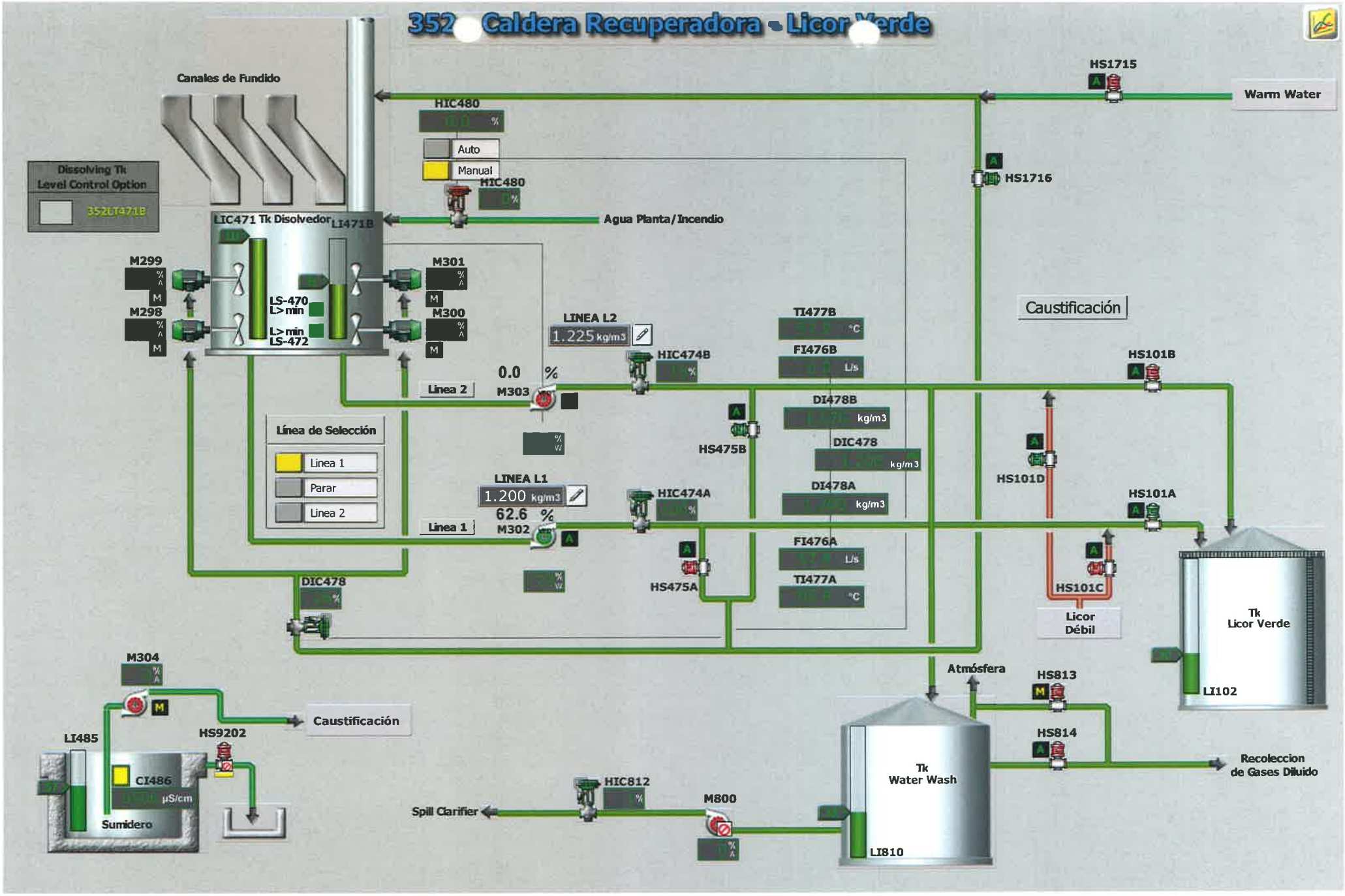
Nombre: Pablo Barañao D.
R.U.N. 10.649.581-5

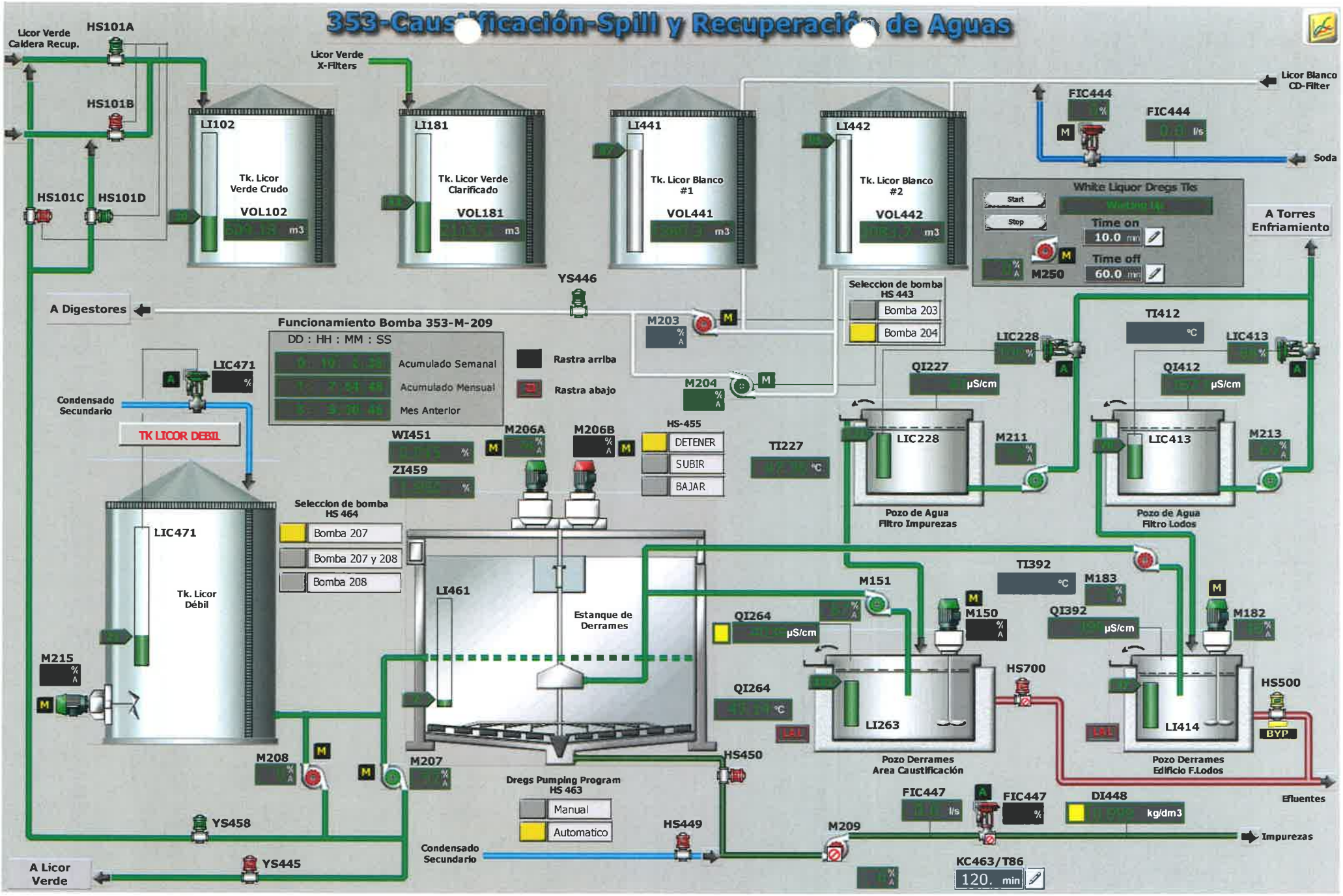
Nombre: Paulina Abarca C.
R.U.N. 9.905.591-K

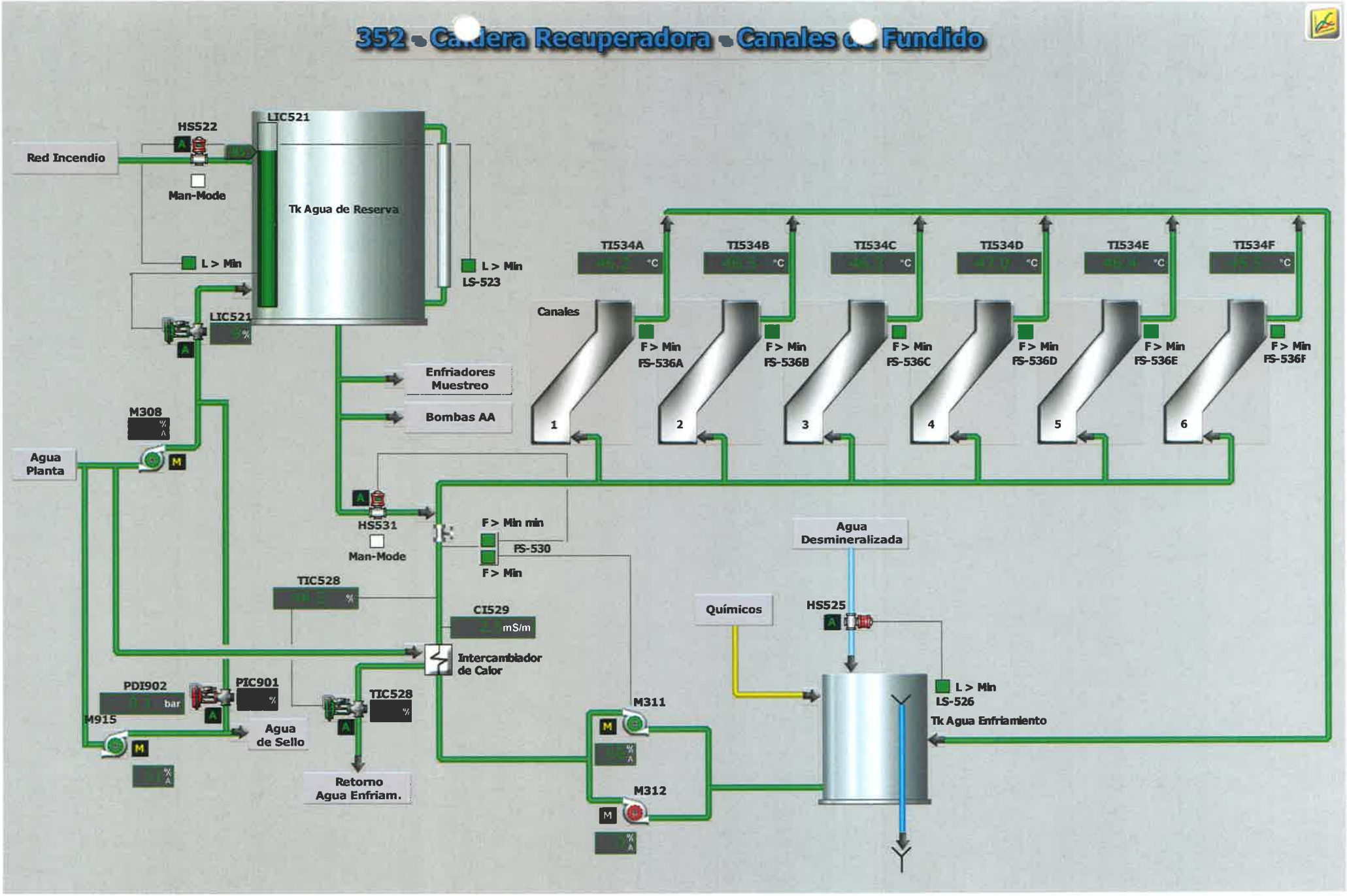
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

ANEXO 2

DESPLIEGUES DE PROCESO OBSERVADOS EN LA SALA DE CONTROL GENERAL Y DOCUMENTOS DE REGISTRO ENTREGADOS DURANTE LA VISITA

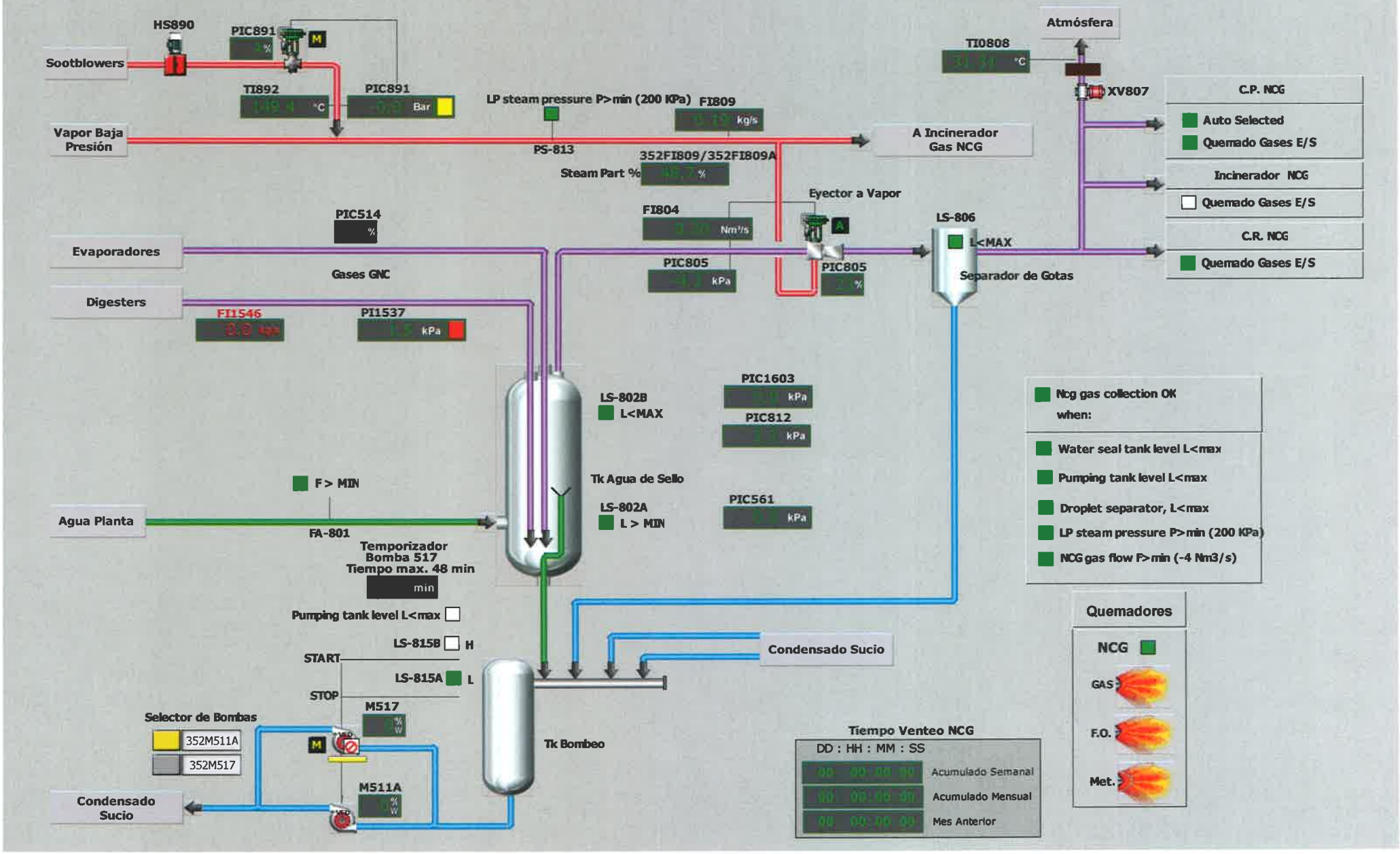

352 Caldera Recuperadora - Licor Verde
Canales de Fundido
HS1715
Warm Water
HIC480
Auto
Manual
HIC480
HS1716
Dissolving Tk Level Control Option
352LT471B
LIC471 Tk Disolvedor
LI471B
Agua Planta/Incendio
M299
M298
M301
M300
LS-470 L>min
L>min LS-472
LINEA L2
1.225 kg/m3
HIC474B
TI477B
FI476B
Caustificación
HS101B
0.0 %
Linea 2
M303
DI478B
kg/m3
HS475B
DIC478
kg/m3
HS101D
Línea de Selección
Linea 1
Parar
Linea 2
LINEA L1
1.200 kg/m3
HIC474A
DI478A
kg/m3
HS101A
62.6 %
Linea 1
M302
FI476A
HS475A
TI477A
HS101C
Licor Débil
Tk Licor Verde
DIC478
M304
Atmósfera
HS813
LI102
Caustificación
LI485
HS9202
HS814
CI486
µS/cm
Sumidero
Tk Water Wash
Recoleccion de Gases Diluido
HIC812
Spill Clarifier
M800
LI810


