

**PROCESO DE ELABORACIÓN  
REVISIÓN NORMA TRS**

**ACTA REUNIÓN N° 6 – COMITÉ OPERATIVO**

**FECHA REUNIÓN:** Viernes 16 de octubre de 2009

**LUGAR:** Dependencias de CONAMA – Teatinos N° 258, 7to Piso.

**HORARIO:** de 10:00 a 13:00 hrs.

**ASISTENCIA**

Asistentes	Institución
Elisa Muñoz	SEREMI Salud Región del Maule
Francisco Guzman	SEREMI Salud Región de la Araucanía
Juan Cerpa	CONAMA XIV región
Miguel Camus	ISP
Ingrid Hernández	CONAMA Nacional, División Jurídica
Maritza Jadrijevic	CONAMA Nacional, Depto. Control de la Contaminación
Daniela Caimanque	CONAMA Nacional, Depto. Control de la Contaminación
Andrés López	DSS Ambiente - Ingeniería y Sistemas Ambientales Ltda

**Coordinadora de la reunión:** Daniela Caimanque (CONAMA)

**Tabla**

En la reunión, se trataron los siguientes temas:

- A) Discusión de borrador de anteproyecto de revisión de norma.
- B) Próximas Acciones

**DESARROLLO DE LA REUNIÓN**

**A) Discusión de borrador de anteproyecto de revisión de norma**

**Comentarios de la propuesta:**

**Francisco Guzman (Seremi de Salud IX región):** Consulta si en la evaluación económica de la norma se han considerado los costos de los proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental previo a la revisión de la norma.

**Andrés López (DSS Ambiente):** No se consideran, debido a que estos proyectos sin revisión de norma los costos ya estaban asumidos.

**Maritza Jadrijevic (CONAMA):** Se deberá definir Plantas nuevas o existentes, y considerar los proyectos nuevos en las plantas existentes. Se propone definir de mejor manera esta aclaración con la División Jurídica de CONAMA, de acuerdo a la experiencia en otras normas.

**Andrés López (DSS Ambiente):** Se deberá corroborar la exigencia de la Seremi de Salud VIII región en la Planta Arauco, debido a que esta planta tiene un incinerador dedicado, de ser posible se debería evaluar exigir el percentil 98 de un periodo mensual.

**Elisa Muñoz (Seremi de Salud VII región):** Se debería definir cómo se calculan los mg/kg de sólidos secos, de manera de estandarizar esta medida, por ejemplo, es importante tener claro qué entendemos por base seca, además si las mediciones se basan en los turnos, se debe definir cuánto es el tiempo para el cálculo de la medición, entendiendo que son cuatro horas como medición discreta.

**Daniela Caimanque (CONAMA):** Con respecto a uno de los puntos del anteproyecto se incluye que para la medición en forma continua se aceptará con equipos que cuenten con la certificación de la *Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA)*, o que cuenten con certificación de alguna de las agencias de los países miembros de la *Comunidad Europea*, que implementan las directrices del *Comité Europeo para Estandarizaciones* o que cuenten con la certificación que de cumplimiento a los estándares de calidad exigidos en el país de origen, entregada por algún ente acreditado por el gobierno de ese país. Sin embargo, se debe definir si es posible dejar abierta estas posibilidades.

**Miguel Camus (ISP):** Es necesario evaluar estas posibilidades con los proveedores ya que existen equipos de la Comunidad Europea, pero se debe tener especial cuidado de lo que se considera como estándar en otros países.

**Daniela Caimanque (CONAMA):** Para las medición de gases TRS en forma discreta, se considerará la utilización del método 16A o 16B de la Agencia Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA).

**Andrés López (DSS Ambiente):** La diferencia de las metodologías de medición se encuentra en que el método 16 mide individualmente los gases, en forma separada, en cambio el método 16B y 16A transforman los gases a SO<sub>2</sub> con la diferencia de que el método 16B se realiza por cromatografía llevando a laboratorio la muestra y el método 16A se realiza por titulación en el mismo lugar.

**Miguel Camus (ISP):** Para las metodologías de medición debe considerarse el DSN°2467, entregado a CONAMA como antecedente, ya que reglamenta el funcionamiento del laboratorio que apliquen estos métodos.

**Daniela Caimanque (CONAMA):** Se propone incluir en el anteproyecto lo siguiente: *"los laboratorios que apliquen estos métodos deberán contar con la autorización sanitaria"* y en forma interna utilizar el DSN°2467. Otro punto importante es la verificación de las mediciones continuas ya que estas deben compararse con algún método de referencia o hacerlo a través de gases patrones, es decir gases de concentración conocida. Se debe mejorar este punto.

**Elisa Muñoz (Seremi de Salud VII región):** Según la experiencia en la región la calibración mediante gas patrón es buena, pero en cuanto a la exactitud no. Al dejar abierta la verificación a uno u otro método, las empresas optarán de todas formas al más económico. El Ministerio de Salud se debe pronunciar si los equipos se someterán a los test de verificación de la calibración exactitud relativa.

**Miguel Camus (ISP):** Propone definirlo con MINSAL y dejar pendiente este punto.

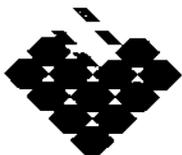
**Daniela Caimanque (CONAMA):** En cuanto a los venteos, definido en el art. 10 de la norma se ha decidido eliminar los plazos establecidos en la norma porque ya no corresponde a una revisión, es necesario definir cómo incluir los venteos en la regulación.

**Maritza Jadrijevic (CONAMA):** Se debe definir venteos en el anteproyecto de norma sacando las unidades que menciona y dejándolo sólo como *"descarga directa a la atmósfera de gases TRS"*.

Además se deberá evaluar un tiempo mínimo, considerando que son situaciones que ocurren en emergencia.

**B) Próximas Acciones:**

- Se enviará el borrador de anteproyecto de revisión de norma (el que incluirá las observaciones de la presente reunión) vía e-mail hoy 16 de octubre al comité operativo. Las observaciones y aportes al borrador deben enviarse antes del día viernes 23 de octubre del presente.
- Una vez recibida las observaciones del comité operativo, se trabajará con el Depto. de Jurídica de CONAMA para incorporar dichas observaciones en el anteproyecto final de revisión de norma.



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

004547

LISTA DE ASISTENCIA  
REUNION COMITÉ OPERATIVO

FECHA: 16 de octubre de 2009

LUGAR: CONAMA

HORA: 10:00 - 13:00

N°	INSTITUCION	NOMBRE	E-MAIL	FIRMA
1	Seremi de Salud de la Asunción	Francisco Javier Izquierdo M.	francisco.izquierdo@redsalud.gov.cl	
2	CONAMA	Ingrid Henríquez	ihenriquez@conama.cl	
3	I.S.P.	Miguel Camus B	mcamus@ispch.cl	
4	CONAMA XIV Region	Juan Cepeda M.	jcepeda.14@conama.cl	
5	CONAMA	Christyza Rodríguez	christyza.rod@conama.cl	
6	DSS	Andrés López	andres.lopez@dss.cl	
7	SEREMI SALUD Maule	Elisa Muñoz	elisa.muñoz@redsalud.gov.cl	
8	CONAMA	Alberto Gil Pizarro	agil@conama.cl	
9	Conama	Daniela Carranque	dcarranque@conama.cl	
10				
11				
12				
13				
14				
15				

REPÚBLICA DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



RCR/HWA

**AMPLIA PLAZO PARA PREPARACIÓN DE ANTEPROYECTO DE REVISIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN DE OLORES MOLESTOS (COMPUESTOS SULFURO DE HIDROGENO Y MERCAPTANOS: GASES TRS) ASOCIADOS A LA FABRICACIÓN DE PULPA SULFATADA CONTENIDA EN EL D.S. N° 167 DE 1999, DE MINSEGPRES.**

**RESOLUCIÓN EXENTA N° 3250**

**SANTIAGO, 5 de Junio de 2009.**

**VISTOS:**

Lo dispuesto en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; el Decreto Supremo N° 93 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; la Resolución Exenta N° 3502 de fecha 17 de Diciembre de 2007, publicada en el Diario Oficial el 21 de Diciembre del mismo año, que dio inicio a la elaboración de la norma; en la Resolución Exenta N° 2594 de fecha 30 de julio de 2008, que amplía plazo para la elaboración del anteproyecto de la norma, ambas de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente; y en la Resolución N° 1600 de 2008, de la Contraloría General de la República.

**CONSIDERANDO:**

Que, el plazo para la elaboración de la Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas fue ampliado por las Resolución Exenta N° 2594 de 2008, de esta Dirección Ejecutiva. El plazo fijado en la resolución mencionada vence el 5 de junio del presente.

Que, el Departamento de Control de la Contaminación de CONAMA, mediante Memorándum N° 272 de 2 de junio de 2009, ha planteado la necesidad de ampliar los plazos para la preparación del anteproyecto de la norma referida, fundado en la necesidad de contar con los resultados del estudio de "Análisis General del Impacto Económico y Social de la Revisión de la Norma TRS".

Que, conforme a la Resolución Exenta N° 516, de fecha 5 de diciembre de 2008, de esta Dirección Ejecutiva, se declara desierta la licitación pública del estudio mencionado. Posteriormente, por Resolución Exenta N° 5971, de 31 de diciembre de 2008, se aprueba el contrato para la consultoría que elaborará dicho estudio, adjudicada a la consultora Ingeniería y Sistemas Ambientales Ltda..

Que, conforme al Memorándum N° 68, de 17 de marzo de 2009, del Departamento de Control de la Contaminación de CONAMA, el plazo para la entrega del informe

final del estudio "Análisis General del Impacto Económico y Social de la Revisión de la Norma TRS", por la consultora, vence el 23 de junio de 2009.

Que, dada la situación expuesta, se requiere modificar la planificación para la elaboración del anteproyecto de la norma, fundamentado en la necesidad de contar con los antecedentes de la evaluación socio- económica y la posterior revisión de éstos.

Por todo lo anterior, es que se requiere contar con un plazo adicional para la entrega del anteproyecto de la norma, el que sería hasta el día 30 de octubre de 2009.

**RESUELVO:**

**AMPLÍESE** el plazo para la preparación del anteproyecto de la Revisión de la Norma de Emisión de Olores Molestos (Compuestos Sulfuro de Hidrógeno y Mercaptanos: Gases TRS) asociados a la Fabricación de Pulpa Sulfatada, hasta el día 30 de octubre de 2009.

**Anótese, comuníquese, y archívese.**



IHC/GLS/MJG/DCF

Distribución:

- Departamento Jurídico, CONAMA.
- Departamento de Control de la Contaminación, CONAMA.
- Expediente Público de la Norma.
- Comité Operativo de la Norma.

Lo que transcribo a Ud.  
 para su conocimiento  
 saluda atentamente a Ud.  
**NURY VALBUENA OVEJERO**  
 Oficial de Partes  
 Comisión Nacional del Medio Ambiente

00053

**REPÚBLICA DE CHILE**  
**COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**

GRF/LVA



**AMPLIA PLAZO PARA PREPARACIÓN DE ANTEPROYECTO DE REVISIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN DE OLORES MOLESTOS (COMPUESTOS SULFURO DE HIDROGENO Y MERCAPTANOS: GASES TRS) ASOCIADOS A LA FABRICACIÓN DE PULPA SULFATADA CONTENIDA EN EL D.S. N° 167 DE 1999, DE MINSEGPRES.**

**RESOLUCIÓN EXENTA N° 6536**

**SANTIAGO, 30 de Octubre de 2009.**

**VISTOS:**

Lo dispuesto en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; el Decreto Supremo N° 93 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; la Resolución Exenta N° 3502 de 17 de Diciembre de 2007, publicada en el Diario Oficial el 21 de Diciembre del mismo año, que dio inicio a la elaboración de la norma; en la Resolución Exenta N° 2594 de 30 de julio de 2008 y la Resolución Exenta N° 3250 de 5 de junio 2009, que amplían plazo para la elaboración del anteproyecto de la norma, todas de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA); en el Decreto Exento N° 345, de 10 de noviembre de 2008, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece subrogancia del Director Ejecutivo de CONAMA; y en la Resolución N° 1600 de 2008, de la Contraloría General de la República.

**CONSIDERANDO:**

Que, el plazo para la elaboración de la revisión de la norma de emisión de olores molestos (compuestos sulfuro de hidrogeno y mercaptanos: gases TRS) asociados a la fabricación de pulpa sulfatada fue ampliado por las resoluciones exentas N° 2594 de 2008 y N° 3250 de 2009, ambas de esta Dirección Ejecutiva. El plazo fijado en la última resolución mencionada vence el 30 de octubre del presente.

Que, el Departamento de Control de la Contaminación de CONAMA, mediante Memorándum N° 573A de 28 de octubre de 2009, ha solicitado ampliar los plazos para la preparación del anteproyecto de la norma referida, fundado en la necesidad de incorporar los resultados finales del estudio de "Análisis General del Impacto Económico y Social de la Revisión de la Norma TRS", elaborado por la consultora Ingeniería y Sistemas Ambientales Ltda., los que se esperan obtener para el 30 de noviembre del presente.

respecto de algunos aspectos técnicos, requiriendo información que debe ser solicitada al sector regulado.

Que, contar con los antecedentes mencionados, permitirá que éstos sean incorporados en el texto del anteproyecto mencionado, sean presentados al comité operativo y ampliado de la revisión de norma, además de que se encuentren disponibles para la etapa de consulta pública.

Que, dada la situación expuesta, se requiere ampliar los plazos de conclusión del anteproyecto mencionado, de manera de cumplir con la planificación y cronograma de trabajo establecidos para llevar a cabo esta revisión de norma.

Por todo lo anterior, es que se requiere contar con un plazo adicional para la entrega del anteproyecto de la norma, el que sería hasta el día 30 de abril de 2010.

**RESUELVO:**

**AMPLÍESE** el plazo para la preparación del anteproyecto de la Revisión de la Norma de Emisión de Olores Molestos (Compuestos Sulfuro de Hidrógeno y Mercaptanos: Gases TRS) asociados a la Fabricación de Pulpa Sulfatada, hasta el día 30 de abril de 2010.

**Anótese, comuníquese, y archívese.**



*[Handwritten signature]*  
**RODRIGO GUZMÁN ROSEN**  
**DIRECTOR EJECUTIVO (S)**  
**COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**

*[Handwritten initials]*  
IHC/MJG/DCF

Distribución:

- Departamento Jurídico, CONAMA.
- Departamento de Control de la Contaminación, CONAMA.
- Expediente Público de la Norma.
- Comité Operativo de la Norma.



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

Carta D.E. N°: 093942 /

Ant.: No hay.

MAT.: Invitación a reunión de trabajo -  
Revisión de Norma TRS

SANTIAGO, 13 NOV. 2009

Señor  
Mario Basualto Lira  
Gerente de Medio Ambiente y Asuntos Públicos  
CMPC Celulosa S.A.  
Presente

Como es de su conocimiento, CONAMA se encuentra desarrollando el proceso de Revisión de la Norma de Emisión para Olores Molestos asociados a la fabricación de Pulpas Sulfatadas (DS N°167/99). En este contexto, actualmente estamos ejecutando un estudio para recabar antecedentes que fundamenten el proceso y la evaluación posterior del impacto económico y social.

De acuerdo a la información que ha entregado el estudio y a las reuniones de trabajo con el comité operativo, hemos detectado la necesidad de obtener mayor información respecto a algunos aspectos técnicos, en particular sobre los venteos directos de gases TRS al ambiente.

Con el objetivo de conocer la experiencia de las empresas respecto a los venteos, las situaciones en que se producen, los equipos y tiempos involucrados, la frecuencia de ocurrencia, su asociación con las tecnologías disponibles, los mecanismos de control posibles, etc., invitamos a través de usted, a los profesionales encargados de los procesos de las plantas de celulosa, a exponer sobre estas materias en una reunión de trabajo con profesionales de CONAMA.

La reunión se efectuará el día 25 de noviembre del presente de 15:00 a 17:00 hrs. en dependencias de CONAMA, Teatinos 258, 7° Piso Sala 1. Santiago.

En caso de consulta puede tomar contacto con la profesional Daniela Caimanque del Área Control de la Contaminación Atmosférica, CONAMA Dirección Ejecutiva, cuyo teléfono es: 2411829 y correo electrónico: [dcaimanque@conama.cl](mailto:dcaimanque@conama.cl).

Agradeciendo su participación en este proceso, le saluda cordialmente

  
  
 HWA/G/S/MJG/D

C.c.:

- Sr. José Rafael Campino Talavera, Presidente Nacional de CORMA
- Sra. María Teresa Arana Silva, Gerenta General Corporación Chilena de la Madera
- Sr. Pedro Navarrete, Superintendente de Gestión Ambiental, Gerencia de Medio Ambiente y Asuntos Públicos CMPC Celulosa S. A.
- Archivo Dirección Ejecutiva
- Archivo Dpto. Control de la Contaminación, CONAMA
- Expediente Revisión de Norma de Emisión de Olores Molestos (Gases TRS) en la Fabricación de Pulpa Sulfatadas



GOBIERNO DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

**LISTA DE ASISTENTES**  
**REUNIÓN TÉCNICA DE TRABAJO CON EMPRESA CMPC**  
**REVISIÓN NORMA DE EMISIÓN DE OLORES MOLESTOS (GASES TRS)**  
**ASOCIADOS A LA FABRICACIÓN DE PULPA SULFATADA**

Fecha: Miércoles 25 de noviembre de 2009, 15:00 hrs.