353-Caustificación-Spill y Recuperación de Aguas
Licor Verde Caldera Recup.
HS101A
HS101B
HS101C
HS101D
Licor Verde X-Filters
LI102
Tk. Licor Verde Crudo
VOL102
m3
LI181
Tk. Licor Verde Clarificado
VOL181
LI441
Tk. Licor Blanco #1
VOL441
LI442
Tk. Licor Blanco #2
VOL442
Licor Blanco CD-Filter
FIC444
Soda
White Liquor Dregs Tks
Start
Stop
Time on
10.0 min
Time off
60.0 min
M250
A Torres Enfriamiento
YS446
A Digestores
Funcionamiento Bomba 353-M-209
DD : HH : MM : SS
Acumulado Semanal
Acumulado Mensual
Mes Anterior
Rastra arriba
Rastra abajo
M203
M204
Seleccion de bomba HS 443
Bomba 203
Bomba 204
LIC228
TI412
LIC413
QI227
QI412
µS/cm
LIC471
Condensado Secundario
TK LICOR DEBIL
WI451
ZI459
M206A
M206B
HS-455
DETENER
SUBIR
BAJAR
TI227
°C
M211
M213
Pozo de Agua Filtro Impurezas
Pozo de Agua Filtro Lodos
Seleccion de bomba HS 464
Bomba 207
Bomba 207 y 208
Bomba 208
LIC471
Tk. Licor Débil
LI461
Estanque de Derrames
M151
M150
TI392
M183
QI392
M182
QI264
HS700
HS500
BYP
LI263
LI414
Pozo Derrames Area Caustificación
Pozo Derrames Edificio F.Lodos
Efluentes
M215
M208
M207
HS450
Dregs Pumping Program HS 463
Manual
Automatico
FIC447
DI448
kg/dm3
Impurezas
YS458
HS449
M209
Condensado Secundario
KC463/T86
120. min
A Licor Verde
YS445


352 - Caldera Recuperadora - Canales de Fundido
HS522
LIC521
Red Incendio
Man-Mode
Tk Agua de Reserva
L > Min
L > Min
LS-523
LIC521
TI534A
TI534B
TI534C
TI534D
TI534E
TI534F
Canales
F > Min
FS-536A
F > Min
FS-536B
F > Min
FS-536C
F > Min
FS-536D
F > Min
FS-536E
F > Min
FS-536F
1
2
3
4
5
6
Enfriadores Muestreo
Bombas AA
M308
Agua Planta
HS531
Man-Mode
F > Min min
FS-530
F > Min
Agua Desmineralizada
TIC528
CI529
mS/m
Químicos
HS525
Intercambiador de Calor
PDI902
bar
PIC901
TIC528
M915
Agua de Sello
Retorno Agua Enfriam.
M311
M312
L > Min
LS-526
Tk Agua Enfriamiento

352 - Caldera Recuperadora - Recolección y Acondicionamiento NCG Concentrados

2/9/2017
10:50:27 AM



352 Caldera Recuperadora - Quemado GNC

2/9/2017 10:44:50 AM

Venteo
Camara Mezcla
ECOSORB Concentrado
TI0808 °C
XV807
Venteo Abierto
NCG a Incinerador
NCG burner on
auto mode
Recolección de GNC
NCG a C. P.
CNCG Burner auto control
NCG burner on
XV12A
XV12B
XV12C
TI811B °C
Vapor Baja Presión
PIC812 %
A
FI804 Nm³/s
GAS
TI811 °C
PI812
A kPa
B kPa
TI820 °C
XV11A
XV11B
Venteo
HIC821LG
0.7 %
Auto
Manual
HIC821 Nm³/s
HIC821 %
Aire Secund. Superior

GAS
Partir
Parar
NCG burner on
NCG burner failure
Reset

F.O.
Parar
Burner on
Burner failure

Metanol
Parar
Methanol burner on
Methanol burner failure

GNC
NCG burner ready for start
Cuando:
Oil burners common interlock
Black Liquor Firing 2 on
Ncg gas collection OK
NCG burner pipe in position
Burner on 1 min
ó
Methanol burning 1 min
ó
352FX241 > 26 Kg/seg

Rst Baliza
TestBaliza

Burner failure
NCG burner equipments in stop positions
Quemado Petroleo
Oil burning not necessary

GNC / F.O.
Burner ready for start
Cuando:
Permisivos Generales
Oil burners common interlock
Burner pipe in position
Heavy oil pressure, p>min
High sec. air pressure p>min (0.8 Kpa)
Atom.steam pressure p>min (0.8 MPa)
Heavy oil temperature t>min (100 °C)

Condiciones de Partida

Permisivos Propano
Furnace, Burning Allowed
Ignition gas pressure OK.
Burner failure
Burner equipments in stop positions
Any burner starting not on

GNC / Metanol
Methanol burner ready for start
Cuando:
Oil burners common interlock
BL firing 2 on status
Methanol burner pipe in position
Methanol density D<max (0.88 Kg/Lt, 880 Kg/m3)
Methanol pressure P>min (0.2 MPa)
High sec. air pressure p>min (0.8 Kpa)
Mill air pressure p>min (0.5 MPa)

Condiciones de Partida

Methanol burner failure
Methanol burner equipments in stop positions
Burner on 1 min

PIC822 MPa
XV01
PIC822 %
FIC823 kg/s
Heavy oil pressure, p>min
F.O.

PIC826 MPa
XV06
PIC826 %
M
FIC828 kg/s
DI829 kg/L
PI831 MPa
Metanol

Methanol density D<max (0.88 Kg/Lt, 880 Kg/m3)
Methanol pressure P>min (0.2 MPa)

Tiempo Venteo Quemado NCG
DD : HH : MM : SS
Acumulado Semanal
Acumulado Mensual
Mes Anterior

363 - Caldera de Poder - Quemado GNC

Venteo
TI0808 °C
XV807
Venteo Abierto
TI564B °C
Vapor Baja Presión
LP-steam pressure P>min
TI564 °C
HIC551LG 1.00 Unit
Razón Aire
Auto
Manual
HIC551 %
FI550 Nm³/s
HIC551 %
Aire Secundario
XV11A
XV11B
XV12C
GNC C. R.
NCG burner on
NCG a Incinerador
NCG burner on
auto mode
PIC561 %
PIC561 kPa
XV12A
XV12B
Recolección Gases No Condensables
Separador Gotas
FI804B Nm³/s
GAS
TI565 °C
Venteo
NCG burner pipe in position
Gas
Partir
Parar
NCG burner on
NCG burner failure
Reset
Droplet separator L<max
Propano
BSV03A
BSV03C
BSV03B
Chispero
NCG burner ready for start when:
Oil burners, common interlock ok
Fluidized bed burning on
Main steam flow, F>min
Ncg gas collection OK
LP-steam pressure P>min
Droplet separator L<max
NCG burner pipe in position
GNC / Petroleo
Burner ready for start when:
Oil burners, common interlock ok
Burner pipe in position
Diesel oil pressure, p>min
Mill air pressure p>min
Condiciones de Partida
Permisivos Chispero
Furnace burning allowed
Ignition gas pressure OK.
Burner failure
Burner equipments in stop positions
Any burner starting not on
GNC / Metanol
Methanol burner ready for start when:
Oil burners, common interlock ok
Fluidized bed burning on
Main steam flow, F>min
Methanol burner pipe in position
Methanol density D<max
Methanol pressure p>min
Mill air pressure p>min
Condiciones de Partida
Methanol burner failure
Methanol burner equipments in stop positions
Oil Burner ON 1 min.
Aire Enfriamiento
XV03
Diesel
Burner pipe in position
Main flame on
XV08
Metanol
Methanol burner pipe in position
Methanol main flame on
XV02
XV07
PIC552 MPa
PIC556 MPa
XV06
XV01
PIC552 %
PIC556 %
FIC553 kg/s
FIC558 kg/s
DI559 kg/L
Methanol density D<max
Diesel oil pressure p>min
Methanol pressure p>min
Diesel
Aire Planta
Metanol
Oil Burner ON 1 min.
Or
Methanol burning 1 min
NCG burner failure
NCG burner equipments in stop positions
Oil burning not necessary
Quemador de Petroleo

Listo	Auto/Man	Partir	Parar	E/S	FALLA	RESET
	Auto	Partir	Parar			Reset

Quemador de Metanol

Partir	Parar	E/S	FALLA	RESET
Partir	Parar			Reset

Tiempo Venteo Quemado NCG
DD : HH : MM : SS
Acumulado Semanal
Acumulado Mensual
Mes Anterior

352 - Caldera Recuperadora - Incinerador GNC

Venteo

XV807

NCG a C. P.

- NCG burner on
- CNCG Burner auto control

Recoleccion de GNC

NCG a C. R.

- CNCG Burner auto control
- NCG burner on

TI152R

XV07

Vapor Baja Presión

Presión vapor BP, P>min (100kPa)

PS1602

Ventilación

TI1604

PIC1603

PIC1603

SP 2.00
PLC OUT 0.00

XV05

XV06

Nivel separador gotas, L<max

Acondicionamiento GNC

TI1605

TI1615

GAS

- Partir
- Parar
- NCG burner ON
- NCG burner failure
- Auto
- Manual
- Reset

TIC1607

TIC1608

Tablero de Transferencia

- Red
- Generador
- Falla de Transferencia
- Compresor Auxiliar

Propano

- Partir
- Parar
- Propane burner ON
- Burner failure

Presion aire instrumento, P>min (500kPa)

Aire Instrumento

Propano

PI1618

Presion Propano, P>min (100kPa)

FIC1613

Nm3/h

XV01

XV03

XV04

XV02

FIC1613

Presion Propano, P<max (90kPa)

PI1619

Acumulado FIC1613

Dia Anterior FIC1613

TIC1607

TIC1608

M516

PIC1609

Quemado NCG, interlock OK

Cuando:

- Parada de Emergencia (Panel Local)
- Parada de Emergencia (Terreno)
- Ventilador Aire Combustion E/S
- Presión Aire de combustión, P>min (1kPa)
- Presión vapor BP, P>min (100kPa)
- Presion NCG, P>min (1kPa)
- Presion NCG, P<max (9.8kPa)

Propano

Quemado propano, interlock OK

Cuando:

- Parada Emergencia (Panel local)
- Ventilador Aire Combustion Listo
- Parada Emergencia (terreno)
- Presion aire instrumento, P>min (500kPa)
- Temperatura llamarada, T<max (1050C)
- Temperatura llamarada, T<max (1050C)
- Temperatura llamarada, T<max (1050)
- Presion Propano, P>min (100kPa)
- Presion Propano, P<max (90kPa)

Falla operacion (Propano)

- Parada de Emergencia (Panel)
- Parada de Emergencia (Terreno)
- Presión aire instrumento baja
- Perdida de llama
- Presion de gases baja (< 110 kPa)
- Presion de gases alta (> 400 kPa)
- Presion aire combustion baja
- Ventilador aire combustion F/S
- Temperatura llamarada, alta
- Valvula gases 1 cerrada
- Valvula gases 2 cerrada
- Valvula de venteo gases no cerrada

Fallas de partida (Propano)

- Falla sensor llama piloto
- Falla detector llama principal
- Ventilador aire combustion F/S
- Presion Aire combustion, baja
- Llama piloto F/S
- Valvulas de gas no abierta
- Llama piloto no F/S
- Llama principal no E/S

Tiempo Venteo Incinerador NCG

DD : HH : MM : SS

- Acumulado Semanal
- Acumulado Mensual
- Mes Anterior

Fallas de detencion (Propano)

- Valvula de gas abierta
- Llama principal E/S
- Temperatura llamarada, alta
- Ventilador aire combustion E/S

Fallas operacion (NCG)