	NOMBRE	INSTITUCIÓN	TÉLEFONO	EMAIL	FIRMA
1.	Alberto Gil López	Conseur		agil@conseur.cl	
2.	Viviana Ubbilla	CONAMA		vubilla@conama.cl	
3.	Daniela Cananque	conama	2411287	dcananque@conama.cl	
4.	Juan Esteban	CMPC		jesubon@cmpe.cl	
5.	J. Navarrete	CMPC	98370764	jnavarrete@cmpe.cl	
6.	Montaje Jodrype	CMPC	2405688	cmpe.cl	
7.					
8.					
9.					
10.					
11.					
12.					
13.					
14.					
15.					



## **Temario**

---

- 1.- Antecedentes generales.
- 2.- Descripción de los sistemas.
  - 2.1. Vista general sistema captura de gases.
  - 2.2. Detalle de tecnología existente.
- 3.- Operación de los sistemas.
  - 3.1. Lógica de los venteos
  - 3.2. Tiempos de venteos y frecuencias de ocurrencias.
  - 3.3. Mecanismos de control.
- 4.- Inversión estimada

## 1.- Antecedentes generales

---

Las emisiones fugitivas de gases TRS se recolectan, acondicionan y conducen a los lugares de incineración.

El diseño de estos sistemas previene la ocurrencia de eventos mayores que pueden producirse por la propagación de la llama al interior de los procesos.

Estos diseños, de seguridad fundamentales, consideran elementos físicos y enclavamientos.

<b>Elementos físicos</b>	<b>Enclavamientos</b>
Metalurgia, vacío atrapallama, condensado v/v de venteo, control y rompevacío, discos de ruptura, secado de gases, entre otros	Bajo flujo de gases y de vapor, pérdida de llama, aumento de presión, arrastre de condensado, entre otros

# 1.- Antecedentes generales

---

## Reacciones químicas asociadas a la formación de gases TRS

En la etapa del pulpage se generán gases sulfurados, tales como el ácido sulfhídrico, metil mercaptano, sulfuro de dimetilo, disulfuro de dimetilo, en el estanque de soplado y la tolva de astillas.

Su composición se expresa a partir del contenido de azufre reducido total (TRS) que queda después de haber reaccionado con la madera.

Las siguientes ecuaciones químicas muestran como se produce la formación de los gases TRS.



Los gases TRS corresponden a:

H <sub>2</sub> S	:	ácido sulfhídrico.
CH <sub>3</sub> -SH	:	metil mercaptano.
CH <sub>3</sub> -S-CH <sub>3</sub>	:	sulfuro de dimetilo.
CH <sub>3</sub> -S-S-CH <sub>3</sub>	:	disulfuro de dimetilo.

# 1.- Antecedentes generales

## COMPUESTOS MALOLIENTES

( TRS = Azufre Total Reducido )

NOMBRE	FORMULA	T° EB. ( °c )	DETECCION OLFATO HUMANO ( ppm )	I.P.V.S. ( ppm ) (*)	C.A.M.P. ( ppm )
Ac.Sulfhidrico	H <sub>2</sub> S	- 61.8	0,001 – 0,13	300	8
Metil Mercaptano	CH <sub>3</sub> -SH	+ 5.8	< 0,0001 – 0,041	400	0,4
Sulfuro de Dimetilo	CH <sub>3</sub> -S-CH <sub>3</sub>	+ 38	0,0001 – 0,003	2500	0,4
Disulfuro de Dimetilo	CH <sub>3</sub> -S-S-CH <sub>3</sub>	+ 118	0,0155		0,4 (**)

(\*) I.P.V.S.: Nivel de concentración considerado Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud.

(\*\*) C.A.M.P.: Concentración Ambiental Máxima Permissible, estimación basada en valores de CH<sub>3</sub>-SH y CH<sub>3</sub>-S-CH<sub>3</sub>

## **1.- Antecedentes generales**

---

- 1. Gases concentrados no condensables (CNCG):** Gases con contenido de azufre y/o trementina, metanol y otros cuya concentración está por sobre el límite de explosión (UEL). También conocidos como gases de alta concentración y bajo volumen (LVHC)
- 2. Gases diluidos no condensables (DNCG):** Gases con una concentración de componentes de azufre bajo el límite inferior de explosión (LEL). También conocidos como gases de baja concentración y alto volumen (HVLC)
- 3. Sistemas de captura CNCG/DNCG :** El sistema de recolección y transporte para conducir los CNCG desde las fuentes a la caldera recuperadora o a otro dispositivo de incineración.

## **1.- Antecedentes – Secuencia Cronológica**

---

1. En 1990 el diseño incluye sistema de captura y quemado de CNCG en el HC
2. En 1996 se instala la caldera de biomasa, donde se quemaran los CNCG.
3. Hasta 1997 los CNCG y los provenientes de la columna stripper se quemaban en el Horno, existiendo la antorcha como segunda derivación.
4. En 1997 se instala la columna de metanol y el lavador de gases de H<sub>2</sub>S, mejorando el quemado de los gases ahora en la caldera de biomasa.
5. En 1997 se dejan instaladas en las áreas de fibra las conexiones para capturar los DNCG en cada estanque. La captura desde Evaporadores queda operativa.
6. El 2003 queda habilitado el sistema de captura de gases diluidos DNCG, quemándose estos en la Caldera Recuperadora.

## 1.- Antecedentes – Secuencia Cronológica

---

7. El 2005 se mejora el sistema de DNCG y el sistema de CNCG área de fibra..
8. El 2006 se instala un incinerador de gases de última generación.
9. El 2009 – 2010 se instala incinerador de gases y se capturan los DNCG de las áreas de caustificación.

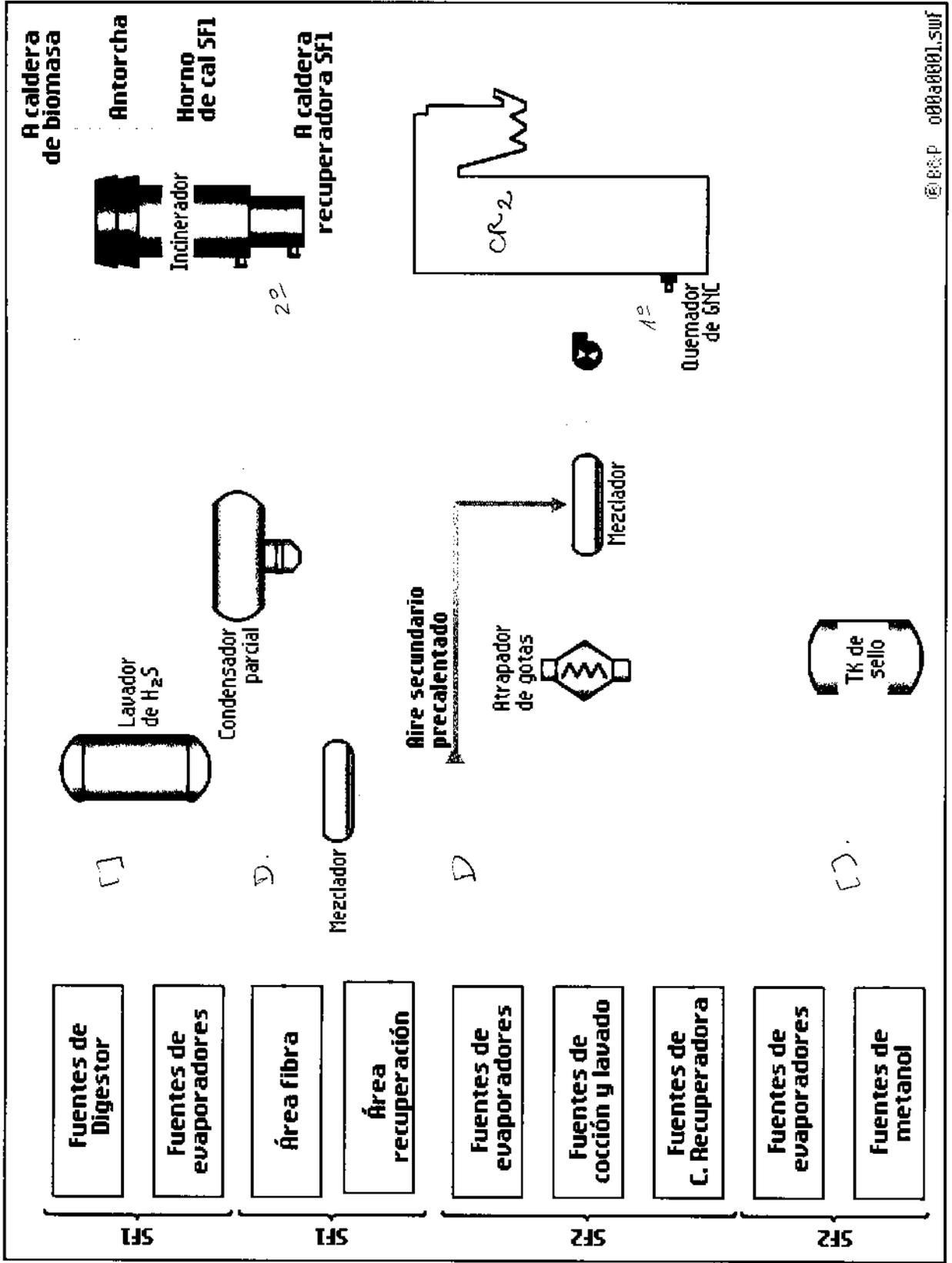
000560

# Temario

---

- 1.- Antecedentes y generalidad.
- 2.- Descripción de los sistemas.
  - 2.1. Vista general sistema captura de gases.
  - 2.2. Detalle de tecnología existente.
- 3.- Operación de los sistemas.
  - 3.1. Lógica de los ventos.
  - 3.2. Tiempos de ventos y tiempo de comunicación.
  - 3.3. Modificaciones de control.
- 4.- Inversión estimada.

# DESCRIPCIÓN GENERAL DE TRATAMIENTO DE GASES

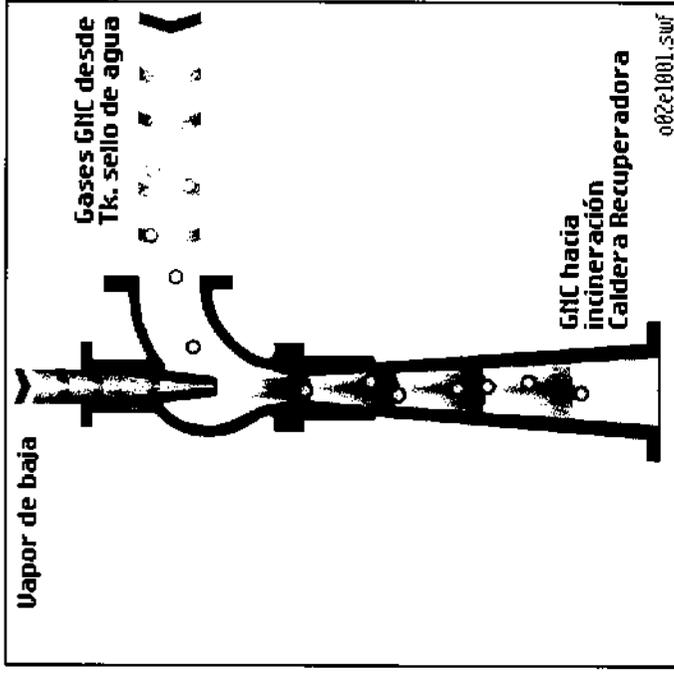
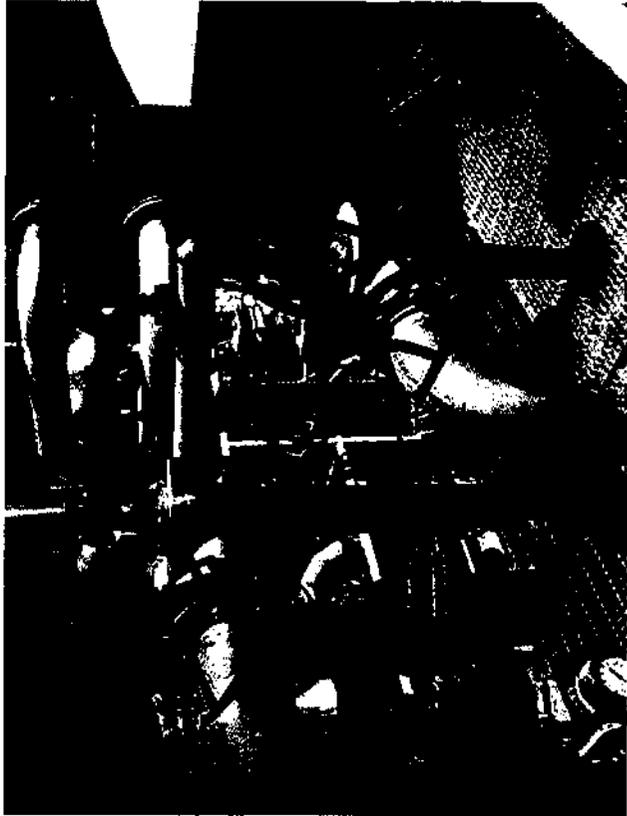


## Eyector

Su función es aumentarle la velocidad al flujo de gases GNC.

Un eyector es un compresor de gas, donde el vapor ingresa a través de una tobera y la abandona a alta velocidad, mezclándose con los gases GNC provenientes de estanque sello de agua.

A medida que la mezcla de gas/vapor se mueve a través del agujero del difusor, la velocidad aumenta drásticamente a medida que el diámetro del agujero disminuye. El eyector convierte esta energía de velocidad en energía de presión, succionando los vapores desde el estanque sello de agua.



*¿Se importa?*

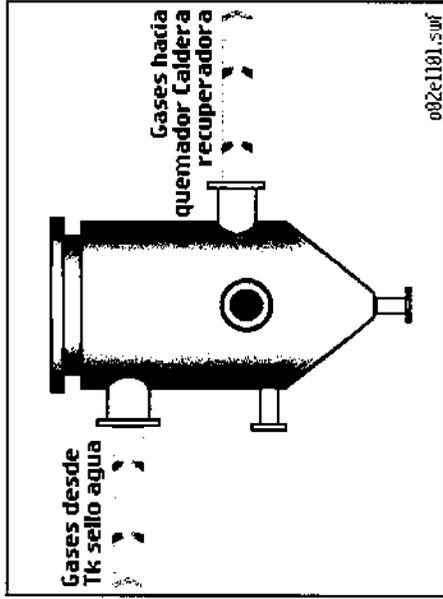
000567

## Separador de gotas

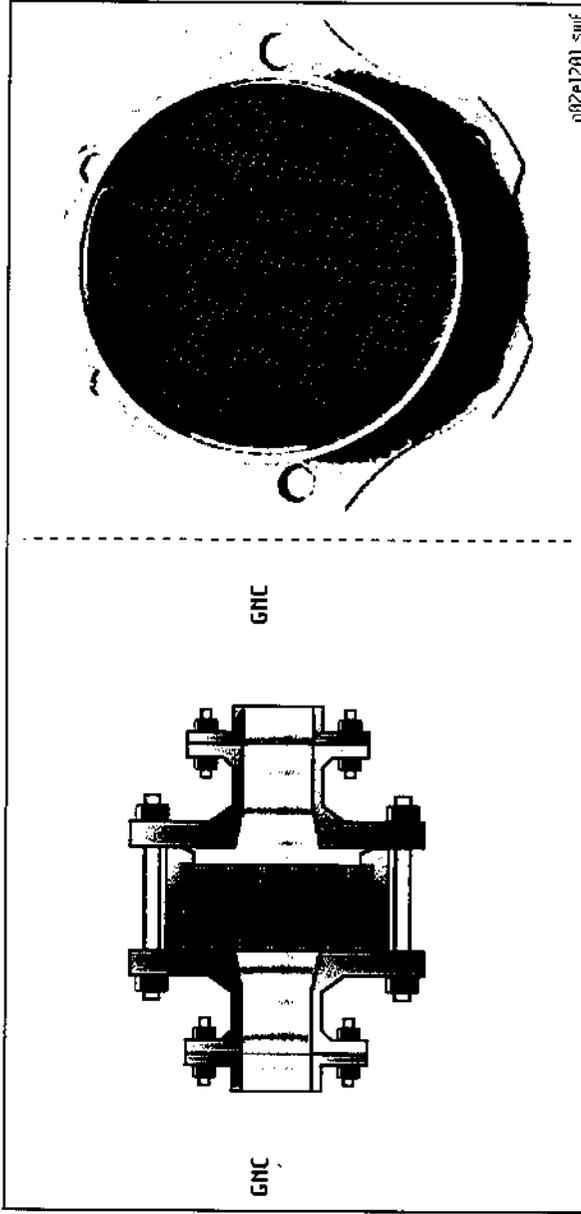
Su función es retirar las gotas de agua y otros líquidos condensados de la corriente de gases GNC, para impedir la presencia de humedad (gotas) en el quemador de la caldera.