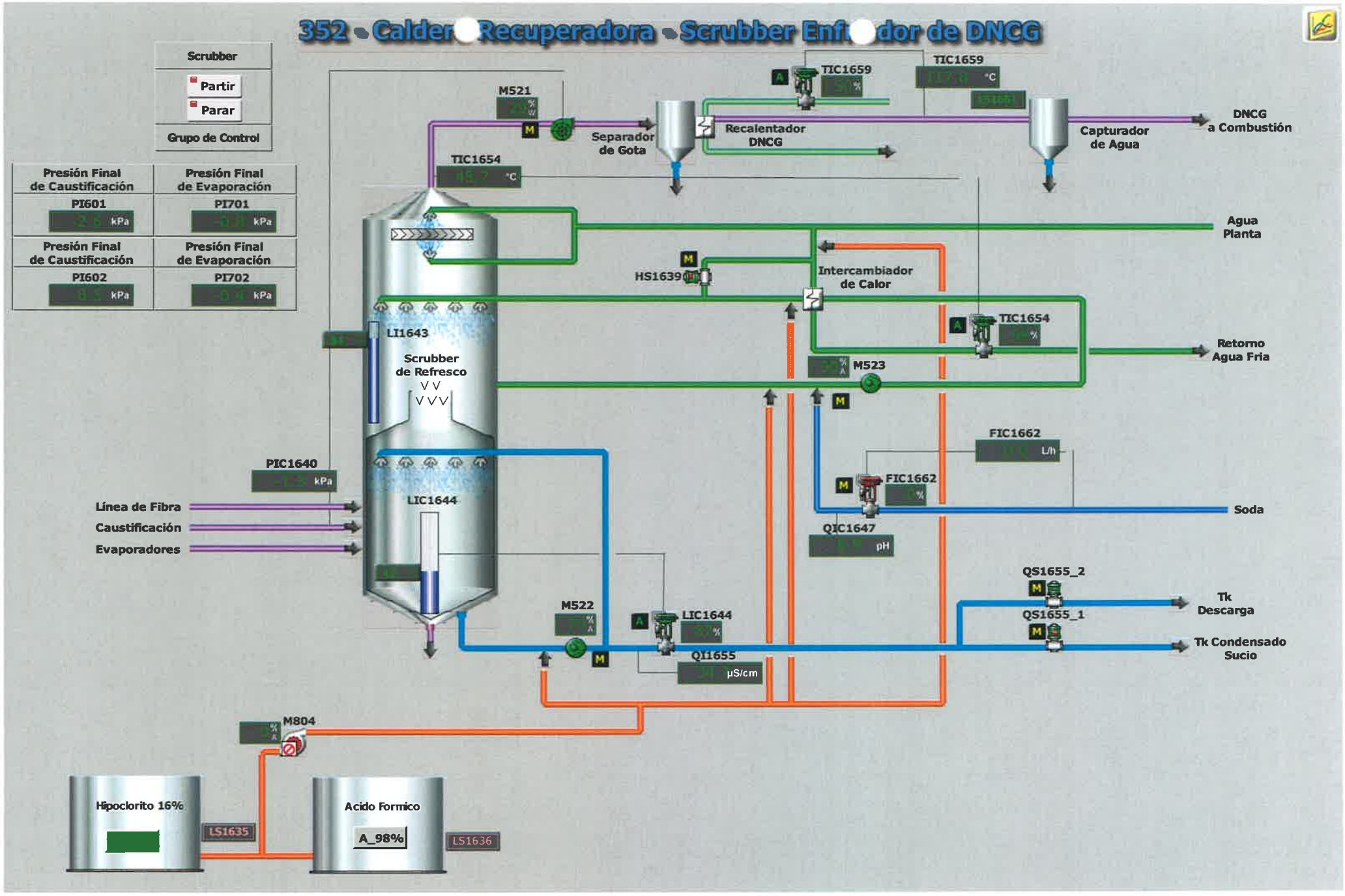
- Interlock quemador NCG
- Fallas valvulas
- Otras rutas abiertas

Fallas detencion (NCG)

- Valvulas NCG abiertas
- Baja presion NCG
- Alta presion NCG

Quemador

- Quemador Incinerador, Listo para partir, Propano
- Quemador Incinerador, Listo para partir, NCG
- Quemador Incinerador, modo AUTO
- Quemador Incinerador, modo REMOTO


352 - Calder Recuperadora - Scrubber Enf dor de DNCG
Scrubber
Partir
Parar
Grupo de Control
Presión Final de Caustificación
PI601
kPa
Presión Final de Evaporación
PI701
kPa
Presión Final de Caustificación
PI602
kPa
Presión Final de Evaporación
PI702
kPa
M521
TIC1654
°C
Separador de Gota
Recalentador DNCG
TIC1659
TIC1659
°C
Capturador de Agua
DNCG a Combustión
Agua Planta
HS1639
Intercambiador de Calor
TIC1654
Retorno Agua Fria
LI1643
Scrubber de Refresco
M523
FIC1662
L/h
FIC1662
Soda
QIC1647
pH
PIC1640
kPa
LIC1644
Línea de Fibra
Caustificación
Evaporadores
QS1655_2
Tk Descarga
QS1655_1
Tk Condensado Sucio
M522
LIC1644
QI1655
µS/cm
M804
Hipoclorito 16%
LS1635
Acido Formico
A_98%
LS1636

352 - Caldera Recuperadora - DNCG Aire Combustión DNCG Diluidos

2/9/2017
10:57:54 AM

Aire

FIC1669 %

FIC1669 Nm³/s

ECOSORB Vaporizado

HS1663

HS1666

HS1664_

HS1667

HS1670

HS1671

PI1674 kPa

HS1672

HS1673

M521

PI1665 kPa

PI1668 kPa

Presión Final de Evaporación
PI701 kPa

Presión Final de Caustificación
PI601 kPa

HS1663 Ultimo Permisivo Perdido

M521 Ultimo Permisivo Perdido

PIC1640 kPa

LIC1644

Línea de Fibra

Caustificación

Evaporadores

FIC221 Nm³/s

FIC221 %

PI222A kPa

PI222B kPa

PIC215 kPa

PIC215 %

Aire Secundario

M115

TI216 °C

Aire Secundario

Reset

Falla DNCG débil

DNCG Gas
Listo para partir
Cuando:

- Quemado en la caldera permitido
- Interlock principal Caldera Rec. O.K.
- Flujo vapor principal F > 22 kg/s
- o { Presión Final Caustificación P<MAX (-100 KPa) / Presión Final Evaporadores P<MAX (-100 KPa) }
- Bomba de Recirculación 2 Scrubber E/S
- Temperatura gas del Scrubber T<MAX (55 °C)
- Ventilador DNCG E/S
- Temp. DNCG despues de calentador T>MIN (100 °C)
- Switch nivel recipiente L<MAX

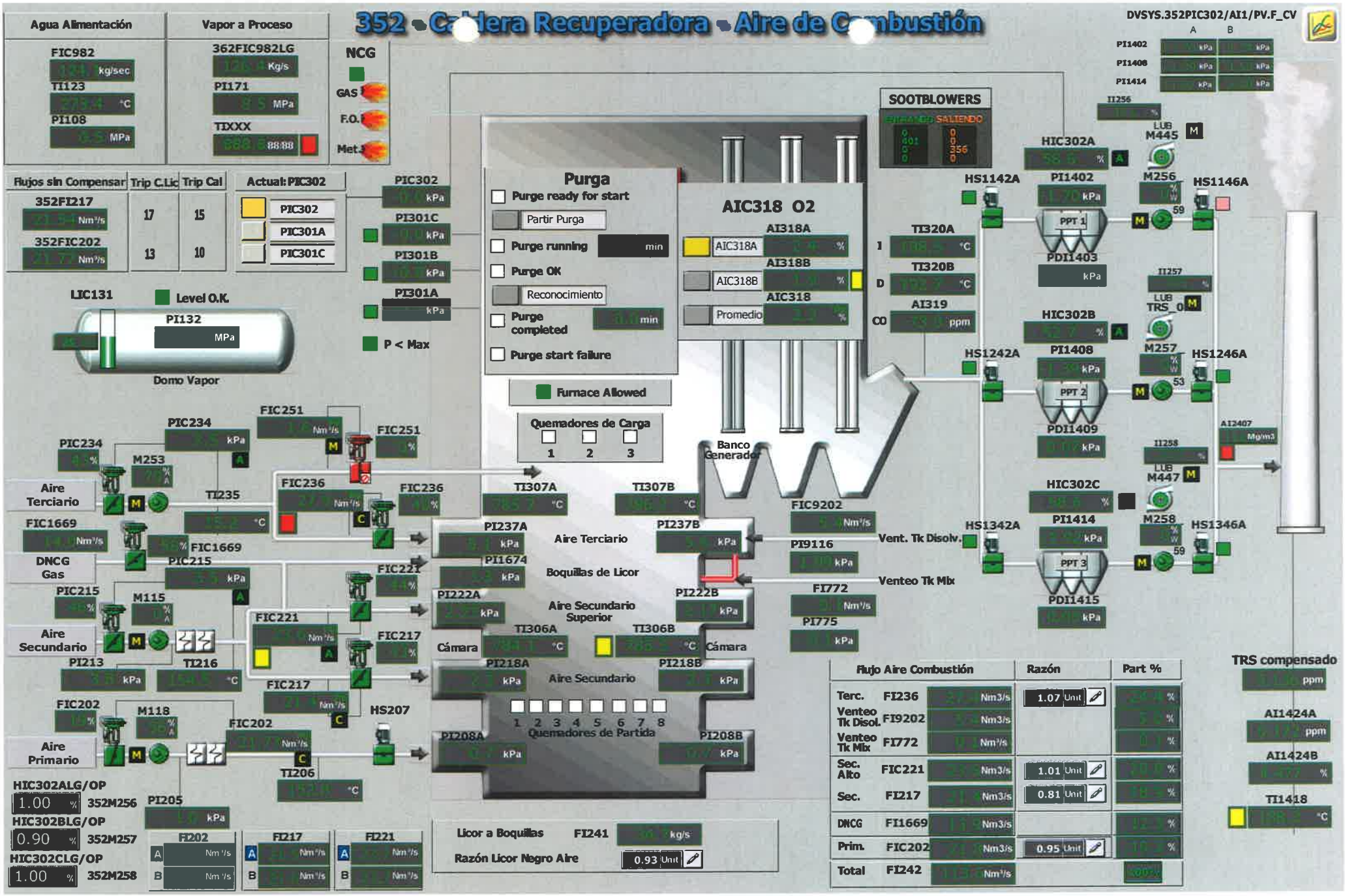
Partir

Parar

Tiempo Venteo DNCG

DD : HH : MM : SS

00 00:00:00	Acumulado Semanal
06 00:00:00	Acumulado Mensual
00 00:00:00	Mes Anterior


352 - Caldera Recuperadora - Aire de Combustión
DVSYS.352PIC302/AI1/PV.F_CV
Agua Alimentación
FIC982
TI123
PI108
Vapor a Proceso
362FIC982LG
PI171
TIXXX
NCG
GAS
F.O.
Met.
Flujos sin Compensar
Trip C.Lic
Trip Cal
352FI217
352FIC202
Actual: PIC302
PIC302
PIC301A
PIC301C
PI301C
PI301B
PI301A
P < Max
LIC131
Level O.K.
PI132
Domo Vapor
Purga
Purge ready for start
Partir Purga
Purge running
Purge OK
Reconocimiento
Purge completed
Purge start failure
AIC318 O2
AI318A
AIC318A
AI318B
AIC318B
AIC318
Promedio
SOOTBLOWERS
Furnace Allowed
Quemadores de Carga
Banco Generador
SOOTBLOWERS
HIC302A
HIC302B
HIC302C
HS1142A
HS1242A
HS1342A
HS1146A
HS1246A
HS1346A
PI1402
PI1408
PI1414
PDI1403
PDI1409
PDI1415
PPT 1
PPT 2
PPT 3
M445
M256
M257
M258
M447
TRS compensado
AI1424A
AI1424B
TI1418
PIC234
FIC251
M253
FIC236
TI235
Aire Terciario
FIC1669
DNCG Gas
PIC215
M115
Aire Secundario
FIC221
FIC217
PI213
TI216
FIC202
M118
Aire Primario
HS207
TI206
PI205
HIC302ALG/OP
352M256
HIC302BLG/OP
352M257
HIC302CLG/OP
352M258
TI307A
TI307B
PI237A
PI237B
PI1674
Aire Terciario
Boquillas de Licor
Aire Secundario Superior
PI222A
PI222B
TI306A
TI306B
Cámara
Cámara
PI218A
PI218B
Aire Secundario
PI208A
PI208B
Quemadores de Partida
FIC9202
Vent. Tk Disolv.
PI9116
Venteo Tk Mix
FI772
PI775
Licor a Boquillas
FI241
Razón Licor Negro Aire
Flujo Aire Combustión
Razón
Part %
Terc. FI236
Venteo Tk Disol. FI9202
Venteo Tk Mix FI772
Sec. Alto FIC221
Sec. FI217
DNCG FI1669
Prim. FIC202
Total FI242

363 - Caldera de Poder - Aire y Gases de Combustión

2/9/2017
11:07:37 AM

Alimentación Agua
FIC986 kg/s
TI115 °C
PI989 bar

Alimentación Vapor
FI902 kg/s
PI906A bar
TI907 °C

Aire Instrumento
PI703 MPa

Generador de Corteza MW

LIC121
Drum level OK
PI124 MPa

Flujo de Aire Comb.		Proporción	Part. %
SEC. FIC177	Nm³/s	0.90 %	%
PRIM. FIC163	Nm³/s	1.00 %	%
SUM	Nm³/s		

Aire Seco
A Colector Aire Enfriamiento Quemador Carga
TI230 °C
M136 %
PI242 kPa
PIC173 kPa
Aire Secundario
TIC239 °C
TIC239 %
TI174 °C
Vapor B. Presión
TIC233 %
FIC163 %
M135 %
TIC233 °C
Aire Primario
PI241 kPa
Alimentador Ctza.Derecho
Alimentador Ctza.Izquierdo

PDI210 kPa
PIC202 kPa
PI201C kPa
PI201B kPa
PI201A kPa
P < MAX
1.00 %
FIC180 Nm³/s
FIC180 %
FIC177 Nm³/s
FIC177 %
NCG
0.90 Unit
FIC176 %
2
0.90 Unit
FIC175 %
1
FIC176
FIC175
FIC163 Nm³/s
PI165 kPa
TI164 °C
HS172
TI171 °C
PI170 kPa

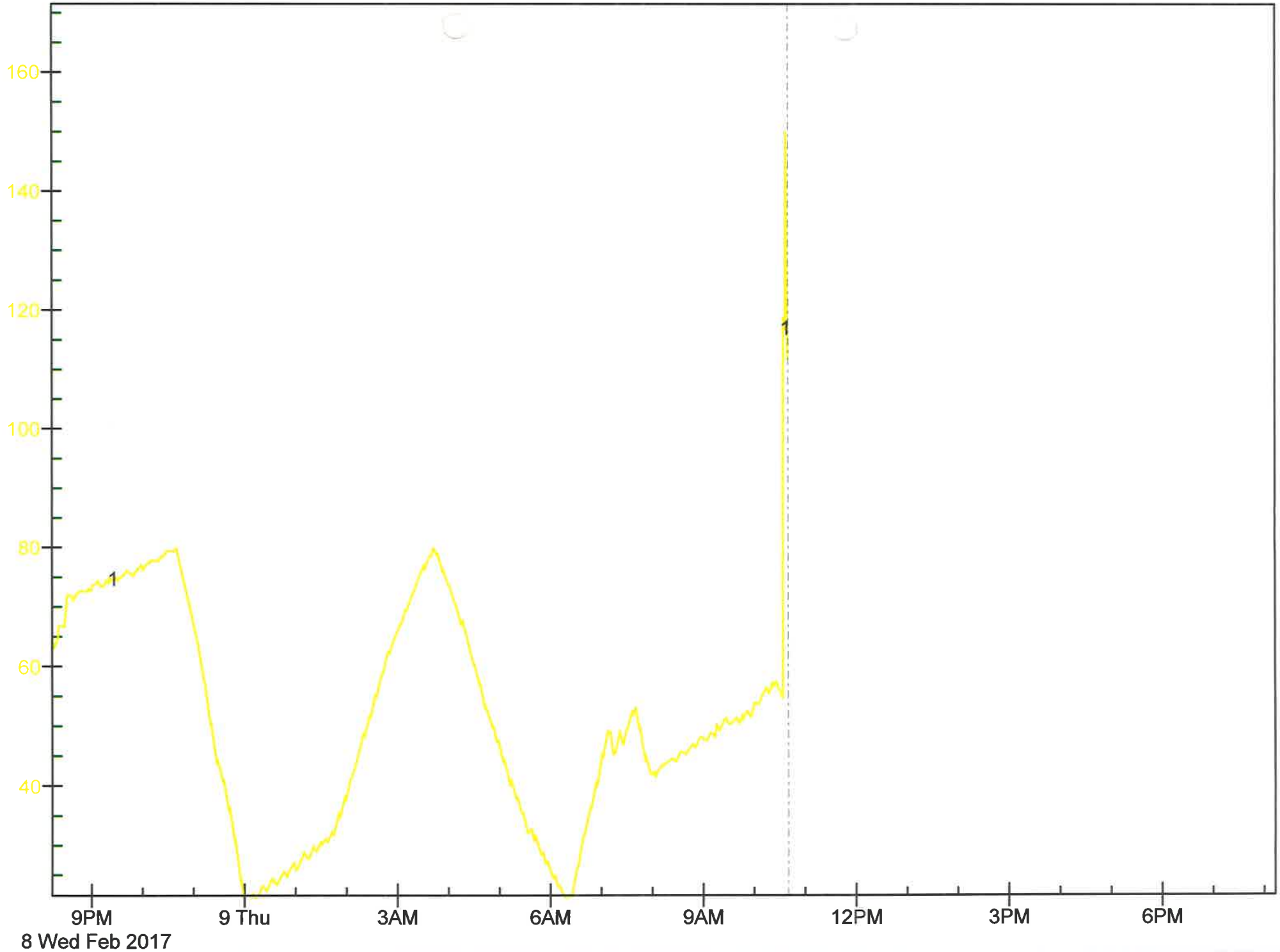
Purga
Primary Air Fan RUN
Start Purge
Purge running
Purge OK
Acknowledge
Purge completed
Purge start failure
Quemado permitido
Quemadores Carga
1 2 3
FI512A kg/s FO
FI512B kg/s DIESEL
Aire Secundario
Aire Total
AN12-20 Nm³/s
Quemadores Partida
1 2
FI520 kg/s F.O.
Corteza Sólido Resumen MW
Aire Combustión Suma de Flujo Nm3/s
TI161 °C
Promedio
Recirc. Remand

TI203 °C
AIC204 %
AI204 %
AI204B %
AI204A %
AI205 ppm CO
AI205COMP mg/m³ CO
AIC204
AIC204A
AIC204B
Promedio
AI1407 mg/m3 MP
AI1407COMP mg/m3 MP
Alarmas 363AI1408
XAA XAB XAC
XAD XAE
TI206 °C
AI1408A ppm
AI1408B %
TI1408 °C
PI1408 kPa
Aire Primario 3
PDI211 kPa
Econom.
TI207 °C
Aire Primario 2
PDI212 kPa
TI208 °C
Aire Primario 1
TI1406 °C
TI209 °C
Aire Secundario
HS1142
M130 %
HS1146
LI162
TI1401 °C
ESP
TI1402 °C
PI1403 mmH2O
PDI1405 mmH2O
PI1404 mmH2O
HS1410
850.00 °C
PIC152LG %
FIC169 Nm³/s
FIC169 %

LV en Tk Disolvedor 08-feb-17 to 08-feb-17

Save | Cancel | Edit | Refresh | Comment | PgUp | PgDn

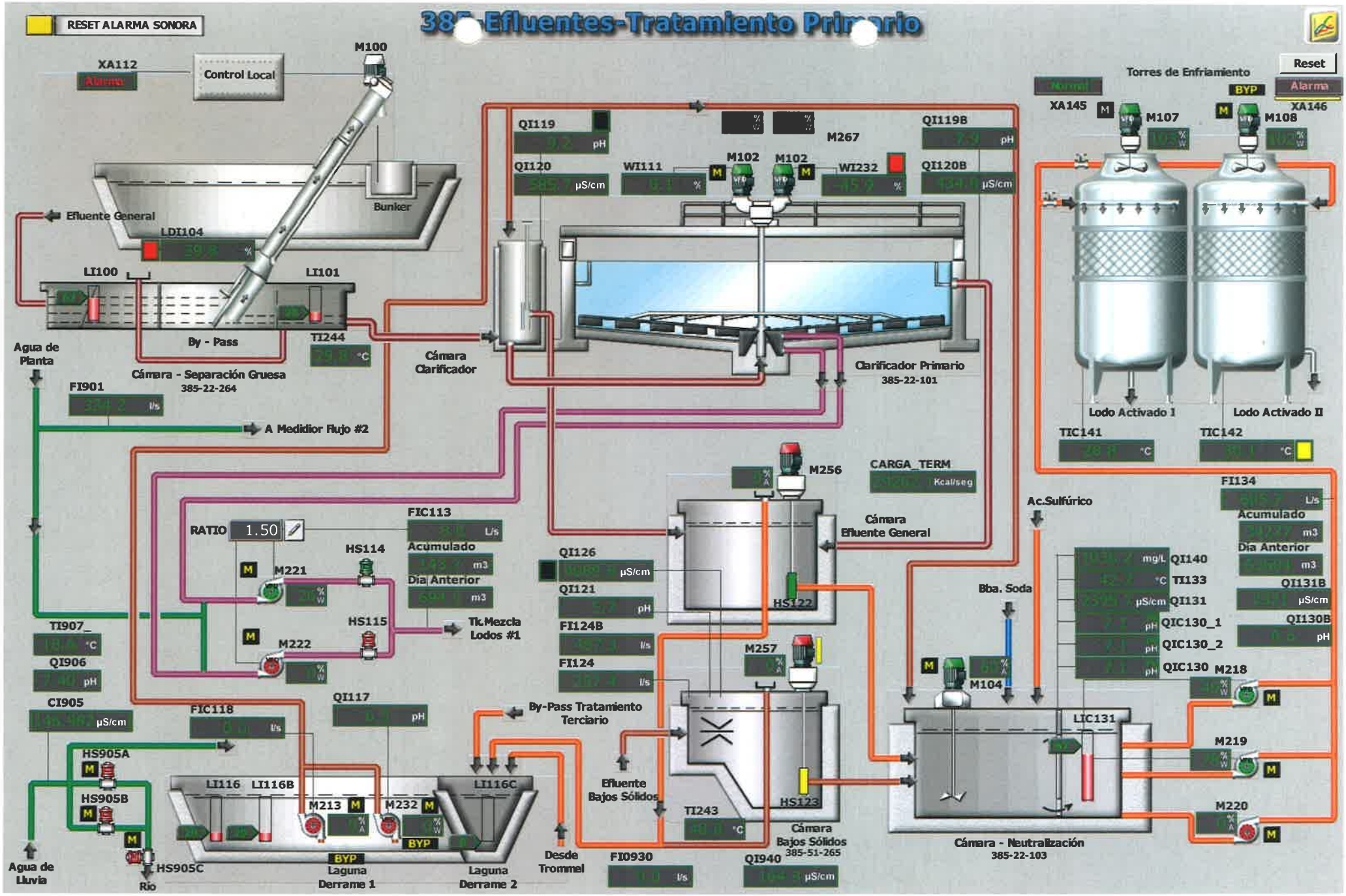
Fecha y Hora	Número	Nombre	Turno	Efecti...	Activo...	Total (...	Vol. Sólt...	Densida...	Efectivo ...	Activo (g...	Total (g/...	Soda (g/...	Na2S (g/...	Sulfidez ...	Sól. Sedi...
08-feb-2017 0...	201702080200	V Huerta	23 - 07	4.73	8.90	23.57		1.191	37.8	71.2	188.6	4.4	66.8	35.4	
08-feb-2017 0...	201702080600	V Huerta	23 - 07	4.50	8.15	21.43		1.171	36.0	65.2	171.4	6.8	58.4	34.1	
08-feb-2017 1...	201702081000	L Neira	07 - 15	4.73	8.57	22.57		1.177	37.8	68.6	180.6	7.0	61.6	34.1	
08-feb-2017 1...	201702081400	L Neira	07 - 15	4.74	8.69	22.58		1.172	37.9	69.5	180.6	6.3	63.2	35.0	
08-feb-2017 1...	201702081800	E Jaramillo	15 - 23	4.73	8.68	22.71		1.180	37.8	69.4	181.7	6.2	63.2	34.8	
08-feb-2017 2...	201702082200	E Jaramillo	15 - 23	4.26	7.74	21.14		1.177	34.1	61.9	169.1	6.3	55.6	32.9	

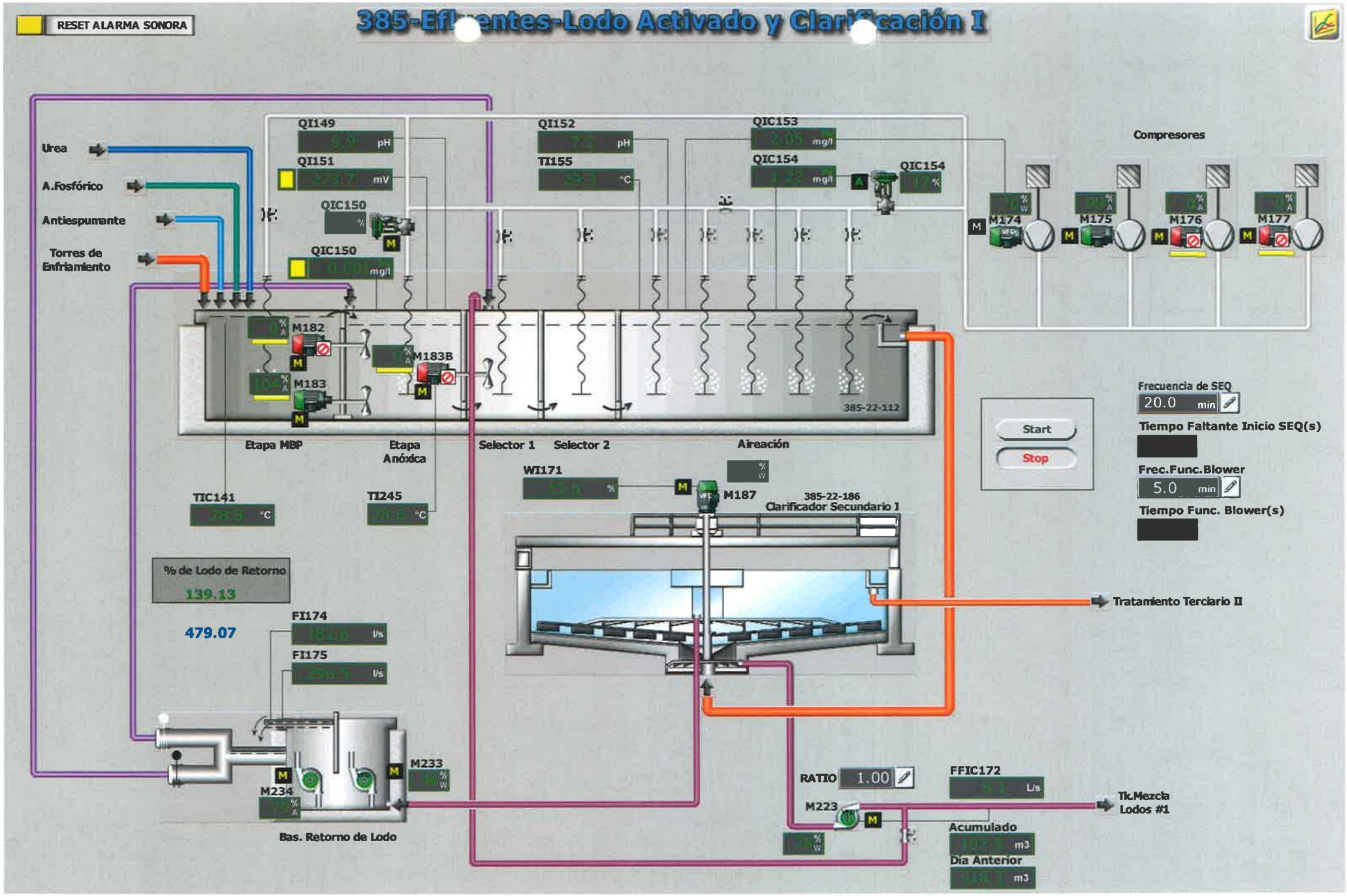


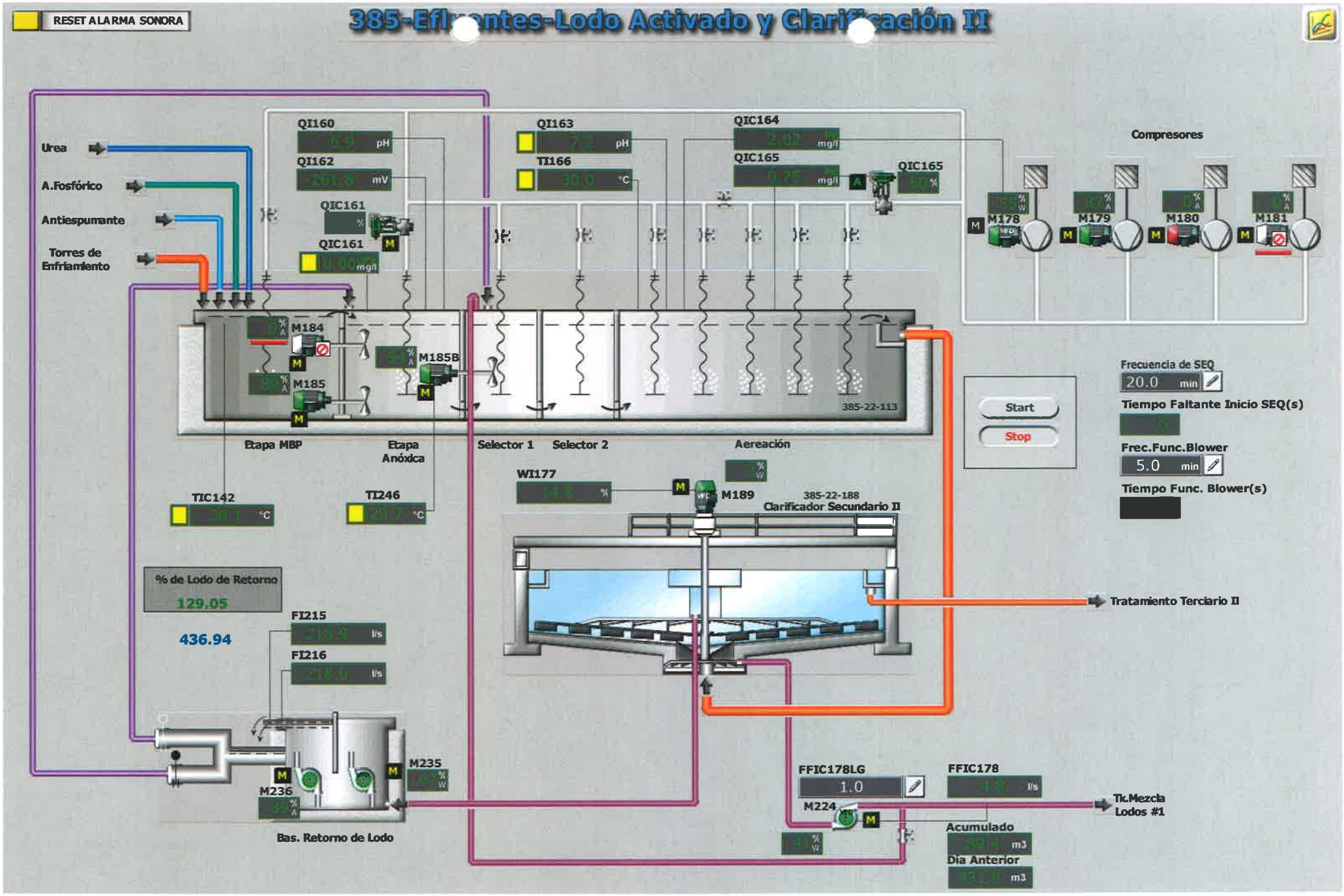
Parameter Reference	Descriptor	Value	Units	Timestamp
1 352LI485/AI1/PV.CV	Floor sump level	111.8	%	2/9/2017 10:40:09 AM