El sistema consiste en un vaso de acero inoxidable con álabes internos. Los gases deben pasar por los álabes y el líquido arrastrado es retirado cuando impacta con ellos. Un drenaje en el fondo elimina el líquido.

TAG 261-21-095



# Atrapallamas



Su función es disipar el calor, como sistema de seguridad.

Es un dispositivo de acero inoxidable, en línea. En el centro contiene un corazón de láminas de acero inoxidable que se utiliza para disipar el calor. Se usan reducciones excéntricas en cada lado del equipo para evitar la acumulación de condensado en el centro del equipo.

El atrapa llamas está ubicado cerca del punto de incineración.

### Características:

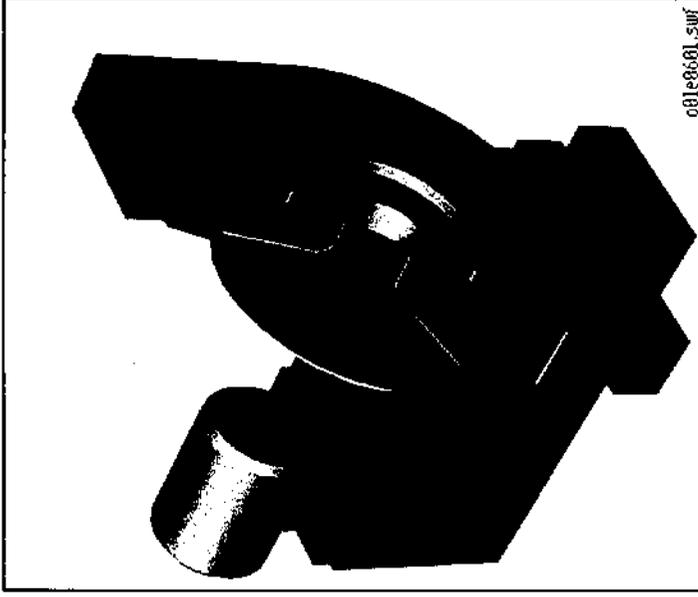
Ubicación	TAG
Quemador de GNC	261-21-167
Quemador stand-by, línea SF1	261-21-168
Quemador stand-by, línea SF2	261-21-169

## Ventiladores

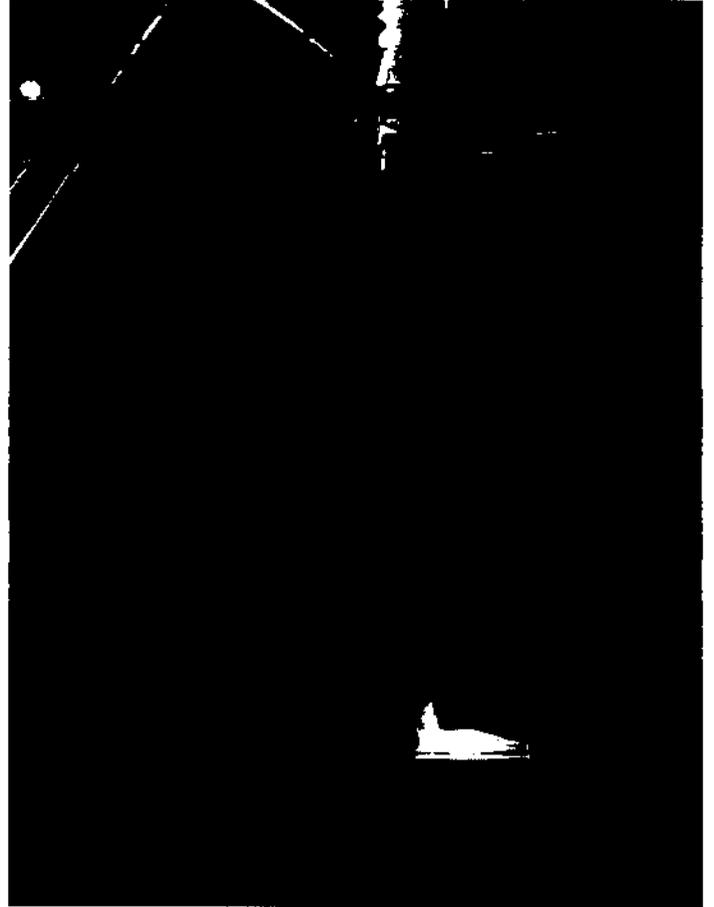
Su función es impulsar los gases HVLC provenientes de la cámara de mezcla, hacia la caldera recuperadora.

El ventilador tiene una carcasa de acero inoxidable para mayor resistencia a la corrosión, con un revestimiento interior de Monel para evitar la creación de chispas. La descarga del ventilador es del fondo y horizontal para eliminar cualquier acumulación de condensado.

TAG	261-23-038
Flujo	187.200 m <sup>3</sup> /h
Presión	6800 Pa
Consumo	800 Kw.
Velocidad	1000 r.p.m

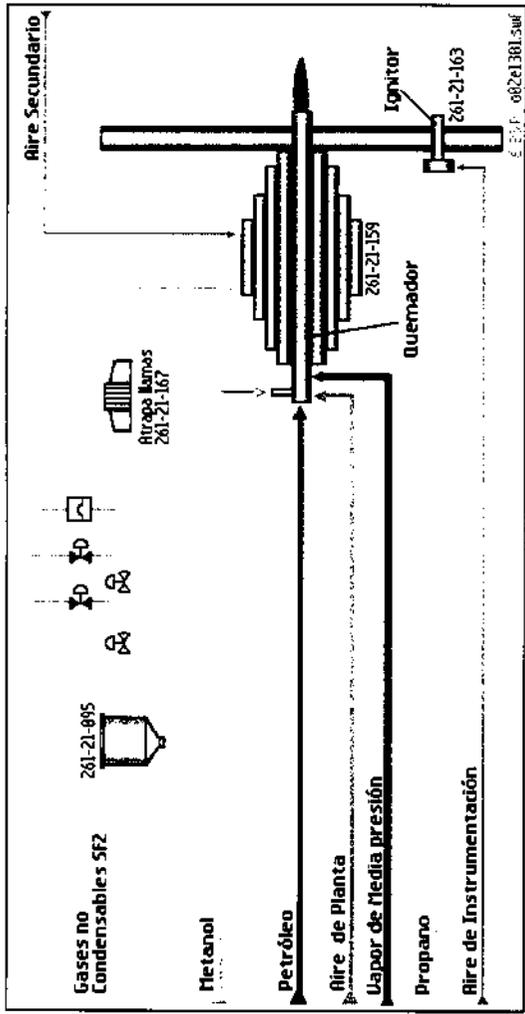


081e8601.surf



000567

# Quemadores GNC caldera recuperadora SF2



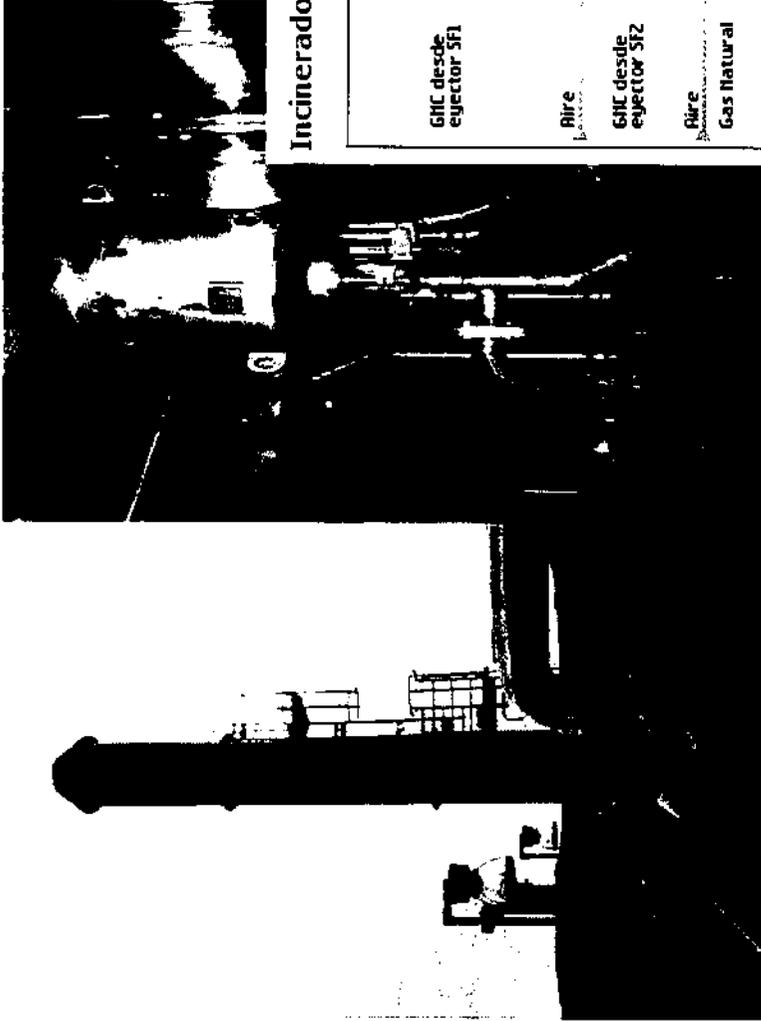
400 m³/h  
55%

00050

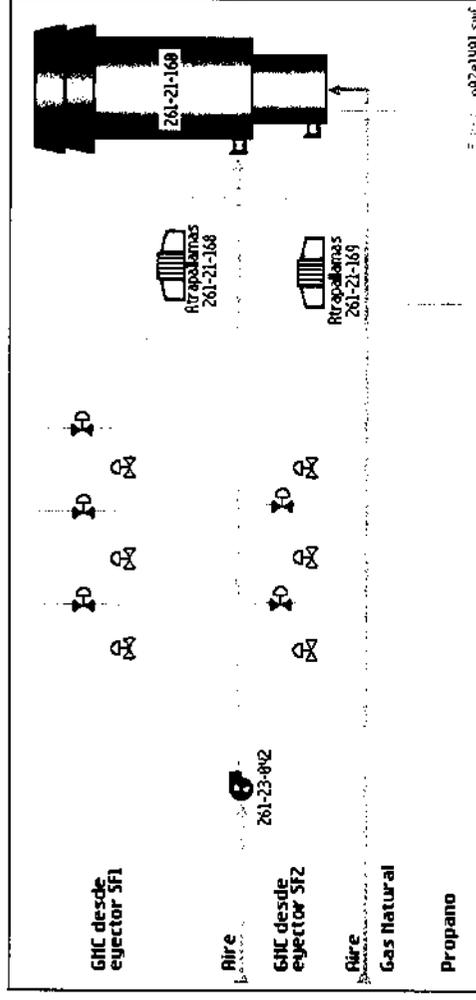
TAG	261-21-159
Capacidad GNC SF2	11 MW 1500 m³n/h
Metanol	1500 kg/h
Combustible de apoyo	petróleo bunker #6

Su función es quemar los gases no condensables (GNC) provenientes de SF2, que se producen en el proceso de fabricación de celulosa.

Utiliza como combustible de apoyo petróleo bunker #6. Además es posible quemar metanol líquido.



### Incineradores stand-by



Su función es incinerar los GNC de SF1 y SF2, como segunda alternativa al quemado de los GNC en la caldera recuperadora, para con ello evitar la emisión de estos gases hacia la atmósfera.

Utiliza gas natural o propano en el quemador principal y gas natural o propano en el piloto.

TAG	261-21-160
Capacidad	6 MW
GNC SF1	610 m <sup>3</sup> n/h
GNC SF2	1500 m <sup>3</sup> n/h
Gas natural	Máx. 260 m <sup>3</sup> n/h
Propano	Máx. 100 m <sup>3</sup> n/h
Combustible de apoyo.	Gas natural o propano.



# SISTEMA GASES DILUIDOS SF 1

25/11/2009 01:11:28 PM

>

## Area Evaporadores

Tk Licor Negro 14 % 1
Tk Licor Negro 14 % 2
Tk Licor Negro 14 % 3
Tk Licor Negro 23 %
Tk Licor Negro 52 % 1
Tk Licor Negro 52 % 2
Tk Licor Negro 70 % 1
Tk Licor Negro 70 % 2

## Area Caldera Recuperadora

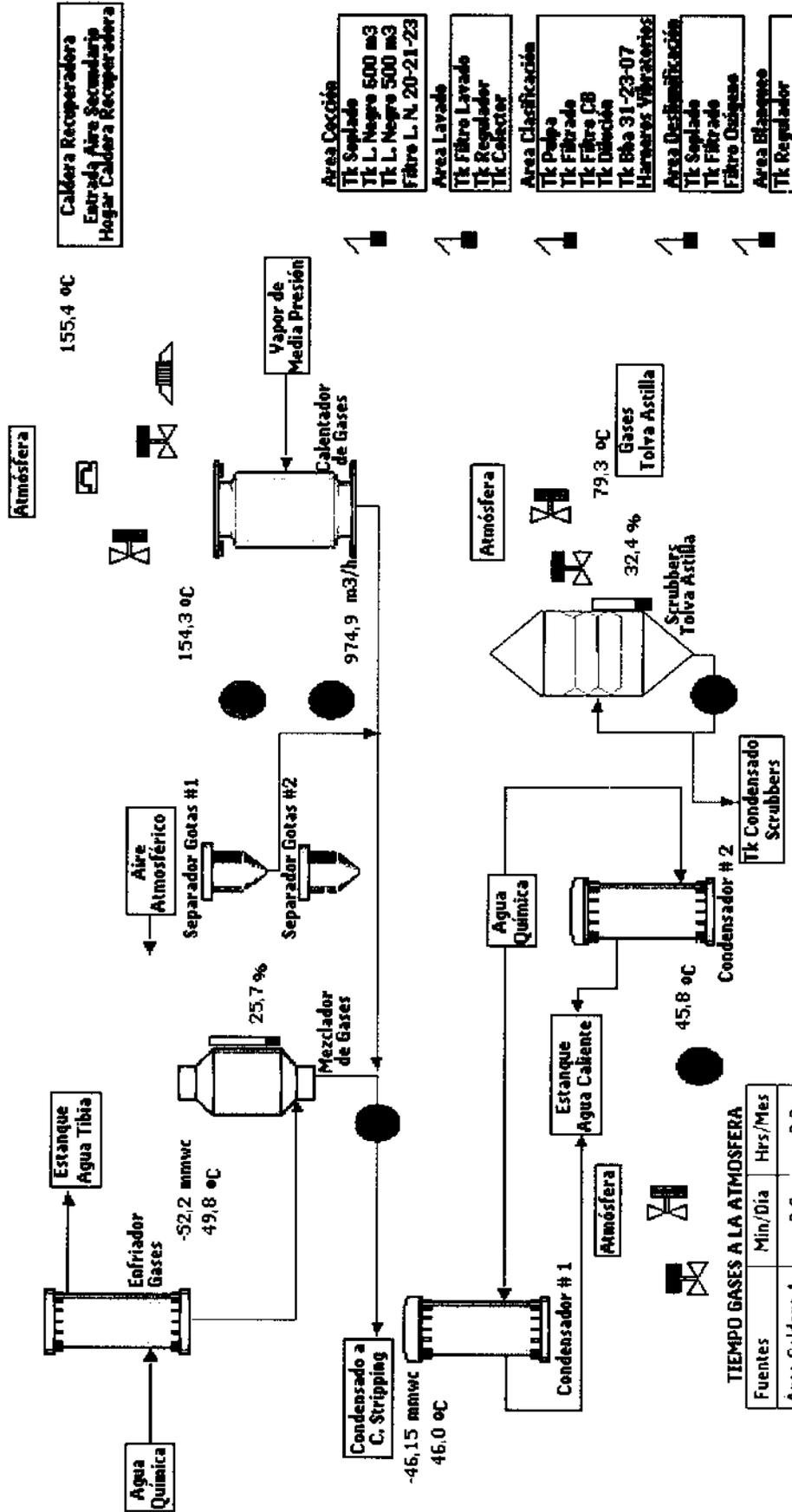
Tk Mezclador Sulfato
Tk Mezclador Ppts
Tk Cristalizador Licor Negro
Tk Disolvidor CRP
Tk Dump