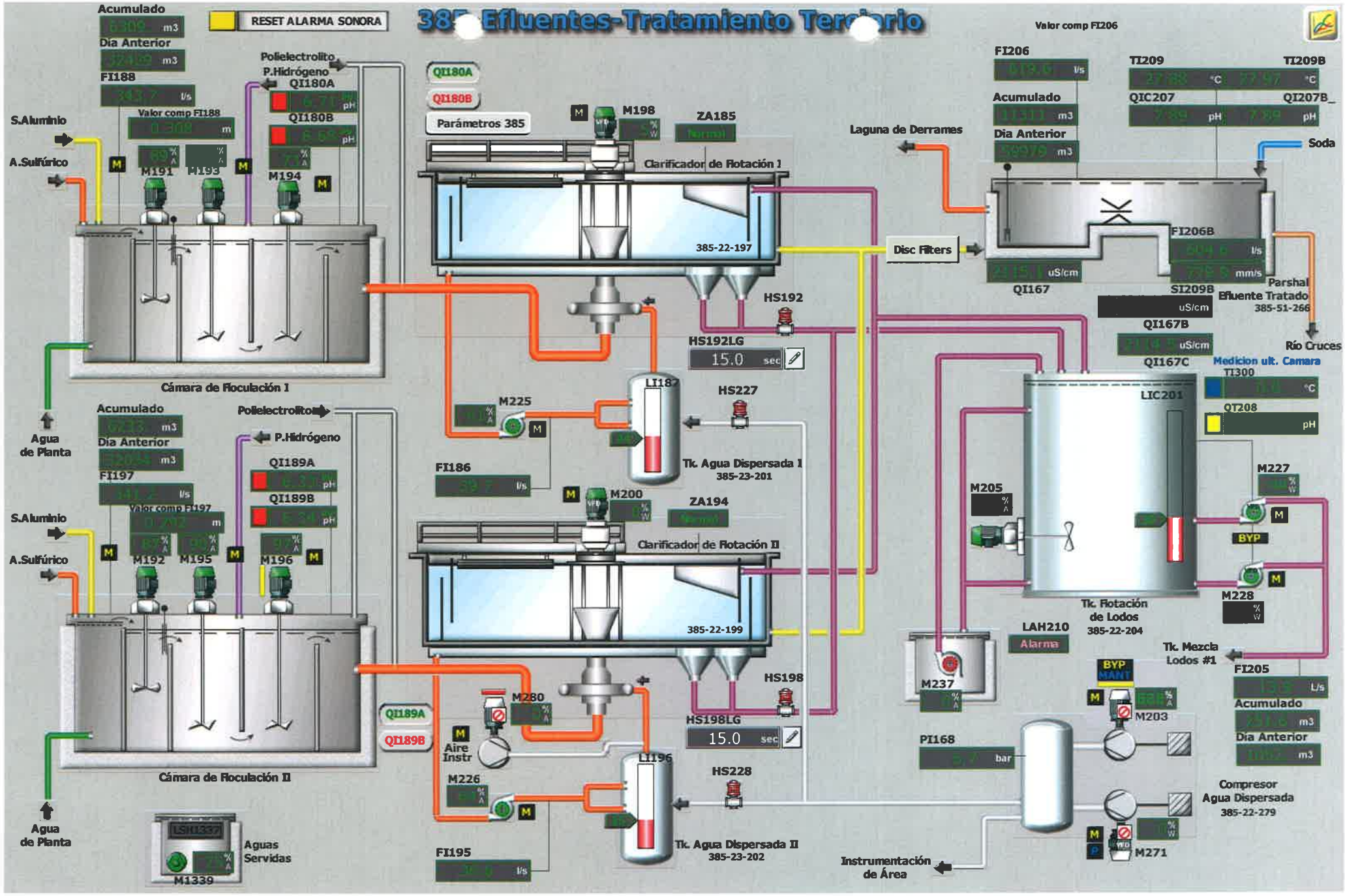
ANEXO 3

DESPLIEGUES DE PROCESO OBSERVADOS EN LA SALA DE CONTROL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES


RESET ALARMA SONORA
385-Efluentes-Tratamiento Primario
XA112
Alarma
Control Local
M100
Bunker
Efluente General
LDI104
LI100
LI101
By - Pass
TI244
Cámara - Separación Gruesa
385-22-264
Agua de Planta
FI901
A Medidior Flujo #2
QI119
pH
QI120
µS/cm
WI111
M102
M102
WI232
M267
QI119B
pH
QI120B
µS/cm
Cámara Clarificador
Clarificador Primario
385-22-101
Torres de Enfriamiento
Reset
Normal
Alarma
BYP
XA145
XA146
M107
M108
Lodo Activado I
Lodo Activado II
TIC141
TIC142
M256
CARGA_TERM
Kcal/seg
Cámara Efluente General
FI134
Acumulado
Dia Anterior
Ac.Sulfúrico
RATIO
1.50
FIC113
Acumulado
Dia Anterior
HS114
M221
HS115
M222
Tk.Mezcla Lodos #1
QI126
µS/cm
QI121
pH
FI124B
FI124
HS122
M257
HS123
Bba. Soda
M104
QI140
TI133
QI131
QIC130_1
QIC130_2
QIC130
QI131B
µS/cm
QI130B
pH
M218
M219
M220
LIC131
Cámara - Neutralización
385-22-103
TI907_
QI906
pH
CI905
µS/cm
FIC118
QI117
pH
By-Pass Tratamiento Terciario
HS905A
HS905B
HS905C
LI116
LI116B
LI116C
M213
M232
BYP
Laguna Derrame 1
Laguna Derrame 2
Agua de Lluvia
Rio
Efluente Bajos Sólidos
TI243
Cámara Bajos Sólidos
385-51-265
Desde Trommel
FI0930
QI940
µS/cm


RESET ALARMA SONORA
385-Efluentes-Lodo Activado y Clarificación I
Urea
A.Fosfórico
Antiespumante
Torres de Enfriamiento
QI149
pH
QI151
mV
QIC150
%
QIC150
mg/l
QI152
pH
TI155
°C
QIC153
mg/l
QIC154
mg/l
QIC154
%
Compresores
M174
M175
M176
M177
M182
M183
M183B
385-22-112
Etapa MBP
Etapa Anóxica
Selector 1
Selector 2
Aireación
WI171
%
M187
385-22-186
Clarificador Secundario 1
TIC141
°C
TI245
°C
Start
Stop
Frecuencia de SEQ
20.0 min
Tiempo Faltante Inicio SEQ(s)
Frec.Func.Blower
5.0 min
Tiempo Func. Blower(s)
% de Lodo de Retorno
139.13
479.07
FI174
l/s
FI175
l/s
Tratamiento Terciario II
M233
M234
Bas. Retorno de Lodo
RATIO
1.00
M223
FFIC172
L/s
Tk.Mezcla Lodos #1
Acumulado
m3
Dia Anterior
m3


RESET ALARMA SONORA
385-Efluentes-Lodo Activado y Clarificación II
Urea
A.Fosfórico
Antiespumante
Torres de Enfriamiento
QI160
pH
QI162
mV
QIC161
QIC161
mg/l
QI163
pH
TI166
°C
QIC164
mg/l
QIC165
mg/l
QIC165
Compresores
M178
M179
M180
M181
M184
M185
M185B
385-22-113
Etapa MBP
Etapa Anóxica
Selector 1
Selector 2
Aereación
Start
Stop
Frecuencia de SEQ
20.0 min
Tiempo Faltante Inicio SEQ(s)
Frec.Func.Blower
5.0 min
Tiempo Func. Blower(s)
TIC142
°C
TI246
°C
WI177
M189
385-22-188
Clarificador Secundario II
% de Lodo de Retorno
129.05
436.94
FI215
l/s
FI216
l/s
Tratamiento Terciario II
M235
M236
Bas. Retorno de Lodo
FFIC178LG
1.0
FFIC178
l/s
M224
Tk.Mezcla Lodos #1
Acumulado
m3
Dia Anterior
m3


385 Efluentes-Tratamiento Terciario
RESET ALARMA SONORA
Acumulado
Dia Anterior
FI188
Valor comp FI188
Polielectrolito
P.Hidrógeno
QI180A
QI180B
S.Aluminio
A.Sulfúrico
M191
M193
M194
Cámara de Floculación I
Agua de Planta
Acumulado
Dia Anterior
FI197
Valor comp FI197
Polielectrolito
P.Hidrógeno
QI189A
QI189B
S.Aluminio
A.Sulfúrico
M192
M195
M196
Cámara de Floculación II
Agua de Planta
LSH1337
M1339
Aguas Servidas
QI180A
QI180B
Parámetros 385
M198
ZA185
Clarificador de Flotación I
385-22-197
HS192
HS192LG
15.0 sec
LI187
HS227
M225
Tk. Agua Dispersada I
385-23-201
FI186
M200
ZA194
Clarificador de Flotación II
385-22-199
HS198
HS198LG
15.0 sec
M280
Aire Instr
M226
LI196
HS228
Tk. Agua Dispersada II
385-23-202
FI195
QI189A
QI189B
Laguna de Derrames
Disc Filters
Valor comp FI206
FI206
Acumulado
Dia Anterior
TI209
TI209B
QIC207
QI207B
Soda
FI206B
QI167
SI209B
Parshal
Efluente Tratado
385-51-266
QI167B
QI167C
Río Cruces
Medicion ult. Camara
TI300
QT208
LIC201
M205
M227
BYP
M228
Tk. Flotación de Lodos
385-22-204
LAH210
Alarma
M237
Tk. Mezcla Lodos #1
FI205
Acumulado
Dia Anterior
BYP MANT
M203
PI168
Compresor Agua Dispersada
385-22-279
M271
Instrumentación de Área

ANEXO 4

PLANILLA DE CONTROL CALDERA (FRACCIÓN)

ARAUCO

Celulosa Arauco y Constitución S.A.
Planta Valdivia

PLANILLA DE CONTROL CALDER

Variable	Licor a Caldera: Presión	Flujo	Temperatura	% de Sólidos - Muestra	Refractómetro A	Refractómetro B	Petróleo: Nº Quemadores Partida	Nº Quemadores Carga	Sistema de Licor – Boquillas: Vapor Calentador	Velocidad Bomba	Presión	Sulfatos: Banco Generador	Economizador # 2	Economizador # 1	Concentración Licor Verde Muestra
Tg	PC-407	FI-404	TI-400		DI-405A	DI-405B									
Unidad	MPa	%	°C	%	%	%			%	%	kPa	%	%	%	
TURNO 1															
1:00	0.32	36	128.9		72.6	72.6	0	0	0	12	171	51	55	56	
3:00	0.32	35	129.1	73.3	72.1	72.7	0	0	0	12	172	51	55	56	188.6
5:00	0.32	36	128.9		72.1	72.5	0	0	0	11	177	53	56	57	
7:00	0.32	36	129.1		72.5	72.6	0	0	0	10	185	52	55	56	187.4
TURNO 2															
9:00	0.32	36	129.6		72.5	72.6	0	0	0	7	191	52	54	58	
11:00	0.32	36	129.4	72.9	72.2	72.3	0	0	0	6	192	53	54	57	183.4
13:00	0.32	36	129.5		72.1	72.2	0	0	0	6	185	52	56	57	
15:00	0.32	36	128.4		72.1	72.2	0	0	0	7	191	52	55	58	188.6
TURNO 3															
17:00	0.32	37	129.3		71.5	72.0	0	0	1	8	189	51	54	57	
19:00	0.32	37	129.0	72.1	71.6	71.6	0	0	1	9	190	51	54	57	
21:00	0.32	38	129.2		71.7	72.0	0	0	1	11	189	51	55	57	
23:00	0.32	41	129.4		72.3	72.4	0	0	1	16	189	50	54	57	169.1

Variable	Carga Eléctrica Bombas – Tk Quemado: Bba 351 - M182	Bba 351 - M183	Tk Agua Caliente: Bba 352 - M311	Bba 352 - M312	Scrubber: Bba 352 - M503	Bba 352 - M504	Tk Mix: Bba 351 - M271	Nivel	Bba 351 - M272	Tk Dump: Nivel	Bba 351 - M274	Tk Disolvedor: Bba 351 - M302	Bba 351 - M303	Línea E/S
Tg	M-182	M-183	M311	M312	M503	M504	M271	LIC-409	M272	LI-405	M274	M302	M303	
Unidad	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	#
TURNO 1														
1:00	16	F/S	66	F/S	94	29	76	80	F/S	49	F/S	20	F/S	1
3:00	15	F/S	67	F/S	95	34	77	80	F/S	25	F/S	24	F/S	1
5:00	14	F/S	67	F/S	95	34	75	80	F/S	26	F/S	23	F/S	1
7:00	15	F/S	66	F/S	95	46	75	80	F/S	28	F/S			
TURNO 2														
9:00	14	F/S	66	F/S	95	9	78	80	F/S	30	F/S	F/S	21	2
11:00	14	F/S	67	F/S	95	18	78	80	F/S	21	F/S	F/S	34	2
13:00	14	F/S	66	F/S	95	25	79	80	F/S	32	F/S	F/S	31	2
15:00	14	F/S	66	F/S	95	13				25	F/S	21	F/S	1
TURNO 3														
17:00	14	F/S	67	F/S	96	14	71	79	F/S	31	F/S	26	F/S	1
19:00	14	F/S	66	F/S	95	13	74	80	F/S	24	F/S	28	F/S	1
21:00	14	F/S	66	F/S	95	18	75	80	F/S	28	F/S	31	F/S	1
23:00	16	F/S	67	F/S	94	21	74	80	F/S	29	F/S	F/S	27	2