## Flujo Gases a Caldera Recup.

99%
98%
98%
97%

## Temperatura Gases a Caldera Recup.

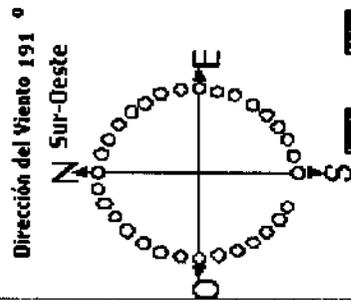
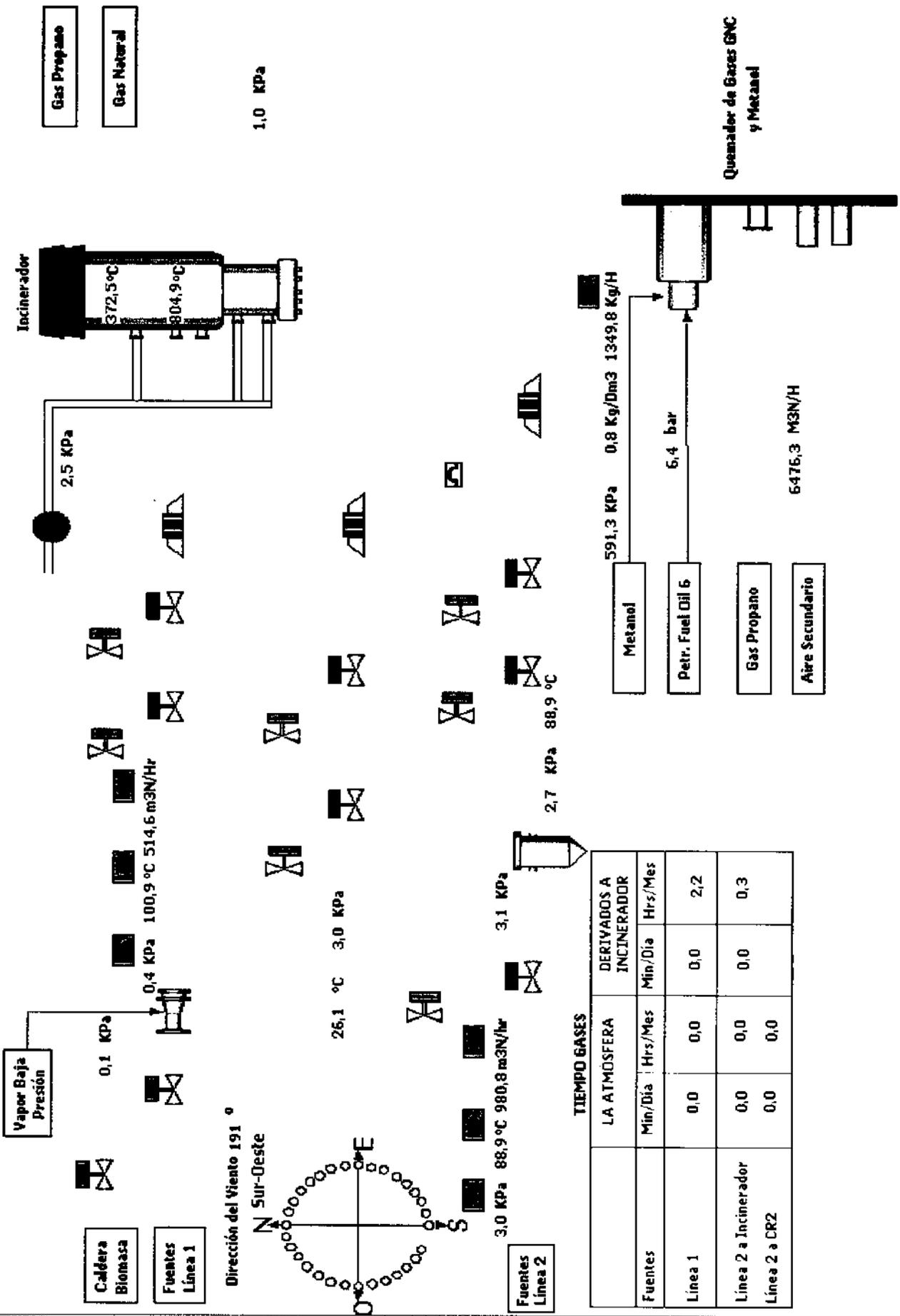
155,55
153,65
153,4
155,3



## TIEMPO GASES A LA ATMOSFERA

Fuentes	Min/Dia	Hrs/Mes
Area Caldera 1	0,0	0,0
Area Digestor 1	0,0	0,0
Area Lavado 1	0,0	0,5

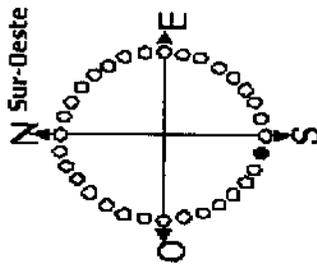
Gestión Ambiental   
  Sistema CIMG   
  Coordinación de Operaciones   
  SIRE: Sist. Interplantas



TIEMPO GASES

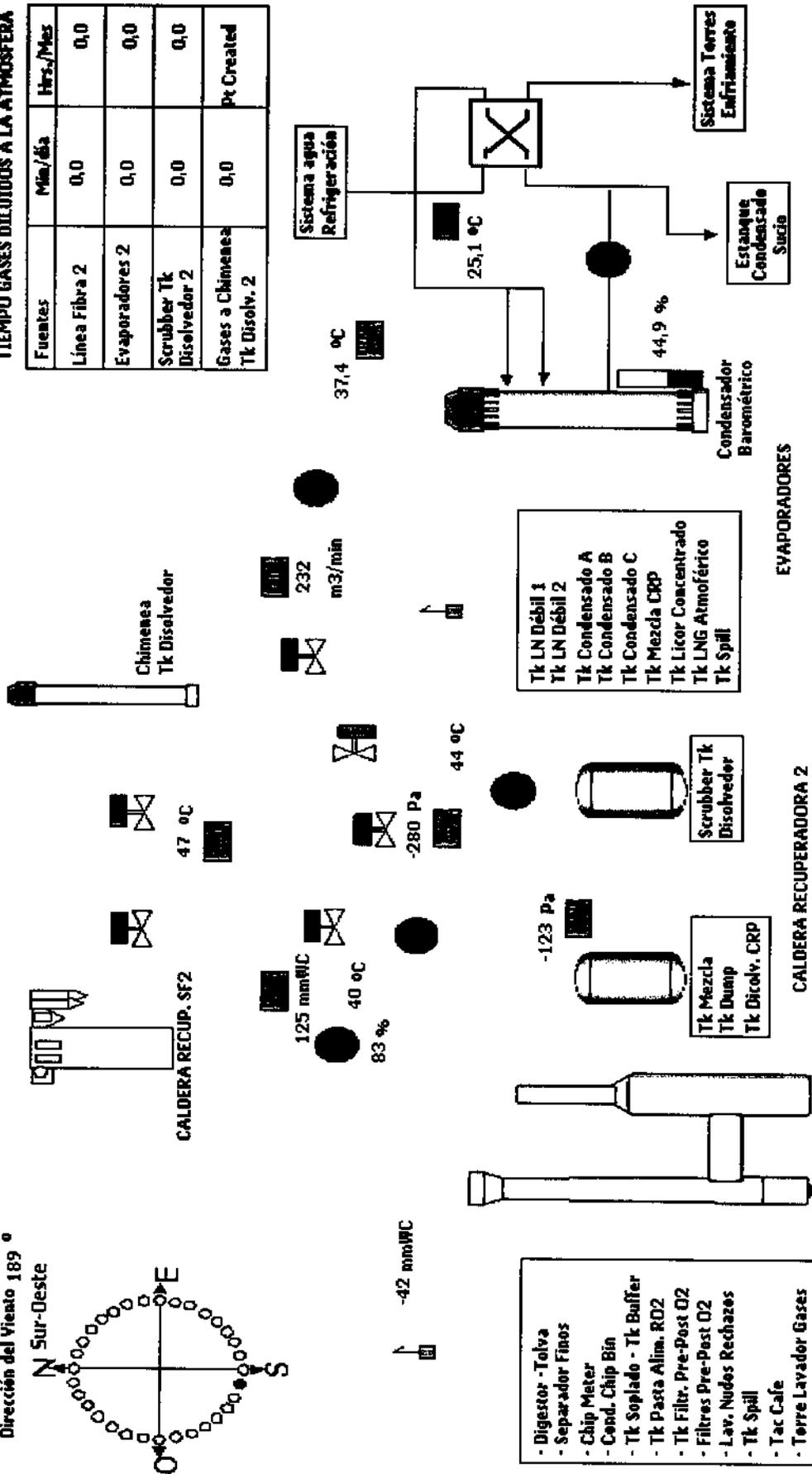
Fuentes	LA ATMOSFERA		DERIVADOS A INCINERADOR	
	Min/Día	Hrs/Mes	Min/Día	Hrs/Mes
Línea 1	0,0	0,0	0,0	2,2
Línea 2 a Incinerador	0,0	0,0	0,0	0,3
Línea 2 a CR2	0,0	0,0		

Dirección del Viento 189 °



TIEMPO GASES DILUIDOS A LA ATMÓSFERA

Fuentes	Mín./día	Hrs./Mes
Línea Fibra 2	0,0	0,0
Evaporadores 2	0,0	0,0
Scrubber Tk Disolvent 2	0,0	0,0
Gases a Chimenea Tk Disolv. 2	0,0	Pr Created



LAVADOR GASES

LÍNEA DE FIBRA 2

CALDERA RECUPERADORA 2

EVAPORADORES

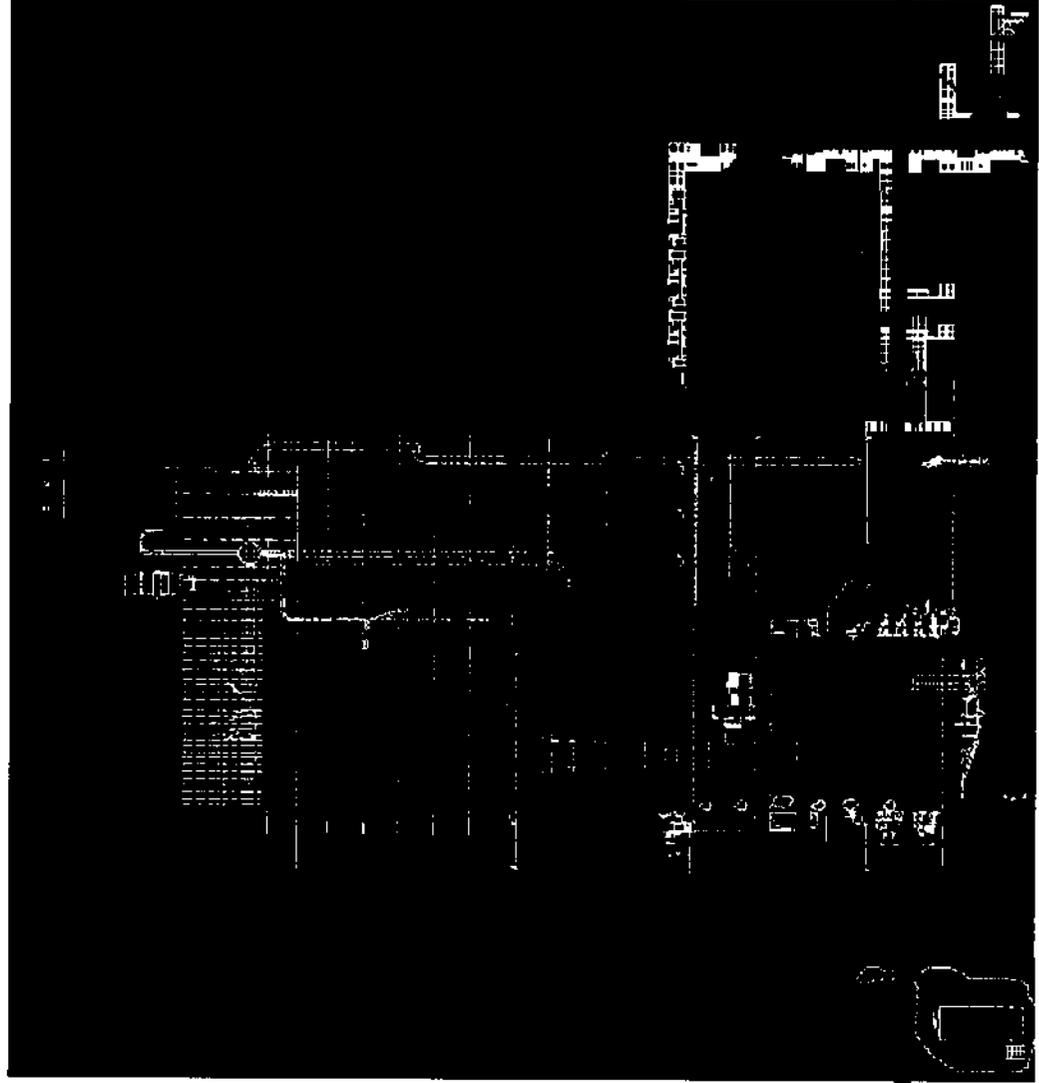


Gestión Ambiental | Sistema GNC | Coordinación de Operaciones

- Digestor - Tolva
- Separador Fibras
- Chip Meter
- Cond. Chip Bin
- Tk Soplado - Tk Buffer
- Tk Pasta Alim. RD2
- Tk Filtr. Pre-Post O2
- Filtros Pre-Post O2
- Lav. Nudos Rechazos
- Tk Spill
- Tac Cafe
- Torre Lavador Gases

## Santa Fe 2:

### Ubicación de entrada de gases a Caldera Recuperadora



Quemador de  
CNCG

Gases DNCG  
junto con aire  
secundario

00057

## **Temario**

---

1. Antecedentes y justificación.
- 2.- Descripción del caso de estudio.
  - 2.1. Variables y métodos de recolección de datos.
  - 2.2. Metodología de análisis de datos.
- 3.- Operación de los sistemas.
  - 3.1. Lógica de los venteos
  - 3.2. Tiempos de venteos y frecuencias de ocurrencias.
  - 3.3. Mecanismos de control.
4. Inversión económica.

000570

### 3.1. Lógica de los venteos

---

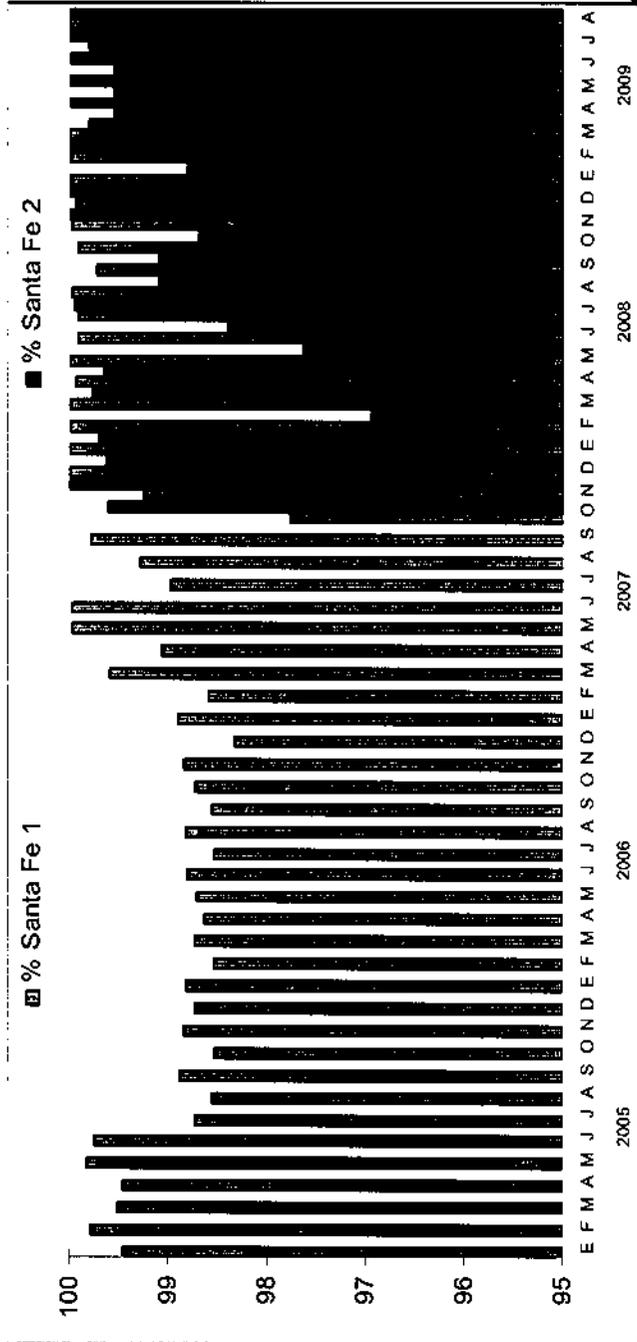
Una operación normal de proceso no requiere venteos.

Una condición anormal, producto de un descontrol operacional puntual, se maneja mediante la acción de los enclavamientos de seguridad y no implica necesariamente venteos a la atmósfera.

Una condición crítica, generada por una falla mayor de equipo y/o suministros, puede ocasionar venteos a la atmósfera lo que elimina el riesgo de eventos catastróficos, poniendo a resguardo las instalaciones y las personas.

### 3.2. Tiempos de venteos y frecuencias de ocurrencias

Los tiempos de venteo están regulados por el DS 167, evolucionando desde 168 hrs. anuales a 14 horas mensuales.



La RCA 066/2004 considera 3 eventos de olor de hasta 40 ppb de concentración de TRS medidos en la estación de monitoreo de calidad del aire

### 3.3 Mecanismos de control

---

Los mecanismos de control son los equipos de respaldo como el incinerador de gases, el horno de cal y la antorcha.

Adicional a lo anterior los procesos se encuentran en control a través de un sistema inteligente de control automático.

Los equipos que componen los sistemas de recolección de gases como lavadores, calentadores, columna de desulfuración, etc, también cumplen un rol de control.

Los sistemas de gestión basados en procedimientos de operación permiten asegurar la competencia de los operadores y el correcto funcionamiento de los equipos.

# Temario

---



- 1.- Autocertificación y permisos ambientales
- 2.- Descripción de los temas:
  - 2.1. Visita por central hidroeléctrica y planta de represa
  - 2.2. Estudio de impacto ambiental y social

## 4.- Inversión estimada

11/05/20

#### 4 Inversión estimada

---



La inversión de los sistemas de gases diluidos y concentrados alcanza una suma del orden de 20 millones de dólares.

El 60% de la inversión total corresponde al sistema de gases diluidos.

100501

00587

093941



Carta D.E. N°: \_\_\_\_\_ /

Ant.: No hay.

MAT.: Invitación a reunión de trabajo –  
Revisión de Norma TRS

SANTIAGO,

13 NOV. 2009

Señor

Andrés Caamaño M.

Gerente Corporativo de Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional  
Empresas Arauco S. A.Presente

Como es de su conocimiento, CONAMA se encuentra desarrollando el proceso de Revisión de la Norma de Emisión para Olores Molestos asociados a la fabricación de Pulpas Sulfatadas (DS N°167/99). En este contexto, actualmente estamos ejecutando un estudio para recabar antecedentes que fundamenten el proceso y la evaluación posterior del impacto económico y social.

De acuerdo a la información que ha entregado el estudio y a las reuniones de trabajo con el comité operativo, hemos detectado la necesidad de obtener mayor información respecto a algunos aspectos técnicos, en particular sobre los venteos directos de gases TRS al ambiente.

Con el objetivo de conocer la experiencia de las empresas respecto a los venteos, las situaciones en que se producen, los equipos y tiempos involucrados, la frecuencia de ocurrencia, su asociación con las tecnologías disponibles, los mecanismos de control posibles, etc., invitamos a través de usted, a los profesionales encargados de los procesos de las plantas de celulosa, a exponer sobre estas materias en una reunión de trabajo con profesionales de CONAMA.

La reunión se efectuará el día 25 de noviembre del presente de 15:00 a 17:00 hrs. en dependencias de CONAMA, Teatinos 258, 7° Piso Sala 1. Santiago.

En caso de consulta puede tomar contacto con la profesional Daniela Caimanque del Área Control de la Contaminación Atmosférica, CONAMA Dirección Ejecutiva, cuyo teléfono es: 2411829 y correo electrónico: [dcaimanque@conama.cl](mailto:dcaimanque@conama.cl).

Agradeciendo su participación en este proceso, le saluda cordialmente



HWA/GS/MJG/DCF/aat

10058

C.c.:

- Sr. José Rafael Campino Talavera, Presidente Nacional de CORMA
- Sra. María Teresa Arana Silva, Gerenta General Corporación Chilena de la Madera
- Archivo Dirección Ejecutiva.
- Archivo Dpto. Control de la Contaminación, CONAMA
- Expediente Revisión de Norma de Emisión de Olores Molestos (Gases TRS) en la Fabricación de Pulpa Sulfatadas.



Santiago, 20 de noviembre de 2009  
GCMASO-033/2009

Señor  
Rodrigo Guzmán Rosen  
Director Ejecutivo (S)  
Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Presente

Ref.: Invitación a Reunión de trabajo por Revisión de la Norma de TRS

De nuestra consideración,

Por intermedio de la presente deseamos agradecer la invitación que se nos hace para presentar antecedentes técnicos asociados a tema de venteos de los sistemas de recolección y tratamiento de gases TRS, contenidos en su Carta D.E. N° 93941 recibida por nosotros el 18 de Noviembre.

Sin embargo, debido a que cada Planta de las 5 que opera nuestra empresa en Chile tiene una realidad propia, en lo que respecta a los sistemas de tratamiento de TRS, deberemos efectuar la recopilación de los antecedentes solicitados y analizarlos previamente a ser presentados; razón por la que solicitamos posponer esta reunión para los días 9, 10 u 11 de Diciembre próximo.

Sin otro particular saludamos a usted, agradeciendo nuevamente la invitación y esperando una buena acogida a nuestra solicitud

Saluda atentamente a usted,



**Andrés Camano M.**  
**Gerente de Medio Ambiente,**  
**Seguridad y Salud Ocupacional**  
**ARAUCO**

cc: Sr. José Rafael Campino, Presidente de CORMA  
Sra. María Teresa Arana S.; Gerente de CORMA  
Sr. Miguel Osses, Gerente Planta Valdivia  
Sr. Jorge Garnham, Gerente Gestión Corporativa  
Sr. José Vivanco, Gerente Operaciones Celulosa  
Sr. Franco Bozzalla, Gerente Área Celulosa

212341



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

Carta D.E. N°: 094161 /

Ant.: Carta de Arauco, de fecha 20 de noviembre del 2009.

MAT.: Respuesta a carta GCMASSO-033/2009.

SANTIAGO, 02 DIC. 2009

Señor

Andrés Camaño M.

Gerente Corporativo de Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional  
Empresas Arauco S. A.

Presente

Por medio del presente, respondo a su carta N°033-2009 de fecha 20 de noviembre de 2009, aceptando recalendarizar la reunión programada para el día 25 de noviembre al día 11 de diciembre de 2009, ésta se efectuará en oficinas de CONAMA D.E. (Teatinos 258, 7° piso – sala 3) a las 11:00 hrs.

Recordamos que el objetivo de la reunión será exponer el funcionamiento de los venteos; su frecuencia, cómo se evitan, si existe una evolución en el tiempo a su disminución y toda la información referente, de manera de incorporar este punto en la revisión de la norma con el mayor fundamento posible.

En caso de consulta puede tomar contacto con la profesional Maritza Jadrijevic G., Jefa del Área Control de la Contaminación Atmosférica, CONAMA Dirección Ejecutiva, cuyo teléfono es: 2405668 y al correo electrónico: [mjadrijevic@conama.cl](mailto:mjadrijevic@conama.cl)

Agradeciendo su participación en este proceso, le saluda cordialmente



*[Handwritten signature]*  
HW/MJG/DCF/aat

C.c.:

- Sr. José Rafael Campino Talavera, Presidente Nacional de CORMA
- Sra. María Teresa Arana Silva, Gerenta General Corporación Chilena de la Madera
- Archivo Dirección Ejecutiva.
- Archivo Dpto. Control de la Contaminación, CONAMA
- Expediente Revisión de Norma de Emisión de Olores Molestos (Gases TRS) en la Fabricación de Pulpa Sulfatadas.

Santiago, 13 de enero de 2010  
GCMASSO/001-2010

Señora  
Maritza Jadrijevic  
Jefe Área Control de la Contaminación Atmosférica  
Departamento Control de la Contaminación  
Conama  
Teatinos 258  
Presente

Ref.: Presentación sobre Venteos de TRS

Estimada Sra. Maritza:

Por medio de la presente, nos es grato remitir presentación de la referencia para ser ingresada oficialmente al expediente del proceso de revisión de esta norma.

Está fue efectuada a solicitud de Conama en el marco del proceso de revisión del DS 167, sobre emisiones de TRS.

Sin otro particular, saluda atentamente,



**ANDRES CAMAÑO M.**  
Gerente Corporativo Medio Ambiente,  
Seguridad y Salud Ocupacional  
ARAUCO

cc.: Sr. Miguel Osses

# Sistemas de Tratamiento de Compuestos Sulfurados, TRS

Venteos

11 Diciembre 2009

Miguel Osses M



00587

# Plantas de Celulosa de Arauco

Licancel	VII región	Pulpa blanca, pino
Constitución	VII	Pulpa café, pino
Arauco	VIII	Pulpa blanca, pino-euca
Nueva Aldea	VIII	Pulpa blanca, pino-euca
Valdivia	XIV	Pulpa blanca, pino-euca

**Producción total:** 2,5 mill de toneladas por año, aprox

MOM/11.12.09



000587

**Objetivo:** “ ...conocer la experiencia de las empresas respecto a los venteos, las situaciones en que se producen, los equipos y tiempos involucrados, la frecuencia de ocurrencia, su asociación con las tecnologías disponibles, los mecanismos de control, etc.

00587

# Presentación

- Introducción
- Proceso de Producción de pulpa Kraft o al Sulfato
- Compuestos TRS
- Sistemas de Tratamiento gases TRS
  - Gases concentrados
  - Gases diluidos
- Seguridades y venteos
- Estadística de venteos

# Trozo de Madera

---



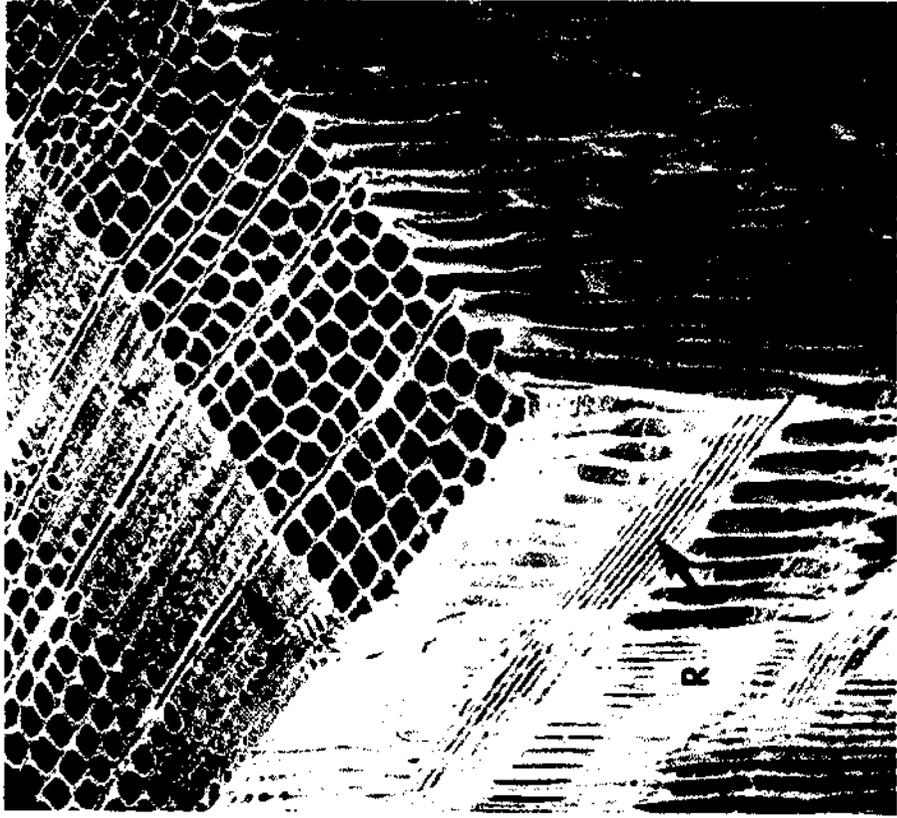
MOM/11.12.09



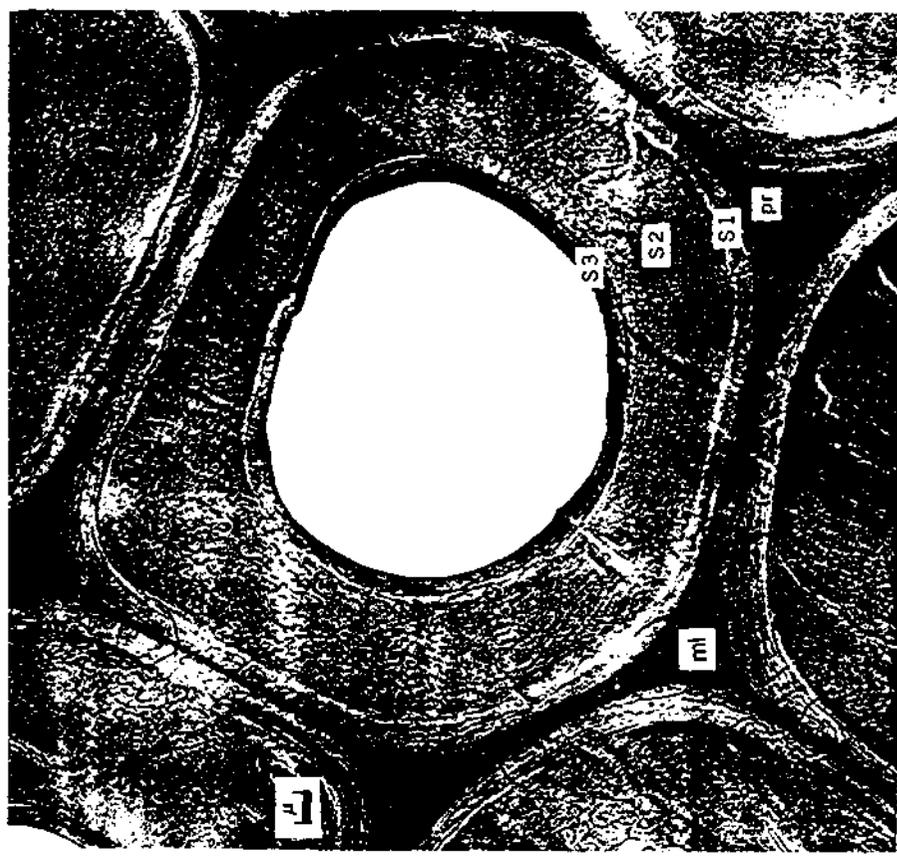
000597

# Componentes Anatómicos

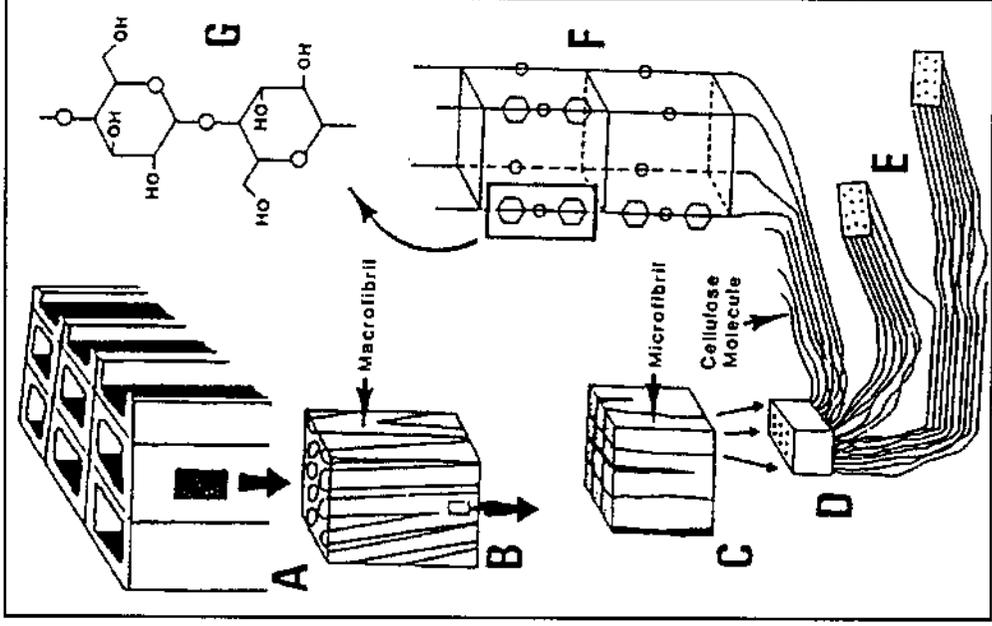
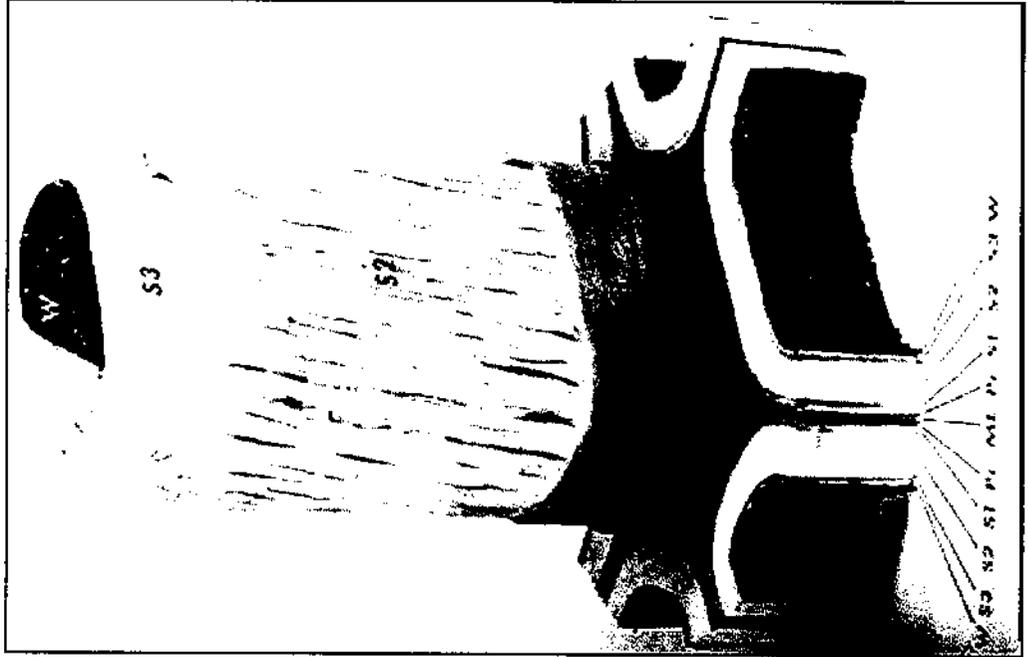
---