Variable	Vapor: Flujo FI - 901	Temperatura TIC - 105A	Presión PI - 171	Purga Continua	Presión Aire: Primario	Secundario Bajo	Secundario Alto	Terciario	Flujo Aire: Primario	Secundario Bajo	Secundario Alto	Terciario	Ven[tiladores] – Velocidad: Nº1	Nº2	Nº3
Tg	FI-901	TIC-105	PI-171		PI-208A	PI-219A	PI-222A	PI-227A	FC-202	FC-217	FC-217	FC-226	HC-302A	HC-302B	HC-[illegible]
Unidad	t/h	°C	MPa	%	kPa	kPa	kPa	kPa	Nm3/s	Nm3/s	Nm3/s	Nm3/s	rpm	rpm	rpm
TURNO 1															
1:00	115	481	8.4	1.3	0.9	2.0	1.7	5.9	23	23	23	28	61	55	61
3:00	120	486	8.4	1.3	0.7	2.0	1.7	6.3	22	22	23	27	62	55	60
5:00	105	485	8.4	1.3	0.8	2.2	1.8	6.3	22	23	23	28	62	56	61
7:00	111	487	8.5	1.3	0.4	2.3	1.9	5.9	22	23	24	28	62	55	61
TURNO 2															
9:00	112	482	8.5	1.3	0.9	2.3	1.8	5.9	22.4	22.8	23.5	28.6	62	56	62
11:00	113	487	8.5	1.3	0.9	2.4	1.9	6.0	22.1	22.8	23.4	28.5	62	56	62
13:00	118	480	8.5	1.3	0.9	2.6	1.8	5.9	22.3	22.9	23.6	28.0	62	56	62
15:00	120	488	8.5	1.3	0.9	2.7	2.0	5.9	22.3	22.9	23.5	28.4	62	56	62
TURNO 3															
17:00	121	480	8.5	1.3	0.8	2.2	1.9	6.1	22.1	22.9	23.5	29.4	60	54	[illegible]
19:00	123	479	8.5	1.3	0.8	2.1	1.8	6.0	22.4	23.2	23.5	30.1	64	55	[illegible]
21:00	131	481	8.5	1.3	1.0	2.6	1.8	4.9	23.0	24.2	23.4	32.4	66	59	[illegible]
23:00	125	485	8.5	1.3	0.8	2.3	1.9	6.5	24.6	24.5	23.5	34.6	73	66	[illegible]

RESUMEN TURNO		Turno 1	Turno 2	Turno 3
Vapor Total	ton/turno	3219	3348	3556
Licor negro quemado	tonSS/turno	983	1021	1032
Kg Vapor/Kg SS	kg/kg	3.40	3.45	3.57
Jabón Quemado	ton/turno	—	—	—
FO	ton/turno	5.02	0	0
Reducción	%	93.0	92.3	93.1
pH		10.6	10.2	10.6
Sulfidez Licor Verde	%	35.4 / 34.1	37.3 / 35.0	/ 32.5
Razón Molar		—	—	1.4
Relación Ogilvie		—	—	—
Salida de Sulfato	horas	Continuo	—	

Verificación Accesorios Observación	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Nivel Local Domo Derecho	F/S	F/S	F/S
Nivel Local Domo Izquierdo	✓	✓	✓
Manómetro Domo	✓	✓	✓
Manómetro Sobrecalentado	✓	✓	✓

Código SAP 200446

Verificación de Equipos – Item	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Ventilador Inducido 1	✓	✓	✓
Ventilador Inducido 2	✓	✓	✓
Ventilador Inducido 3	✓	✓	✓
Ventilador Aire Primario	✓	✓	✓
Ventilador Aire Secundario	✓	✓	✓
Ventilador Aire Terciario	✓	✓	✓
Transportador de Sulfato Banco	✓	✓	✓
Transportador de Sulfato Eco 1	✓	✓	✓
Transportador de Sulfato Eco 2	✓	✓	✓
Línea de Tk Domo [illegible]	NO	NO	NO
[illegible]	✓	✓	✓
Válvula Drenaje [illegible]	✓	✓	✓
Válvula Drenaje [illegible] Tk Disolvedor	✓	✓	✓

Rebase de Estanques – Item	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Tk Disolvedor	NO	NO	NO
Domo	NO	NO	NO

Precipitadores Electrostáticos

Hora	Voltaje / Corriente	PPT1 A	PPT1 B	PPT1 C	PPT2 A	PPT2 B	PPT2 C	PPT3 A	PPT3 B	PPT3 C
1:00	kV	54	52	54	50	53	46	50	49	49
	mA	166	1047	1600	189	834	1493	240	880	1600
5:00	kV	55	52	53	49	54	46	52	50	49
	mA	130	1037	1601	166	931	1540	327	886	1601
9:00	kV	56	52	53	57	55	46	50	49	49
	mA	182	1083	1600	230	1044	1592	355	930	1594
13:00	kV	58	57	53	57	55	46	50	50	49
	mA	165	1168	1597	191	1012	1598	356	877	1600
17:00	kV	56	52	53	50	53	46	56	47	48
	mA	161	1100	1599	221	985	1601	409	1021	1600
21:00	kV	56	52	54	57	52	46	47	47	50
	mA	148	1129	1600	232	904	1352	250	717	1602

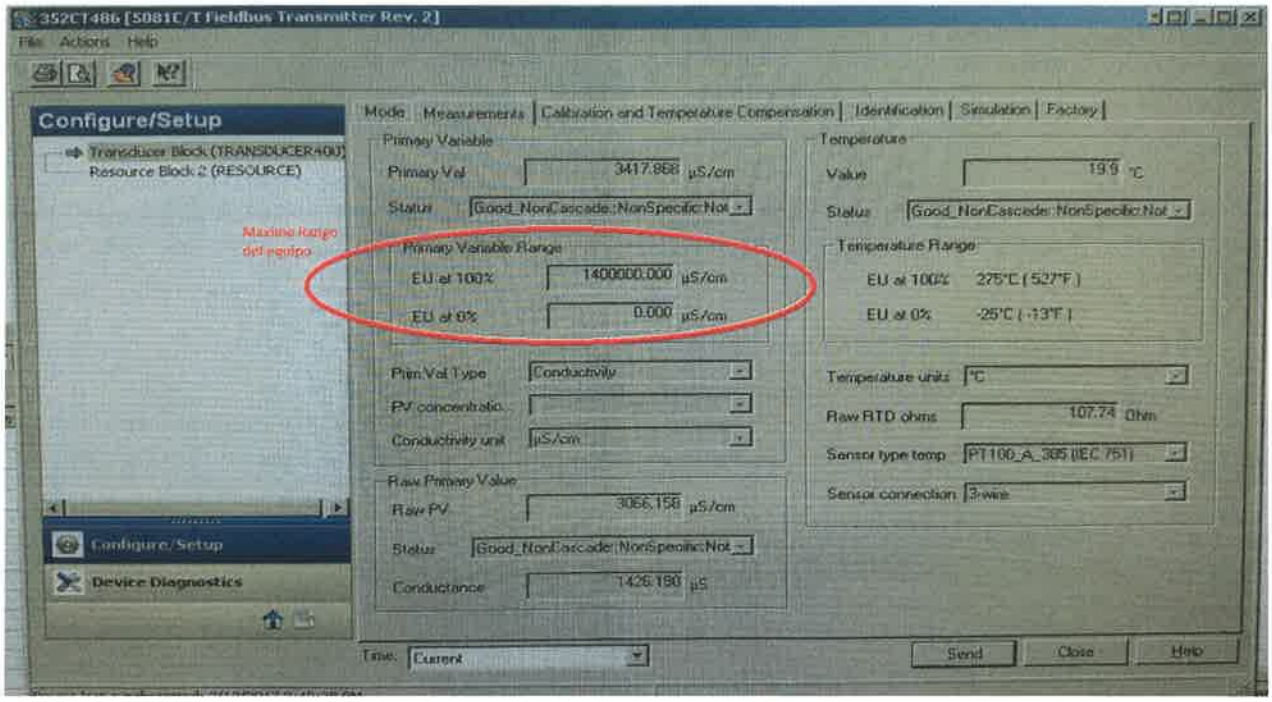
Agua Refrigeración Cajas de Fundición

Hora	Nº1 Flujo	Nº1 T°	Nº2 Flujo	Nº2 T°	Nº3 Flujo	Nº3 T°	Nº4 Flujo	Nº4 T°	Nº5 Flujo	Nº5 T°	Nº6 Flujo	Nº6 T°
	FI-536A	TI-531A	FI-536B	TI-533B	FI-536C	TI-533C	FI-536D	TI-533D	FI-536E	TI-533E	FI-536F	TI-533F
	m3/hr	°C	m3/hr	°C	m3/hr	°C	m3/hr	°C	m3/hr	°C	m3/hr	°C
1:00	86	47	73	47	65	47	86	48	86	46	90	47
3:00	86	48	73	48	65	47	86	48	86	49	91	46
5:00	86	49	72	45	65	45	86	46	86	46	90	47
7:00	86	47	73	47	65	47	86	48	86	47	90	47
9:00		46		47		47		48		47		46
11:00		46		47		46		48		48		46
13:00		45		45		46		46		45		44
15:00		46		46		46		47		46		45
17:00	87	45	73	46	65	45	85	47	85	46	91	45
19:00	87	47	73	47	63	47	85	49	85	48	91	46
21:00	87	48	73	45	65	49	85	52	85	50	91	48
23:00	87	45	73	46	65	47	85	49	85	47	91	46

ANEXO 5

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR DE CONDUCTIVIDAD DEL FOSO Nº4

(VAL352CT486)


352CT486 [5081C/T Fieldbus Transmitter Rev. 2]
File Actions Help
Configure/Setup
Transducer Block (TRANSDUCER400)
Resource Block 2 (RESOURCE)
Maxima rango del equipo
Configure/Setup
Device Diagnostics
Mode Measurements Calibration and Temperature Compensation Identification Simulation Factory
Primary Variable
Primary Val 3417.868 µS/cm
Status Good_NonCascade:NonSpecific:Not
Primary Variable Range
EU at 100% 1400000.000 µS/cm
EU at 0% 0.000 µS/cm
Prim.Val Type Conductivity
PV concentratio
Conductivity unit µS/cm
Raw Primary Value
Raw PV 3066.158 µS/cm
Status Good_NonCascade:NonSpecific:Not
Conductance 1426.180 µS
Temperature
Value 19.9 °C
Status Good_NonCascade:NonSpecific:Not
Temperature Range
EU at 100% 275°C (527°F)
EU at 0% -25°C (-13°F)
Temperature units °C
Raw RTD ohms 107.74 Ohm
Sensor type temp PT100_A_385 (IEC 751)
Sensor connection 3-wire
Time: Current
Send
Close
Help

ANEXO 6

REPORTES MICROBIOLÓGICOS DE REACTORES BIOLÓGICS DE PLANTA VALDIVIA

DÍAS 10 Y 20 DE ENERO DE 2014

REPORTE MICROBIOLÓGICO

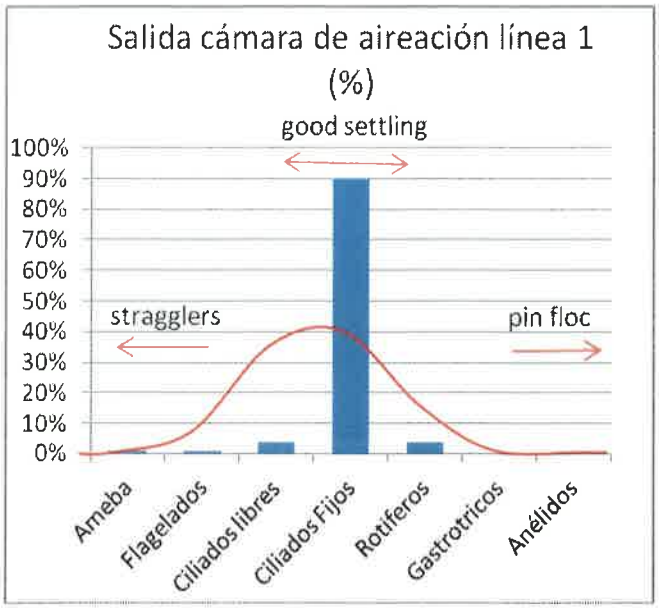
EMPRESA	:	**CELULOSA ARAUCO**
PLANTA	:	**VALDIVIA**
UNIDAD	:	**REACTORES BIOLOGICOS**
REFERENCIA	:	**REPORTE MICROBIOLÓGICO SALIDA REACTORES BIOLOGICOS LINEA 1 Y 2.**
ATENCION	:	**SR. SEBASTIAN CASTRO**
CC.	:	**SR. CARLOS SOTO, ECOFAST S. A.**
FECHA	:	**10 DE ENERO DE 2014**

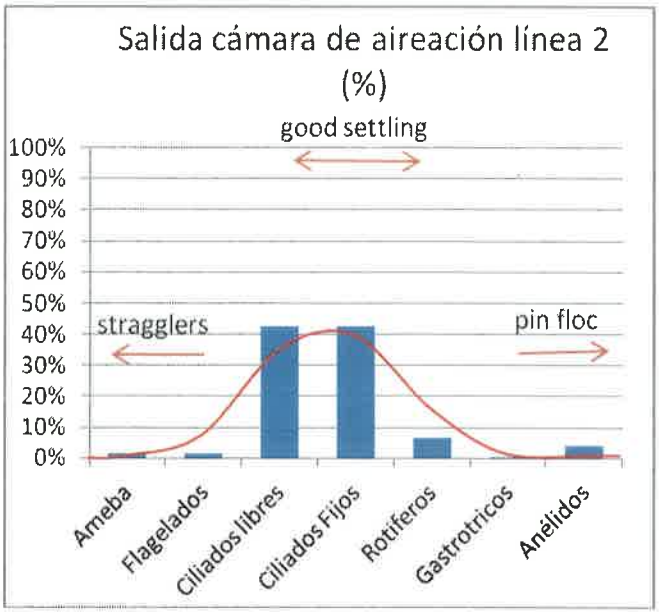
1 SUMARIO

En el presente informe se reportan las observaciones microbiológicas realizadas a la salida del reactor biológico en línea 1 y 2.