MOM/11.12.09



# Microestructura de la Madera



MOM/

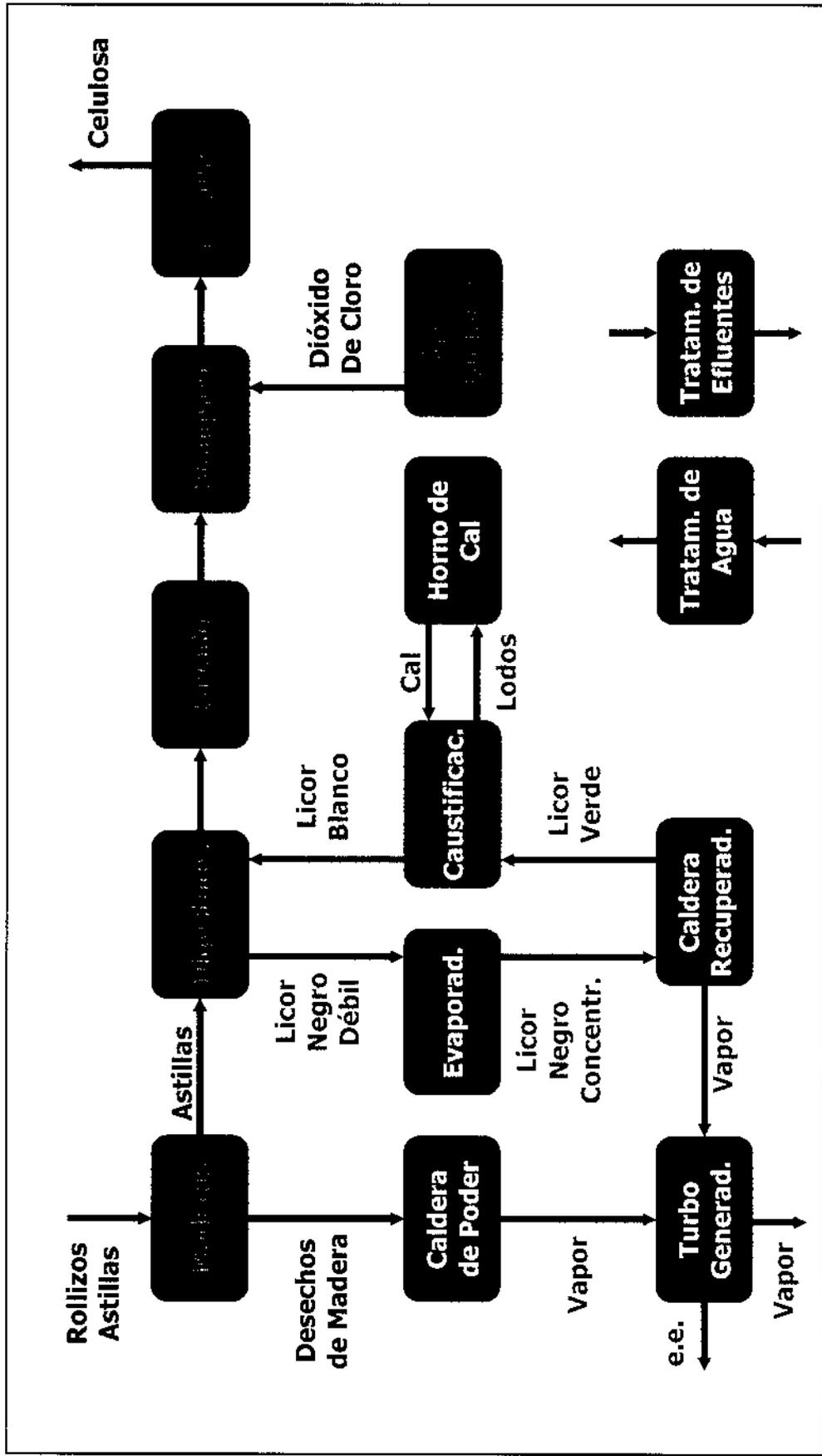
# Composición Química

---

Componente	Coníferas	Latifoliadas
Celulosa	40-45	40-45
Hemicelulosa		
• Manosa	20	5
• Xilosa	10	20-25
Ligninas	25-30	20-25
Extractivos	4-10	1-4
Cenizas	0,2-0,3	0,4-0,5

MOM/11. Cifras en %

# Proceso de Producción



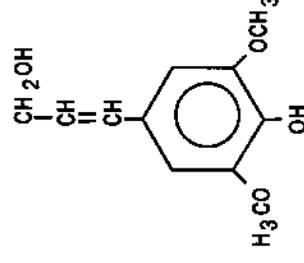
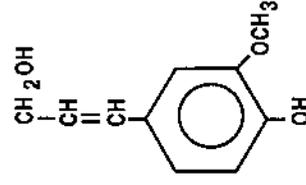
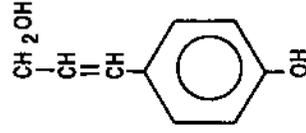
MOM/11.12.09



# Gases TRS

---

- Metil Mercaptano,  $\text{CH}_3\text{SH}$
- Sulfuro de Dimetilo,  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$
- Disulfuro de Dimetilo,  $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$
- Sulfuro de Hidrógeno,  $\text{H}_2\text{S}$



Estructura de las ligninas

# Sistemas de Tratamiento TRS

Sistemas existentes:

- Gases Concentrados
  - Cocción
  - Evaporación
  - Trementina
- Gases diluidos
  - Campanas extracción vapores área de lavado de pulpa café
  - Venteo de los estanques que contienen licores (blanco, verde, negro)
  - Estanque Disolvedor

000591

# Componentes Secundarios con gases TRS

---

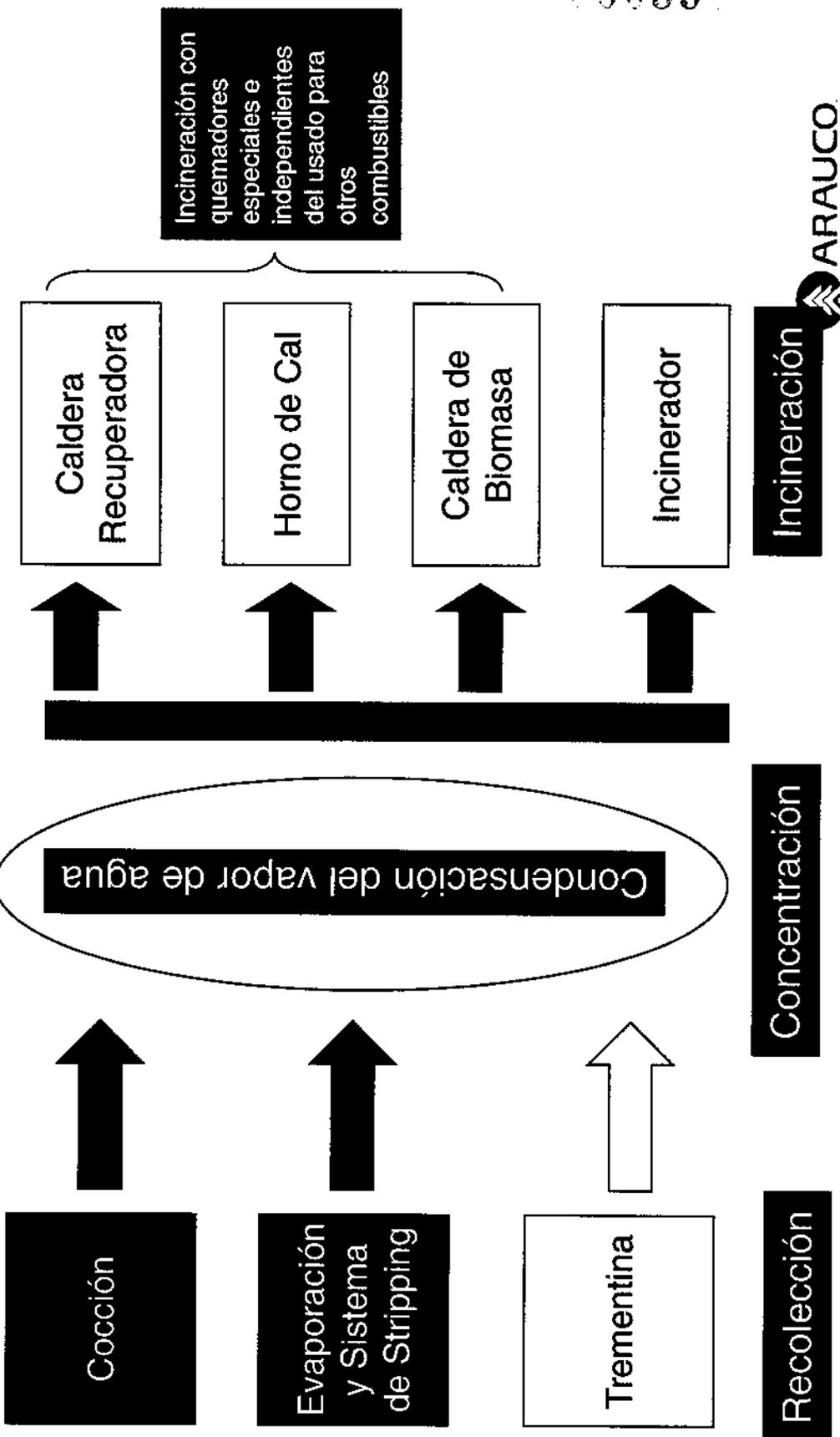
<b>Tipo de Pulpa</b>	<b>Pino</b>	<b>Eucaliptus</b>
<b>Componentes principales</b>	Metil Mercaptano, CH <sub>3</sub> SH Sulfuro de Dimetilo, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S Disulfuro de Dimetilo, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> Sulfuro de Hidrógeno, H <sub>2</sub> S	Idem a pino
<b>Componentes secundarios</b>	<b>Trementina</b> (alfa pineno, beta pineno, canfeno, etc)	<b>Metanol</b>

**Nota:** La trementina y el metanol son explosivos, bajo ciertas condiciones de concentración  
MOM/11.12.09

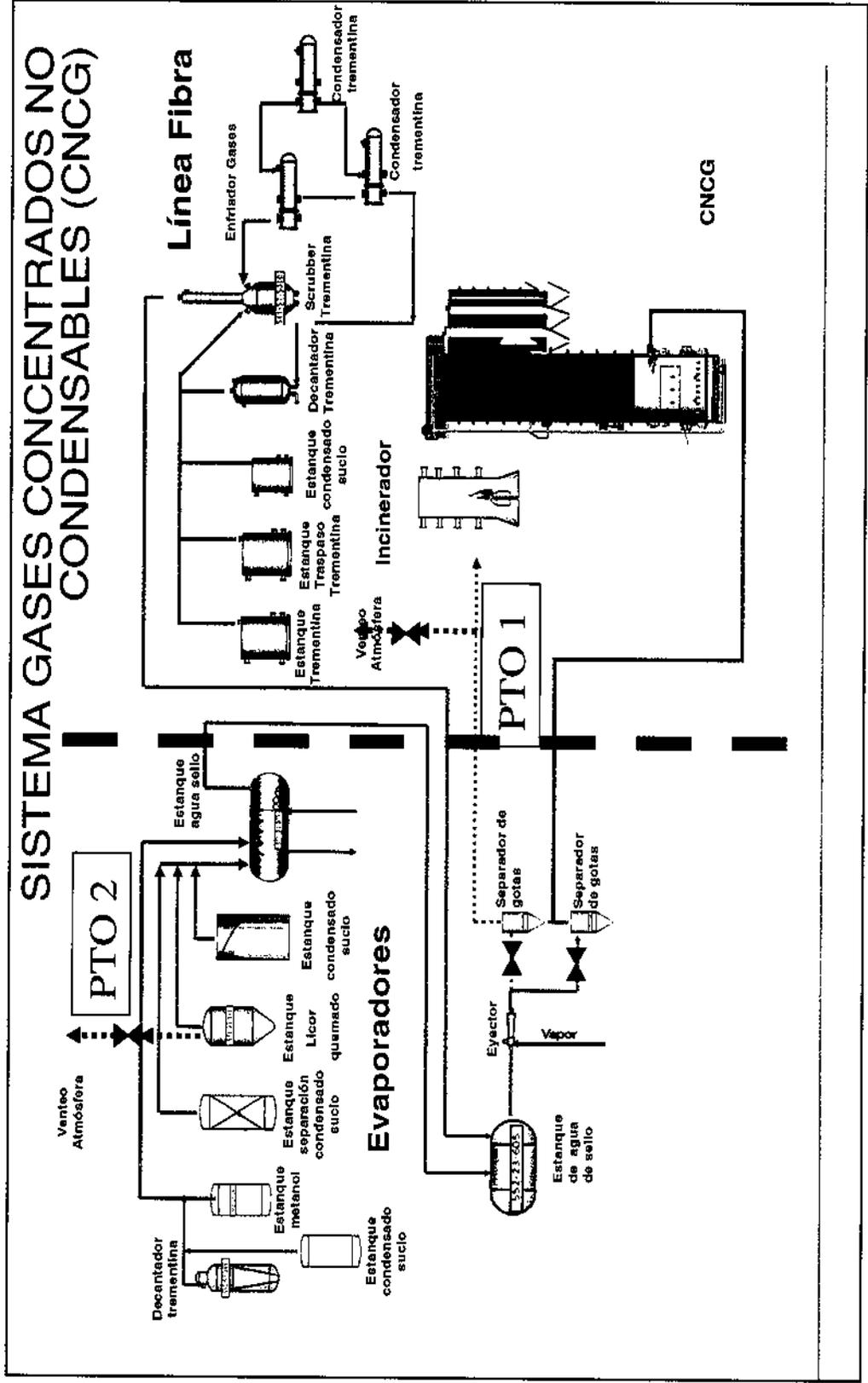


# Tratamiento de Gases Concentrados

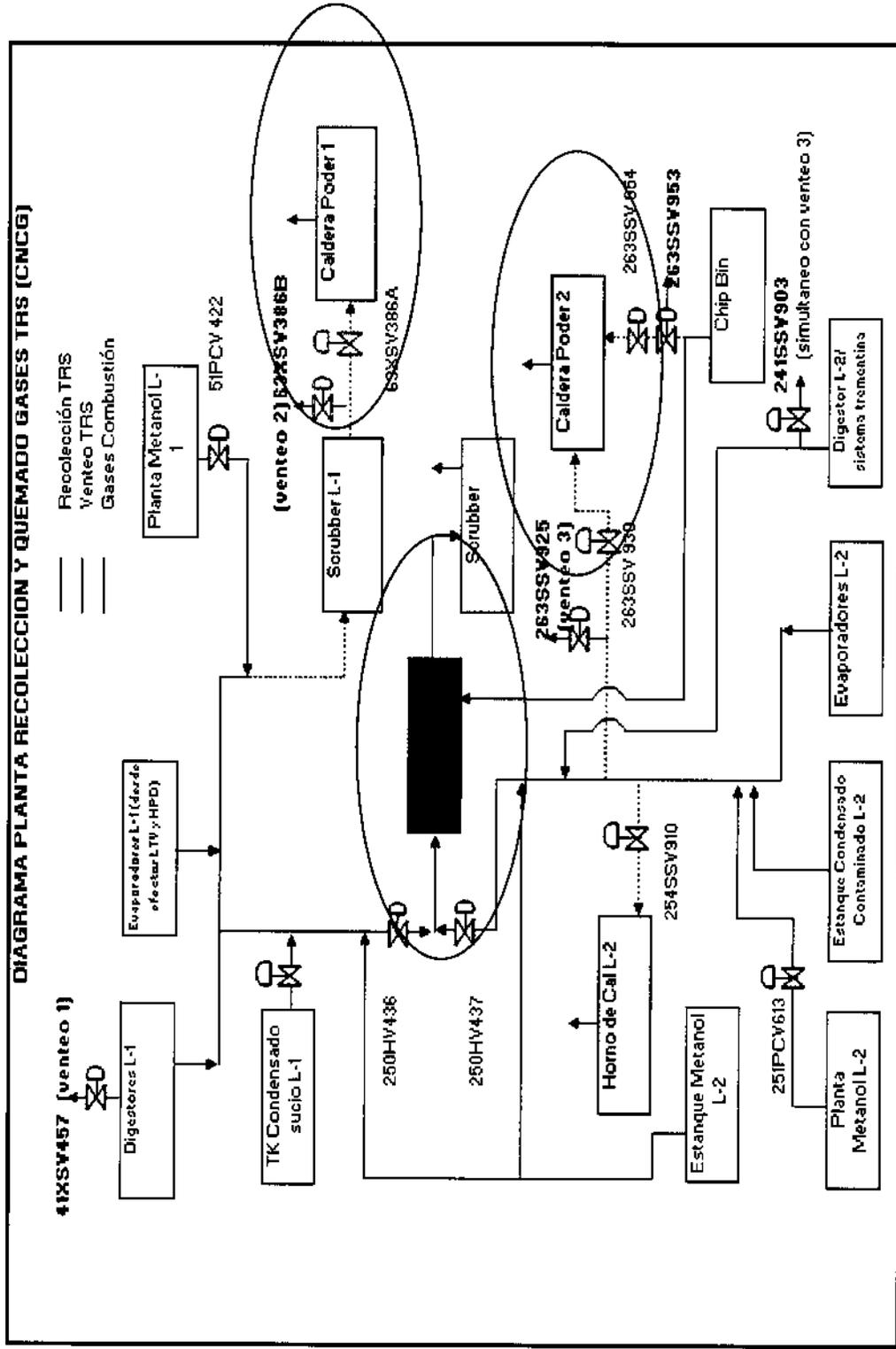
Diagrama Conceptual



# Tratamiento Gases Concentrados



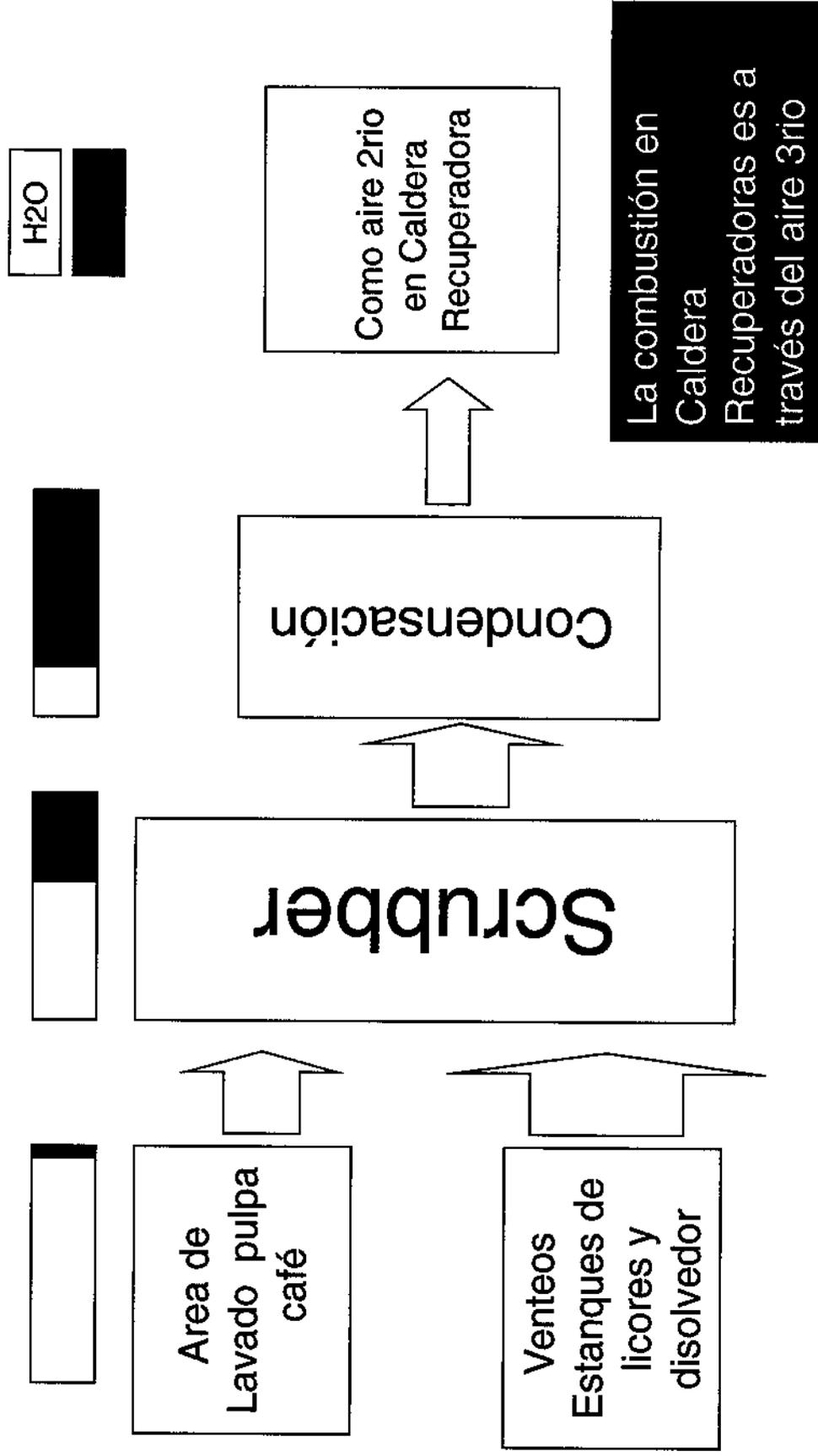
# Tratamiento Gases Concentrados



MOM/11.12.09

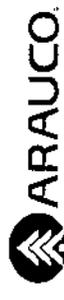


# Tratamiento Gases Diluidos

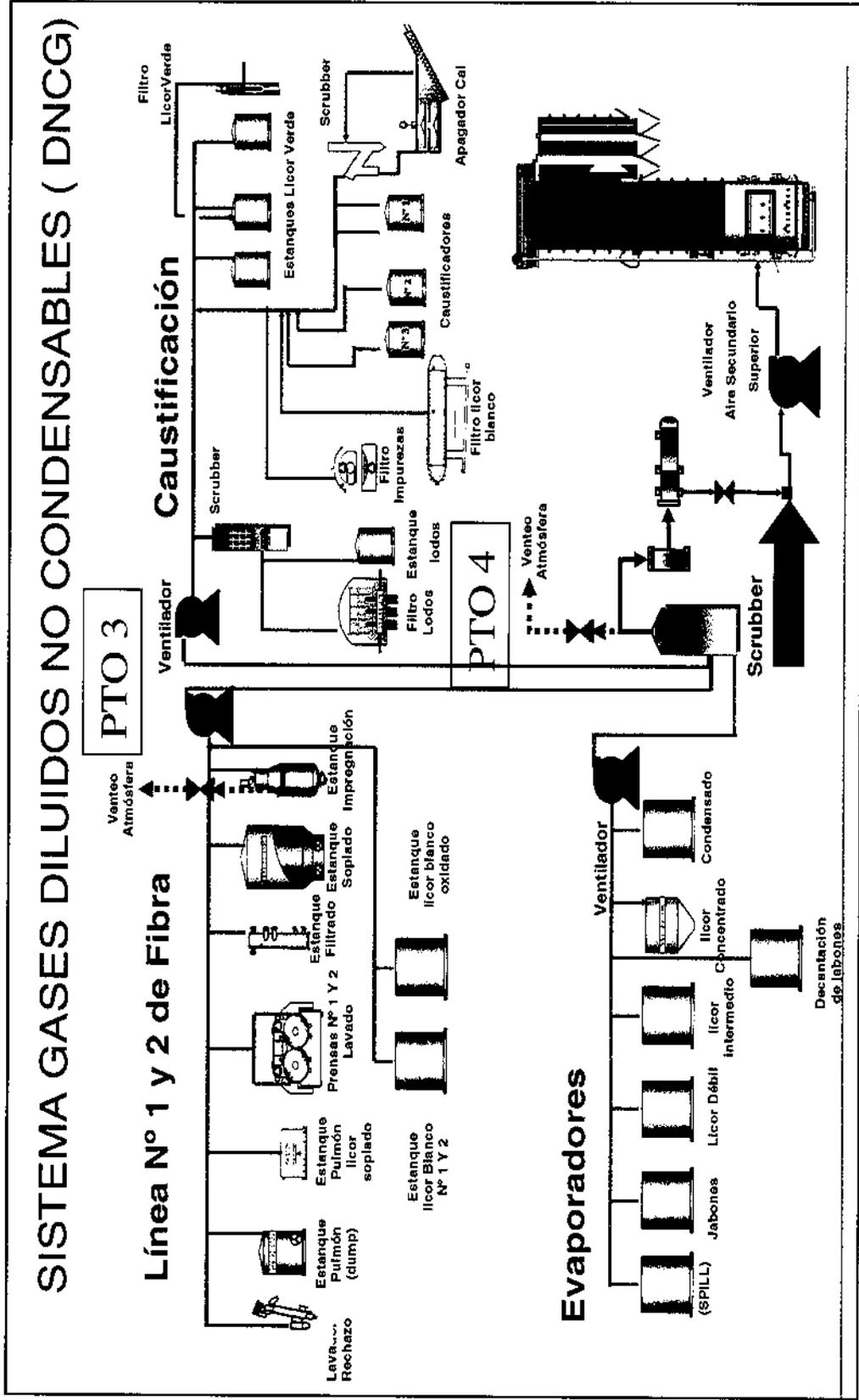


El ancho de las flechas está relacionado con el flujo de TRS + vapor de agua

MOM/11.12.09



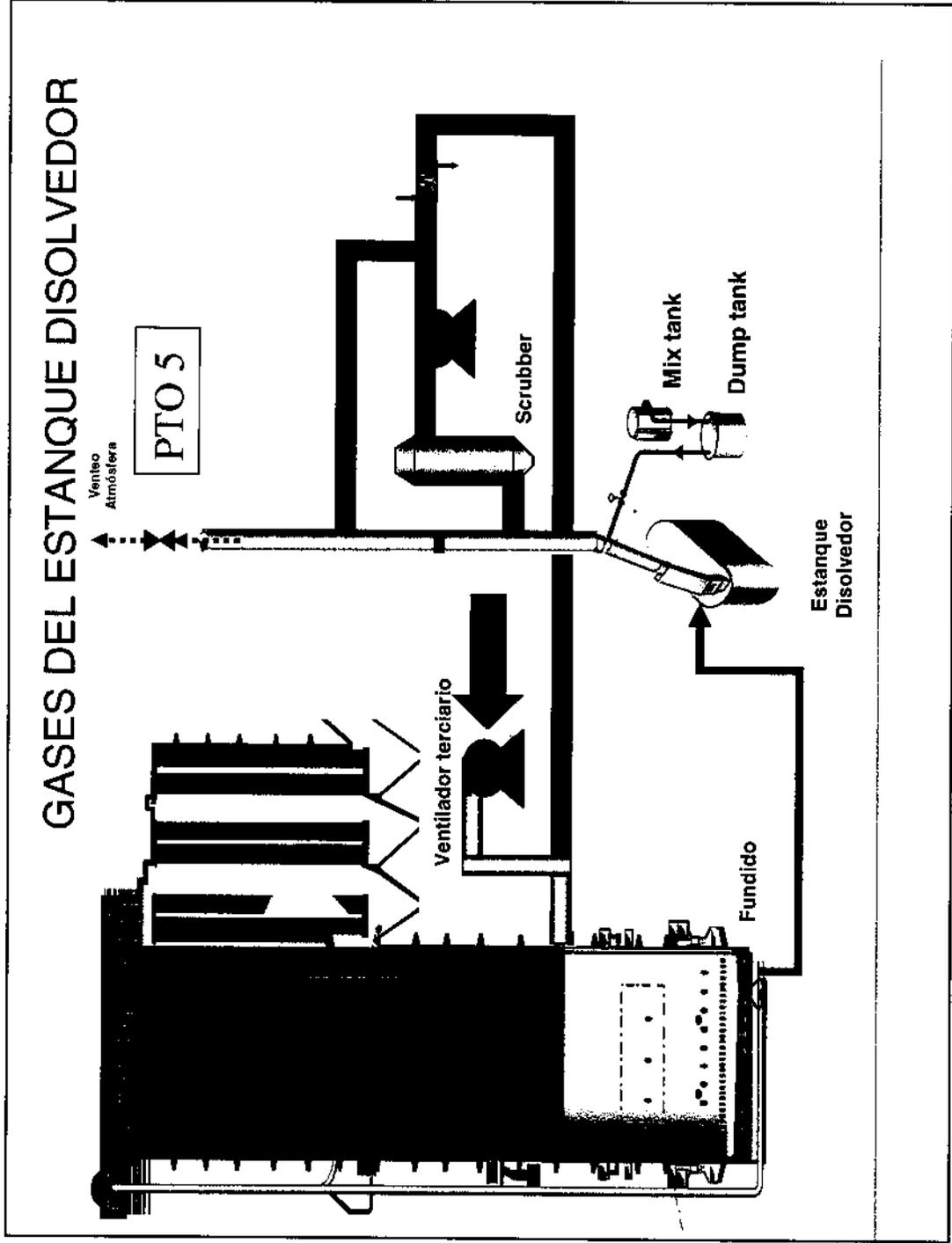
# Tratamiento Gases Diluidos



MOM/11.12.09

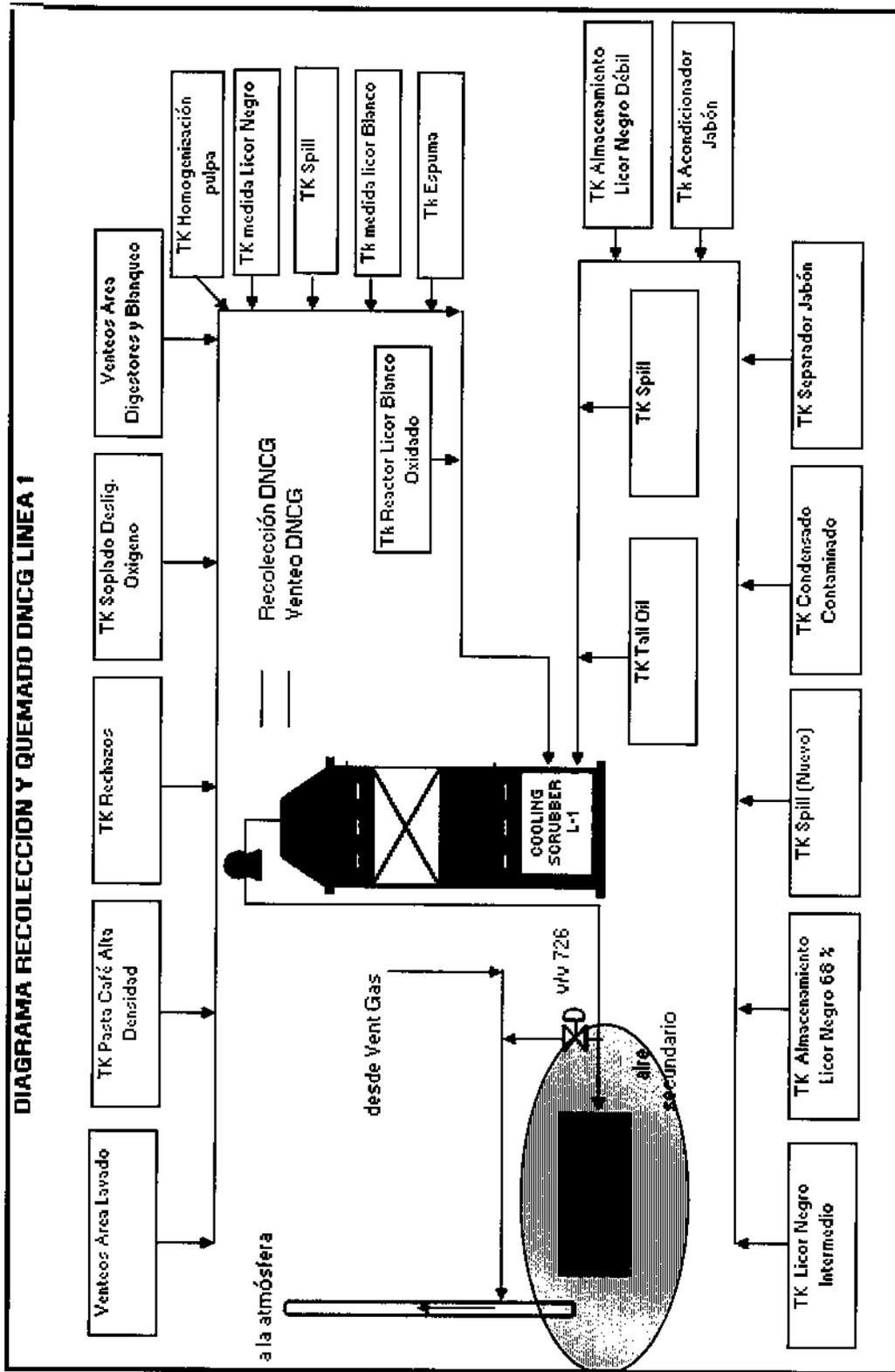


# Tratamiento Gases Diluidos



MOM/11.12.09

# Tratamiento Gases Diluidos



MOM/11.12.09

# Seguridades y venteos

- Transporte de los gases mediante sistemas de vacío, para evitar riesgos de motores eléctricos
- Separadores de gotas para eliminar arrastres de condensados y golpes de ariete
- Sensores de presión y/o vacío
- Sensores de diferentes variables en los equipos de combustión (caderas, hornos de cal, incineradores, etc.) que aseguran la combustión

# Seguridades y venteos

---

- Las instalaciones para el tratamiento de los compuestos TRS son específicas para cada Planta y depende de su configuración de las instalaciones (lay out)
- Por lo cual los detalles operacionales son únicos para cada Planta.