2. RESULTADOS:

Evaluación microscópica de flora microbiana en reactor biológico (Ver cuadro 1)





En la evaluación microscopica del día de hoy se observó lo siguiente:

En general, en ambas líneas predominan los ciliados fijos, aun cuando se encuentran en mayor proporción en línea 1.

En línea 1, se observan flóculos de densidad media y distinto tamaño, hay fibra y filamentosas que llevado a tabla de Eikelboom (Cuadro 2) es 1 (pocas). La mayor población microbiana corresponde a los ciliados fijos, lo que nos indica buenas condiciones en aireación y depuración. En contraposición se encuentran en menor cantidad los ciliados libres y rotíferos, lo que hace presumir deficiencias e inestabilidad en el reactor.

En línea 2, se observan flóculos de buena densidad, pero de distinto tamaño, hay fibra y filamentosas que llevado a tabla de Eikelboom (Cuadro 2) es 1 (Pocas). La mayor población microbiana corresponde a el grupo de los ciliados fijos y libres, lo que nos indica buenas condiciones en aireación y depuración. Los rotíferos se mantienen en gran proporción y se asocian a buena depuración, no obstante también indicaría distintas cargas de entrada. Se observó gran cantidad de anélidos, que se asocian a lodos de edad avanzada y deficiencias en aireación. Esto último concuerda con la presencia de ciliados fijos sin cabeza y algunos rotíferos muertos. En contraposición la presencia de amebas y flagelados nos indican lodos de baja edad, por lo que se presume distintas condiciones en el reactor.

Cuadro 1: Tabla de Eikelboom

CATEGORIA NUMÉRICA o "Filamentindex" (FI)	CRITERIO DE ABUNDANCIA	DESCRIPCIÓN
0	"Ninguno"	Ningún filamento presente
1	"Pocos"	Pocos filamentos o de forma ocasional en el flóculo.
2	"Algunos"	Filamentos en aproximadamente la mitad de los flóculos.
3	"Comunes"	Filamentos en todos los flóculos con baja densidad (1-5/flóculo)
4	"Muy comunes"	Filamentos en todos los flóculos con densidad media(5-20/ flóculo)
5	"Abundantes"	Filamentos en todos los flóculos con alta densidad (>20/flóculo)

Cuadro 2: Edad del lodo asociada a los microorganismos

Microorganismos asociados a edades de lodo	
Lodo joven	Flagelados y amebas
Lodo medio	Ciliados libres y fijos
Lodo viejo	Rotíferos, gastrotricos y anélidos

2. COMENTARIOS

Línea 1 se mantiene estable, por lo que no hay que descuidar la dosificación de nutrientes y también se recomienda mantener Urea en 65 s y ECO-447 mantener en 5 s.

Línea 2 tiene deficiencias en decantación, lo que concuerda con lo observado al microscopio, además de la baja cantidad de sólidos en suspensión en el reactor. Por lo que se recomienda mantener con buena dosificación de nutrientes, Urea aumentar en la medida que sea posible de 55 a 60 s y ECO-447 de 5 a 7 s. Mantener descarte de lodos en 1 l/s, y mantener una alta recirculación.

En ambas líneas se recomienda mantener oxigenación en ambas líneas en 2,0 mg/l en el primer tercio de la aireación y en 1,2 a 0,8 mg/l en el tercer tercio de la aireación.

CECILIA RUIZ ALVAREZ

Ingeniero de Ventas y Servicios

ECOFAST SA

REPORTE MICROBIOLÓGICO

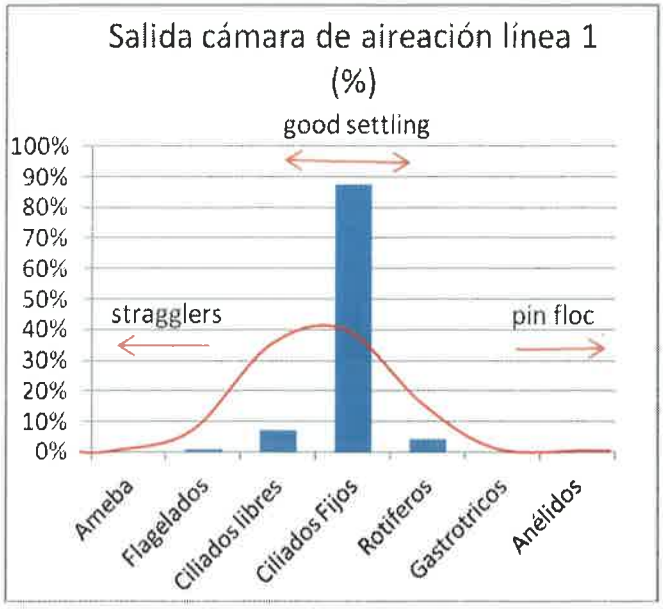
EMPRESA	:	**CELULOSA ARAUCO**
PLANTA	:	**VALDIVIA**
UNIDAD	:	**REACTORES BIOLOGICOS**
REFERENCIA	:	**REPORTE MICROBIOLÓGICO SALIDA REACTORES BIOLOGICOS LINEA 1 Y 2.**
ATENCION	:	**SR. SEBASTIAN CASTRO**
CC.	:	**SR. CARLOS SOTO, ECOFAST S. A.**
FECHA	:	**20 DE ENERO DE 2014**

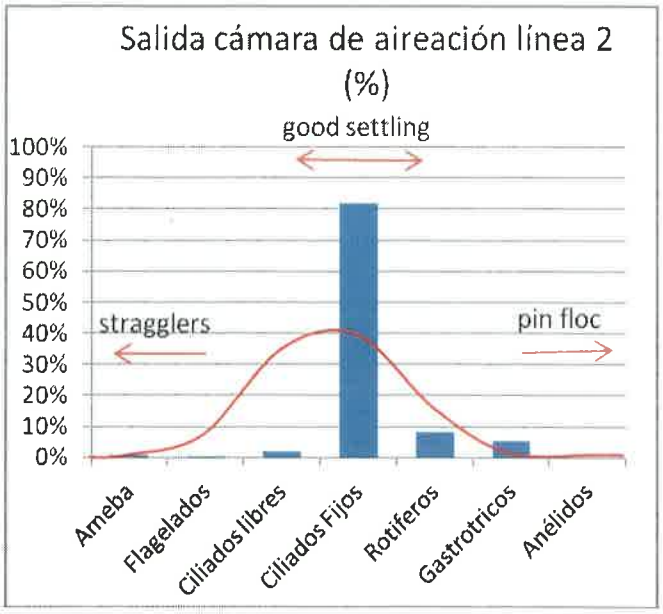
1 SUMARIO

En el presente informe se reportan las observaciones microbiológicas realizadas a la salida del reactor biológico en línea 1 y 2.

2. RESULTADOS:

Evaluación microscópica de flora microbiana en reactor biológico (Ver cuadro 1).





En la evaluación microscopica del día de hoy se observó lo siguiente:

En general, en ambas líneas predominan los ciliados fijos, y se asocian a buenas condiciones en el reactor.

En línea 1, se observan flóculos de buena densidad, hay gran cantidad de fibra y filamentosas que llevado a tabla de Eikelboom (Cuadro 2) es 1 (pocas). La mayor población microbiana corresponde a los ciliados fijos, lo que se asocia a buenas condiciones en aireación y depuración. Los ciliados libres disminuyeron, al igual que los rotíferos, aun así se asocian a buena depuración. Se observaron algunos ciliados migrando lo que se asociaría inestabilidad en el reactor.

En línea 2, se observan flóculos de buena densidad, hay gran cantidad de fibra y filamentosas que llevado a tabla de Eikelboom (Cuadro 2) es 1 (Pocas). La mayor población microbiana corresponde a los ciliados fijos lo que nos indica buenas condiciones en aireación y depuración. Los rotíferos se mantienen en gran proporción y se asocian a buena depuración, no obstante también indicaría distintas cargas de entrada. Se observó gran cantidad de gastrotricos, de los cuales no hay mucha información, aparecen por lo general en los reactores con buenas condiciones en depuración. Hay presencia de pocas amebas y flagelados que nos indicaría lodos de baja edad, y distintas condiciones en el reactor.

Cuadro 1: Tabla de Eikelboom

CATEGORIA NUMÉRICA o "Filamentindex" (FI)	CRITERIO DE ABUNDANCIA	DESCRIPCIÓN
0	"Ninguno"	Ningún filamento presente
1	"Pocos"	Pocos filamentos o de forma ocasional en el flóculo.
2	"Algunos"	Filamentos en aproximadamente la mitad de los flóculos.
3	"Comunes"	Filamentos en todos los flóculos con baja densidad (1-5/flóculo)
4	"Muy comunes"	Filamentos en todos los flóculos con densidad media(5-20/ flóculo)
5	"Abundantes"	Filamentos en todos los flóculos con alta densidad (>20/flóculo)

Cuadro 2: Edad del lodo asociada a los microorganismos

Microorganismos asociados a edades de lodo	
Lodo joven	Flagelados y amebas
Lodo medio	Ciliados libres y fijos
Lodo viejo	Rotíferos, gastrotricos y anélidos

2. COMENTARIOS

Línea 1 y 2 se mantienen estables, por lo que no hay que descuidar la dosificación de nutrientes y aumentar en la medida que sea posible, ambas línea se encuentran con Urea en 45 s y ECO-447 en 6 s.

Aumentar descarte de lodos en línea 1 de 8 a 9 y en línea 2 de 3 a 4 l/s, y mantener una alta recirculación.

En ambas líneas se recomienda mantener oxigenación en ambas líneas en 2,0 mg/l en el primer tercio de la aireación y en 1,2 a 0,8 mg/l en el tercer tercio de la aireación.

CECILIA RUIZ ALVAREZ

Ingeniero de Ventas y Servicios

ECOFAST SA

ANEXO 7

CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE SO2 POR LA CALDERA RECUPERADORA DE PLANTA VALDIVIA

MEMORIA DE CÁLCULO

ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CAPTURA DE SO_2 POR LA CALDERA RECUPERADORA DE PLANTA VALDIVIA

Memoria de Cálculo

1. Introducción

El proceso de fabricación de celulosa kraft genera distintas emisiones atmosféricas, entre las que se encuentran las emisiones de gases TRS (compuestos reducidos de azufre, por sus siglas en inglés, también conocidos como Gases No Condensables, GNC) y de dióxido de azufre (SO_2).

El Estudio de Impacto Ambiental de Planta Valdivia consideró la recolección de los gases TRS concentrados y su destrucción en un incinerador dedicado (incinerador GNC), y la remoción del SO_2 resultante de esta incineración mediante un *scrubber* de alta eficiencia (85%), lo que resultaría en una emisión de 1,8 ton/d de SO_2.

No obstante, Planta Valdivia finalmente implementó un sistema diferente para el control de GNC y SO_2, el que consistió en el control de GNC concentrados mediante tres sistemas alternativos: su quemado en la caldera recuperadora como primera opción, su quemado en la caldera de poder como primera opción de respaldo, o su quemado en un incinerador dedicado como segundo respaldo.

Adicionalmente, el sistema considera el control de los GNC diluidos mediante su recolección, acondicionamiento y posterior quemado en la caldera recuperadora.

Considerando que la caldera recuperadora es, además de una caldera, un reactor químico donde ocurren reacciones químicas que permiten la remoción de SO_2, la quema de los GNC en dicho equipo cumpliría también el objetivo de remoción de SO_2 que tenía el *scrubber* considerado en el EIA del Proyecto Valdivia.

La presente Memoria de Cálculo tiene por objetivo estimar la eficiencia de la caldera recuperadora de Planta Valdivia en la remoción del SO_2 producido como consecuencia del quemado de los GNC en ella, y compararla con la eficiencia del *scrubber* contemplado en el proyecto original.

2. Metodología

La estimación de la eficiencia de remoción de SO_2 por parte de la caldera recuperadora de Planta Valdivia se realizó mediante la siguiente metodología:

a) Cuantificación de los GNC quemados en la Caldera Recuperadora: Esta cuantificación se basó en el Memorándum Técnico de la empresa
b) Cuantificación de la cantidad de SO_2 generada como consecuencia de la quema de los GNC en la caldera recuperadora: Este cálculo se realizó en base al porcentaje de los distintos gases no condensables quemados, y al contenido de azufre de cada gas.
c) Cuantificación de la cantidad de SO_2 generada como consecuencia de la quema de licor negro en la caldera recuperadora: Este cálculo se realizó en base a la cuantificación del licor negro quemado, y al contenido de azufre del licor negro.
d) Cuantificación de las emisiones de SO_2 finales: Las emisiones de SO_2 desde la caldera recuperadora se estimaron mediante dos líneas de evidencia independientes: las estimaciones realizadas por AF en su documento *"Memo 2-1, Valdivia textile pulp - Detailed Balances"*, y mediante el promedio de las emisiones reales de SO_2 registradas mediante muestreos isocinéticos trimestrales, durante los últimos diez años de operación de Planta Valdivia.
e) Estimación de la eficiencia en la remoción de SO_2 en la caldera recuperadora: Cálculo realizado mediante la proporción del SO_2 generado en la caldera recuperadora y el efectivamente emitido a la atmósfera.

3. Antecedentes generales

El proceso de recuperación química kraft es un proceso maduro y una tecnología efectiva que permite el reciclaje de los químicos utilizados en el proceso de fabricación de celulosa, generación eficiente de vapor y energía eléctrica como consecuencia del poder calorífico del licor negro, y una captura y disposición efectiva de los subproductos del proceso (Tran y Vakkilainnen).

La caldera recuperadora, el principal equipo responsable de este proceso, tiene dos funciones principales. Por un lado, genera vapor como consecuencia de la energía liberada por la quema de los componentes orgánicos del licor negro, es decir, opera como una caldera de vapor. Por otro lado, los químicos usados en el proceso de cocción de la pulpa (azufre y sodio) son recuperados desde el licor negro, es decir, opera también como un reactor químico. Esta doble función hace del diseño de la caldera recuperadora una tarea más compleja que la de la mayoría de las calderas (Hupa, 2016).

Adicionalmente, la caldera recuperadora es utilizada en la mayoría de las plantas de celulosa modernas para el tratamiento de los gases no condensables (TRS), permitiendo no sólo su eliminación a través de su incineración, sino también la recuperación del azufre contenido en ellos, el que luego de transformarse en SO2 reacciona con el sodio disponible en la caldera para formar sulfato de sodio (Na_2SO_4), el que es capturado en los sistemas de control de emisiones (precipitador electrostático en el caso de Planta Valdivia).

Los llamados gases TRS, por ser compuestos reducidos de azufre (en inglés Total Reduced Sulfur) son un conjunto de gases que se generan durante la cocción de los chips en presencia de compuestos azufrados. Los cuatro principales gases son el ácido sulfhídrico (H_2S), metil mercaptano (CH_3SH), sulfuro de dimetilo ($(CH_3)_2S$) y disulfuro de dimetilo ($(CH_3)_2S_2$). Estos gases son inofensivos para la salud humana en concentraciones bajas, pero presentan serios problemas de olores incluso a concentraciones muy diluidas.

Los gases TRS son medidos, en general, como una concentración total de gases reducidos de azufre, medidos indirectamente como SO_2 después de su oxidación a 900ºC. El SO_2 es comúnmente medido usando excitación fluorescente mediante radiación ultravioleta (Springer, 2000). Las concentraciones de las distintas especies de gases TRS (ácido sulfhídrico, metil mercaptano, sulfuro de dimetilo y disulfuro de dimetilo) son muy difíciles de medir independientemente, por lo que los monitoreos típicamente entregan una concentración de TRS total en partes por millón (ppm) o en miligramos por metro cúbico (mg/m^3).

4. Resultados

4.1 Cuantificación de los GNC quemados en la Caldera Recuperadora

La estimación más actualizada del quemado de GNC en la caldera recuperadora de Planta Valdivia fue realizada por la consultora internacional AF, especializada en la industria de la celulosa y el papel en su documento "*Memo 2-1, Valdivia textile pulp - Detailed Balances*". Este balance incluye tanto los GNC concentrados como los diluidos que se queman en la caldera recuperadora.

Sin perjuicio que dicho balance de masa fue realizado en el contexto del proyecto denominado 'Pulpa Textil', la situación actual se han mantenido inalterada desde 2014 a la fecha, por lo que se considera la mejor cuantificación de los GNC quemados en la caldera recuperadora de Planta Valdivia.

Los valores establecidos en dicho balance se detallan a continuación.

		Pino	*Euca*
Gases olorosos concentrados a la caldera recuperadora	*t/h*	*1,00*	
Gases olorosos concentrados a la caldera recuperadora	*t/h*	*0,03*	*0,03*

Por lo tanto, de manera conservadora, se asume el peor escenario de quema de gases TRS en la caldera recuperadora, en condición de elaboración de celulosa en campaña de pino, lo que resulta en un quemado de 1,03 ton/h de GNC, es decir, a la suma de los GNC concentrados y GNC diluidos.

4.2 SO_2 resultante de la quema de los GNC en la caldera recuperadora

Considerando que los GNC están conformados por una mezcla de cuatro gases distintos, los cuales, a su vez, se presentan en concentraciones variables, se revisaron tres distintas caracterizaciones presentadas en Ellis y Urry (2004), y se calcularon los promedios en la composición de los diferentes gases. Esta caracterización fue validada posteriormente con la información presentada por la Agencia de Protección de los EE.UU. (US-EPA), y sus resultados se presentan en la Tabla 1.

Asimismo, la tabla 1 presenta el peso molecular de cada uno de los gases y el contenido parcial de azufre, en términos de porcentaje de su peso molecular total.

Tabla 1: Caracterización promedio de diferentes gases no condensables en plantas de celulosa de referencia

	Formula química	Peso molecular	Concentración parcial (%)	% de azufre
Ácido sufhídrico	H_2S	34,1	16%	94,1%
Metil mercaptano	CH_3SH	48,1	43%	66,7%
Sulfuro de dimetilo	$(CH_3)_2S$	62,1	34%	51,7%
Disulfuro de dimetilo	$(CH_3)_2S_2$	94,2	6%	68,2%

Fuente: Elaboración propia en base a Ellis y Urry (2004),

En base a la información anterior es posible calcular el contenido total de azufre de la mezcla de GNC, multiplicando las concentraciones parciales de cada gas por su contenido de azufre, resultados que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Contenido de azufre de mezcla de GNC

	Concentración parcial (%)	% de azufre	Concentración parcial de azufre (%)
Ácido sufhídrico	16%	94,1%	15,3%
Metil mercaptano	43%	66,7%	28,8%
Sulfuro de dimetilo	34%	51,7%	17,8%
Disulfuro de dimetilo	6%	68,2%	4,3%
TOTAL	**100%**	**100%**	**66,1%**

Fuente: Elaboración propia en base a Ellis y Urry (2004),

De esta manera, el flujo másico de azufre a la caldera recuperadora, como consecuencia del quemado de los GNC concentrados y diluidos corresponderá al flujo de GNC (1,03 ton/h) multiplicado por el % de azufre que contiene la mezcla (66,1%), es decir, 0,681 ton/h de azufre.

Considerando que, por las condiciones oxidantes presentes en la caldera recuperadora, y además de representar un enfoque conservador para efectos de los objetivos del análisis, el 100% del azufre es oxidado a SO_2, la cantidad de este gas generado estará en función de los pesos moleculares relativos de ambas sustancias, de acuerdo a lo indicado en la Ecuación 1.

*Flujo SO_2 (ton/h) = Flujo S (ton/h) * [Peso Molecular SO_2] / [Peso Molecular S]* [1]

De esta manera, reemplazando los valores correspondientes, se obtiene:

*Flujo SO_2 (ton/h) = 0,681 ton/h * 64,1 / 32,1 SO_2* [2]

Flujo SO_2 por GNC (ton/h) = 1,36 ton/h SO_2 [3]

4.3 SO_2 resultante de la quema de licor negro en la caldera recuperadora

De manera similar, el documento de AF denominado "*Memo 2-1, Valdivia textile pulp - Detailed Balances*" presenta un balance actualizado del flujo de licor negro concentrado que es quemado en la caldera recuperadora, el que se presenta a continuación.

		Pino	*Euca*
Licor negro concentrado a quemador	*t/h*	*185,4*	*166,6*

Se esta manera, y en base a la concentración de azufre del licor negro, que se encuentra en el rango de 5,2% (Hupa, 2016) a 6,0% (Gullichsen y Foglholm, 1999), es posible estimar el flujo de azufre que ingresa a la caldera recuperadora en forma de licor negro. Para efectos de este análisis, y de manera conservadora, se calculó el flujo de azufre utilizando la Ecuación 4.

*Flujo S en licor negro (ton/h) = Flujo de licor negro (ton/h) * % de S del L.N.* [4]

Remplazando los valores en dicha ecuación, obtenemos el siguiente flujo de azufre que ingresa a la caldera recuperadora de Planta Valdivia mediante el licor negro.

*Flujo S en licor negro (ton/h) = 185,4 (ton/h) * 6,0% de S del L.N.* [5]

Flujo S en licor negro (ton/h) = 11,1 ton/h S [6]

Ahora bien, la información técnica de la operación de calderas recuperadoras muestra que la cantidad de azufre del licor negro que se transforma en SO_2 va de un 20% a un 40%, dependiendo de otras circunstancias (Hupa, 2016). Es decir, en el caso de Planta Valdivia la cantidad de azufre que es transformada en SO_2 está en el rango de 2,22 ton/h y 4,45 ton/h de azufre.

Aplicando ahora nuevamente la Ecuación [1], obtenemos el rango de flujo de SO_2 como consecuencia de la quema de licor negro, según se transforme el 20% o el 40% del azufre en SO_2.

Rango Flujo SO_2 por licor negro (ton/h) = 4,4 – 8,9 ton/h SO_2 [7]

En síntesis, la generación total de SO_2 en la caldera recuperadora, y que deberá ser removida desde su interior, es la suma de los aportes por GNC y por licor negro, las que se encontrarán en Planta Valdivia en el rango 5,8 – 10,2 ton/h de SO_2.

4.4 Emisiones de SO_2 de Planta Valdivia

a) Estimaciones basadas en balance de masa de consultara AF

El documento de AF denominado *"Memo 2-1, Valdivia textile pulp - Detailed Balances"* también incluye un balance actualizado de las emisiones de SO_2 esperadas desde la caldera recuperadora, las que se presentan a continuación.

		Pino	*Euca*
Emisiones SO_2 desde caldera recuperadora SO_2	*mg/m^3*	*200*	*70*
Emisiones atmosféricas secas (flujo)	*m^3n/h*	*435.551*	*363.575*

Haciendo las multiplicaciones necesarias, esto es, las concentraciones por los volúmenes, es posible obtener el flujo neto de emisión de SO_2 desde la caldera recuperadora, el que se presenta en la Ecuación 8 en términos de ton/h.

		Pino	*Euca*	
Emisiones SO_2 desde caldera recuperadora	*ton/h*	*0,087*	*0,025*	*[8]*

Sin perjuicio de lo estimado mediante esta metodología, cabe señalar que la concentración promedio de SO_2 registradas en los 40 muestreos isocinéticos de los últimos 10 años (enero 2007 a diciembre de 2016) fue de 54,0 mg/m^3N, es decir, significativamente por debajo del rango 70-200 mg/m^3N utilizado en esta estimación.

b) Emisiones reales de SO_2 registradas mediante muestreos isocinéticos

La Tabla 3 presenta el resultado de las emisiones de SO_2 emitidas desde la Caldera Recuperadora de Planta Valdivia durante los últimos 10 años, las que se ubican en un rango de 36,4 kg/d a 2881 kg/d, con un promedio de 848 ton/d, esto es, una emisión promedio de SO_2 de 0,035 ton/h. Este valor se encuentra dentro del rango de emisiones de SO2 estimados en base a la metodología anterior.

Tabla 3: Emisiones de SO_2 desde Caldera Recuperadora (*) de PV – 2007 a 2016

Fecha	**SO_2**
	Kg/d
ene-07	972
abr-07	1.035
jul-07	512
oct-07	184

Fecha	SO_2
ene-08	364
abr-08	48,1
jul-08	1.323
oct-08	801
ene-09	655
abr-09	82,9
jul-09	184
oct-09	301
ene-10	2.016
may-10	687
ago-10	2.092
nov-10	1.262
ene-11	1.473
abr-11	898
jul-11	1473
oct-11	36,4
feb-12	803
may-12	391
sept-12	847
oct-12	316
mar-13	1.921
may-13	1.862
jul-13	733
nov-13	2.881
mar-14	356
may-14	738
sept-14	454
oct-14	323
mar-15	1.169
jun-15	472
ago-15	1.195
oct-15	389
feb-16	716
jun-16	85,5
sept-16	286
dic-16	1.571
Promedio	**848**

(*) Incluye las emisiones de la Caldera de Poder

Fuente: Elaboración propia en base a Informes Trimestrales de Planta Valdivia

En síntesis, la emisión total de SO_2 desde la caldera recuperadora, luego de la recuperación del SO_2 en forma de sulfato de sodio, se encuentra en el rango 0,025 – 0,087 ton/h de SO_2.

4.5 Estimación de la eficiencia en la remoción de SO_2 en la caldera recuperadora

Considerando los rangos de generación de SO_2 al interior de la caldera recuperadora (5,8 – 10,2 ton/h de SO_2) y los rangos de emisión de SO_2 por la chimenea común de la caldera recuperadora y la caldera de poder (0,025 – 0,087 ton/h de SO_2.), es posible estimar que la remoción de SO_2 por la caldera recuperadora, es decir, en su calidad de equipo de remoción de SO_2, se encuentra en el rango 98,5%-99,8% (ver Tabla 4).

Tabla 4: Cálculo de rango de eficiencia en la remoción de SO_2 por la Caldera Recuperadora de Planta Valdivia

Eficiencia de remoción de SO_2		Emisión SO_2 (ton/h)	
		min	max
Generación SO_2(ton/h)		0,025	0,087
min	5,8	99,6%	98,5%
max	10,2	99,8%	99,1%

Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

La información revisada, que combina tanto información técnica de referencia de la industria de la celulosa así como datos propios de Planta Valdivia, permitió obtener las siguientes conclusiones:

a) La mayoría de las plantas de celulosa modernas utilizan la caldera recuperadora como equipo principal para la remoción de las emisiones de gases no condensables (GNC).
b) La incineración de los GNC en la caldera recuperadora permite no sólo remover las emisiones de estos gases, sino también actúa como reactor químico para remover el SO_2 generado al interior de la caldera recuperadora, mediante su reacción con el sodio presente en la caldera, el cual es removido como sulfato de sodio (Na_2SO_4) en el precipitador electrostático.
c) El análisis del proceso de quemado de GNC y licor negro en la caldera recuperadora permitió estimar la generación de 5,8 a 10,2 ton/h de SO_2 al interior de la caldera recuperadora.
d) El análisis de las emisiones atmosféricas de SO_2 en Planta Valdivia, por su parte, permitió estimar un rango de emisión de SO_2 por la chimenea común de la caldera recuperadora y la caldera de poder de 0,025 a 0,087 ton/h de SO2.
e) En base a los datos anteriores, es posible concluir que la caldera recuperadora es un excelente equipo para el control de las emisiones de SO2, cuya eficiencia en la de remoción de SO2 se encuentra en el rango 98,5%-99,8%.
f) Al comparar la eficiencia de la caldera recuperadora (98,5-99,8%) con el scrubber de alta eficiencia (85%), para la remoción del SO_2 generado por la combustión de los gases TRS, es posible concluir que la caldera recuperadora presenta una eficiencia significativamente mayor que el scrubber considerado en el proyecto original.

6. Referencias

AF (2014), "Memo 2-1, Valdivia textile pulp - Detailed Balances", Textile Pulp Project – Technical Definition Study Report, Volume 2, Memos.

Ellis, M. And Urry, A. (2004), "Managing TRS emissions during black liquor processing: New discoveries". Pulp & Paper Canada 105(5): T104-107.

Gullichsen, Johan; Foglholm, Carl-Johan (1999), "Chemical Pulping", Tappi Press, Finlandia.

Hupa, Mikko, (2016), "Recovery Boiler Chemical Principles", Åbo Akademi University Department of Chemical Engineering.

Janka, K. y Tamminen, A. (2001). Odor control: Recovery boiler furnace as concentrated NCG incinerator. Presentado en 1999 Tappi Engineering Conference.

Jurttila, Jukka, Aker Kvaerner, Celulosa Arauco y Constitución S.A., "Incinerador de CNCG".

Jurttila, Jukka, Aker Kvaerner, Celulosa Arauco y Constitución S.A., "Tratamiento e Incineración de Gases DNCG en la Caldera Recuperadora".

Springer, A. M. (2000). Industrial Environmental Control, Pulp and Paper Industry, 3ª Edición. Tappi Press, Nueva York.

Tran, H., and Vakkilainnen, E., "The Kraft Chemical Recovery Process".

US-Environmental Protection Agency, Kraft Pulp Mills Performance Standards: Environmental Impact Statement, Emission Standards and Engineering Divission.