# Seguridades y venteos

---

- Los gases TRS de pulpa de pino y eucaliptus son altamente inflamables y hasta explosivos por su contenido de trazas de trementina o metanol, dependiendo del tipo de pulpa
- Las seguridades que se establecen para la incineración de los gases TRS concentrados y diluidos son máximas, para evitar riesgos de explosión de éstos.
- Al comienzo del desarrollo de las tecnologías para la incineración se produjeron varias experiencias de explosión y en algunos casos con muerte de trabajadores.

# Seguridades y vientos

- Esto llevó a los diseñadores de los sistemas a incorporar todas las seguridades que fueron necesarias para garantizar una combustión segura.
- Para evitar el riesgo de la componente humana en la decisión del venteo, se han implementado en su diseño, que operen en forma automática. Es decir producida la causa, la acción del venteo es prácticamente inmediata
- Lo anterior evita los riesgos que su incineración significa

# Seguridades y venteos

- Tanto los sistemas más antiguos, como en las instalaciones nuevas, los venteos están incorporados como medidas últimas de seguridad operacional.

# Estadísticas de Vnteo

---

Ver tablas en excel

MOM/11.12.09



01001

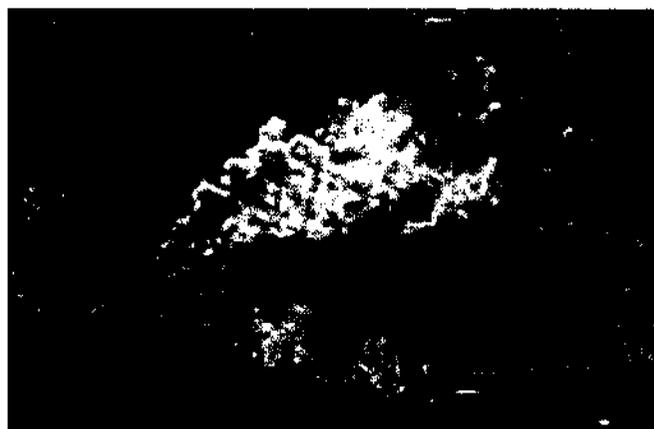
# Regularía aún más los Venteos aumentando el riesgo de la operación?

MOM/11.12.09





**"ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE REVISIÓN DE LA NORMA DE EMISION PARA OLORES MOLESTOS (COMPUESTOS SULFURO DE HIDRÓGENO Y MERCAPTANOS: GASES TRS) ASOCIADOS A LA FABRICACIÓN DE PULPA SULFATADA"**



**INFORME DE FINAL**

**2009**

## 1. INTRODUCCION GENERAL

En el año 2005, Chile fue el quinto mayor exportador de celulosa en el mundo, con un volumen de exportación de 2,6 millones de toneladas de celulosa, por un valor FOB de US\$ 1.205 millones. La industria de la celulosa se sustenta en un recurso natural renovable, y representa un 6,5% del valor de las exportaciones Chilenas.

La industria de la celulosa basada en el proceso kraft o al sulfato, genera olores molestos que afectan principalmente a los centros urbanos circundantes. En nuestro país la producción de pulpa de celulosa se concentra en cuatro regiones en la zona sur del país; VII, VIII, IX y XIV región. Desde aquí nace la necesidad de implementar de técnicas de control más adecuadas para este tipo de contaminación.

El grupo de compuestos químicos causantes de estos olores se miden o expresan comúnmente como sulfuros reducidos totales o TRS en su ciclo en Inglés (Total Reduced Sulphur) y corresponden a compuestos como ácido sulfhídrico, mercaptanos y metil-mercaptano. Se acostumbra, tal como lo señalan los antecedentes de regulaciones internacionales, regular directamente el conjunto de estos compuestos como gases TRS en vez de sus compuestos individuales.

Para abordar el problema de las emisiones de olores producidas por la industria de la celulosa y el papel, en 1999 se publicó la Norma de Emisión para Olores Molestos (Compuestos Sulfuro de Hidrogeno y Mercaptanos: Gases TRS) Asociados a la fabricación de Pulpas Sulfatadas- DS N°167/99 MINSEGPRES. Su objetivo fue prevenir y regular la producción de olores molestos mediante el control de la emisión de gases TRS (Total Reduced Sulphur) provenientes de la fabricación de celulosa mediante el proceso Kraft. La Norma de Emisión para Olores Molestos limita la emisión de gases TRS a 5 y 20 ppmv al 8% de oxígeno en base seca para la Caldera recuperadora y el horno de cal y 16,8 mg/kg de sólidos secos para el estanque de disolución de licor verde. Además, introduce la exigencia de monitoreo y reporte de este contaminante, tanto para fuentes nuevas y existentes con diferente gradualidad en su implementación.

En general, aunque esta norma supone un avance importante en la gestión de los malos olores procedente de este tipo de actividades, presenta algunas deficiencias que son susceptibles de mejora. Siguiendo el procedimiento que indica el Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión (D.S. N°93/95 del Ministerio SEGPRES), el cual señala que "Toda norma de calidad ambiental y de emisión será revisada, según los criterios establecidos en este párrafo, a lo menos cada 5 años", se incluyó su revisión en el Undécimo Programa Priorizado de Normas.

En orden a satisfacer los requerimientos de la metodología explicitada en el Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (DS 93/95 del Ministerio SEGPRES), es necesario el desarrollo de un estudio que provea de información de carácter técnico-económico para la elaboración del Análisis General del Impacto Económico y Social (art. 15). En términos generales, esta información debe dar cuenta de los siguientes aspectos para el caso de las normas de emisión: factibilidad técnica y económica de la



norma para los distintos emisores, costos y beneficios de la aplicación de la norma para la población directamente afectada; los costos y beneficios de la aplicación de la norma para el o los emisores que deberán cumplir la norma; los costos y beneficios para el Estado como responsable de la fiscalización y el cumplimiento de la norma; y los impactos sociales de la aplicación de la futura norma.

El presente informe es parte del estudio denominado "ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE REVISIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN PARA OLORES MOLESTOS (COMPUESTOS SULFURO DE HIDRÓGENO Y MERCAPTANOS: GASES TRS) ASOCIADOS A LA FABRICACIÓN DE PULPA SULFATADA", y corresponde al Informe Final.

### **1.1. Objetivo General del Estudio**

Con el objeto de dar el contexto al presente informe se presenta el objetivo general del estudio que nace a partir de los términos de referencia elaborados por la Comisión Nacional del Medio Ambiente:

- Realizar la propuesta de anteproyecto de revisión de norma que considere distintos escenarios tanto para los límites de emisión, fuentes emisoras reguladas, gradualidad de aplicación entre otros puntos.
- Realizar una evaluación económica de los distintos escenarios que considere a lo menos límites de emisión, fuentes emisoras reguladas y gradualidad de aplicación a la revisión de norma.
- Realizar una evaluación económica de la alternativa seleccionada en base al escenario evaluado.

### **1.2. Objetivos Específicos**

De la misma forma, se hace necesario mostrar los objetivos específicos para poder entender el marco en el cual se desarrolla el presente informe y como contribuye al objetivo final del estudio. Los objetivos específicos del estudio son:

- Caracterizar las Plantas de Celulosa con sus procesos, tecnologías de abatimiento, sistema de monitoreo y nivel de emisiones, y el estado de cumplimiento de la normativa actual.
- Conocer el Estado de arte de las Plantas de Celulosa, de las tecnologías o medidas de reducción de emisiones y de abatimiento, y los niveles de emisión característicos a nivel internacional.
- Realizar una propuesta de anteproyecto de norma con las distintas alternativas seleccionadas.

- Evaluar los costos asociados a la reducción de emisiones para las distintas alternativas recopiladas, seleccionar las medidas más costo-efectivas desde el punto de vista de revisión de la norma actual.
- Evaluar los beneficios de la aplicación de revisión de norma, respecto a la situación base de la situación actual.
- Con la información de costo- beneficio evaluar los distintos escenarios de revisión de norma.
- Proponer el escenario más conveniente en base al análisis previo y realizar una evaluación económica social exhaustiva.

## **2. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES**

En este apartado se presenta las diferentes fuentes de información consultadas y aquellos aspectos genéricos para la obtención de la información para recopilar todos los antecedentes relevantes a este estudio y permitir el cumplimiento de los objetivos propuestos. Este capítulo corresponde a un resumen de los documentos y fuentes consultadas para apoyar la generación del anteproyecto de la norma.

### **2.1. Información Proporcionada por CONAMA**

En el marco del desarrollo de este estudio, se realizaron reuniones de coordinación entre el equipo consultor y la contraparte técnica en la cual se hizo entrega de una serie de antecedentes que contienen información de aspectos generales relacionados con los gases TRS y registros históricos de las mediciones de TRS en las fuentes reguladas en las diferentes plantas de celulosa existentes en nuestro país.

En la Tabla 2-1 siguiente se presenta un resumen de la información proporcionada, con los respectivos nombres y una breve descripción de su contenido.

**Tabla 2-1: Resumen Documentos Proporcionados por CONAMA**

Id	Título Documento	Descripción	Región	Planta Asociada u Organismo	Archivo
1	Ord 26, Cumplimiento Normativo	Carta de SEREMI SALUD VII Región a CONAMA donde informa cumplimiento Normativo TRS Plantas Constitución y Licancel	VII	Constitución y Licancel	01 N°26, CONAMA, cumplimiento a norma TRS.doc
2	Memorándum, Informe Mediciones TRS	Carta Informe Mediciones de Gases de Encargada Salud Ocupacional a SEREMI SALUD VIII. Mediciones Planta Arauco 2007	VIII	Planta Arauco	02 INFORME MEDICIONES DE GASES TRS.doc
3	Medición Continua TRS, Planta Arauco	Contiene Datos diarios de medición de TRS para la Caldera Recuperadora y el Horno de Cal, Línea 2.	VIII	Planta Arauco	03 MEDICION CONTINUA ARAUCO 2007.xls
4	Medición Discreta TRS, Planta Arauco	Contiene Datos mensuales de medición de TRS para la Caldera Recuperadora y el Horno de Cal, Línea 1.	VIII	Planta Arauco	04 MEDICION DISCRETA ARAUCO 2007.xls
5	Informe sobre el Estado de Cumplimiento del DS N°167	Contiene el informe de estandarización de los datos de los datos de cumplimiento de la planta Valdivia	XIV	Celulosa Arauco y Constitución Planta Valdivia	05 INFORME ESTANDARIZADO TRS VALDIVIA.doc
6	Resultados Mediciones Atmosféricas Nueva Aldea	Resultado Mediciones Atmosféricas 2006, 2007.	VIII	Planta Nueva Aldea	06 TRS CFI TOTAL NUEVA ALDEA.doc
7	Informe Estandarizado Planta Santa Fe, Línea 1.	Contiene el informe de estandarización de los datos de los datos de cumplimiento de la planta Santa Fe	VIII	Planta Santa Fe - Línea 1	07 INFORME ESTANDARIZADO TRS SANTA FE- Línea 1 2.7.08.pdf

8	Informe Estandarizado Planta Santa Fe, Línea 2.	Contiene el informe de estandarización de los datos de los datos de cumplimiento de la planta Santa Fe	VIII	Planta Santa Fe - Línea 2	08 INFORME ESTANDARIZADO TRS SANTA FE- Línea 1 2.7.08.pdf
9	Informe Estandarizado Planta Nueva Aldea.	Contiene el informe de estandarización de los datos de los datos de cumplimiento de la planta Nueva Aldea	VIII	Planta Nueva Aldea	09 INFORME ESTANDARIZADO TRS PLANTA NUEVA ALDEA_05_08.pdf
10	Informe Estandarizado Planta Arauco	Contiene el informe de estandarización de los datos de los datos de cumplimiento de la planta Arauco	VIII	Planta Arauco	10 INFORME ESTANDARIZADO TRS ARAUCO.pdf
11	Informe Estandarizado Planta Laja	Contiene el informe de estandarización de los datos de los datos de cumplimiento de la Planta Laja	VIII	Planta Laja	11 INFORME ESTANDARIZADO TRS PLANTA LAJA Junio 2008.pdf
12	Informe Estandarizado Planta Pacífico	Contiene el informe de estandarización de los datos de los datos de cumplimiento de la Planta Pacífico	IX	Planta Pacífico	12 INFORME ESTANDARIZADO TRS PLANTA PACIFICO_23.07.08.doc
13	Informe TRS Planta Pacífico	Contiene planilla de cálculo con los datos de TRS para Planta Pacífico desde 2004 al 2007.	IX	Planta Pacífico	13 MEDICIONES TRS CMPC CELULOSA, Planta Pacífico 2004_2007.xls
14	Informe TRS Planta Valdivia 2004	Contiene planilla de cálculo con los datos de TRS para Planta Valdivia, año 2004.	XIV	Planta Valdivia	14 MONITOREO TRS VALDIVIA 2004 inf167.xls
15	Informe TRS Planta Valdivia 2005	Contiene planilla de cálculo con los datos de TRS para Planta Valdivia, año 2005.	XIV	Planta Valdivia	15 MONITOREO TRS VALDIVIA 2005 CR-HC.xls
16	Informe TRS Planta Valdivia Trimestre 1 del 2008	Contiene un informe generado por sistema de la Planta Valdivia para TRS en el trimestre 1 del 2008.	XIV	Planta Valdivia	16 INFORME TRS tri1-08 DS167.doc

17	Medición de gases y Material Particulado en Chimeneas, Planta Valdivia.	Contiene un Excel con datos de emisiones en distintos parámetros en las chimeneas de planta Valdivia en el año 2007.	XIV	Planta Valdivia	17 MATERIAL PARTICULADO CHIMENEAS VALDIVIA2007.xls
18	Acta 1, Comité Operativo Revisión Norma TRS	Contiene el acta con los acuerdos de la reunión 1 del comité operativo de revisión de la norma de TRS realizada el 13 de Junio del 2008	RM	CONAMA	018 ACTA1.CO.13.06.2008.doc
19	Acta 2, Comité Operativo Revisión Norma TRS	Contiene el acta con los acuerdos de la reunión 2 del comité operativo de revisión de la norma de TRS realizada el 23 de Julio del 2008	RM	CONAMA	19 ACTA2.CO.23.07.2008.doc
20	TRS Inventories and Air Dispersion Modeling	Contiene Artículo de revista TAPPI del autor Brian O'Connor, Asociado al TRS de Celulosa.			20 ARTÍCULO Tappi sobre inventario de TRS.pdf
21	Presentación de la Norma de TRS para Comité Operativo	Contiene la presentación realizada por CONAMA para el primer comité operativo de la revisión de la norma	RM	CONAMA	21 PPT Revisión Norma TRS 130608.ppt
22	Propuesta de Modificación de Anteproyecto Norma de Emisión de Olores, de acuerdo a recomendaciones de Estudio	Contiene tabla con la propuesta de las modificaciones al anteproyecto de norma. En total son 12 artículos.	RM	CONAMA	22 PROPUESTA MODIFICACION ANTEPROYECTO 23.07.08.doc
23	Información Vía Mail Sr. Juan Yevenes E.	Contiene información de celulosas Laja Santa Fe y Pacífico	VIII		Copia mail Sr Juan Yevenes.doc

Fuente: Elaboración propia 2009.

Respecto de la Tabla 2-1, resulta importante realizar algunos comentarios asociados a los documentos

- Documento N°1: Se obtuvo información en relación a los equipos emisores y menciona las dificultades de validar los métodos de monitoreo. No menciona si cumple o no con la norma en relación a los niveles máximos de emisión. Nota: Según SEREMI de Salud tanto CELCO como LICANCEL han dado cumplimiento a lo establecido en el D.S. N° 167/99, no se presentaron informes de las mediciones dado que los equipos fueron recientemente reconocidos por esta Autoridad Sanitaria, no obstante y de acuerdo a los resultados entregados de las mediciones cumplen con los límites de emisiones establecidos en la reglamentación.
- Documento N°2: Se obtuvo información de monitoreo en 2007 para línea 1 y línea 2 de Planta Arauco (Horcones) para la caldera recuperadora y horno de cal.
- Documento N°6: Se obtuvo información de monitoreo para Nueva Aldea, periodo 2006-2007 para la cadera de recuperación y el Horno de Cal.
- Documento N°16: Se obtiene información para mejorar diagrama de flujo y antecedentes acerca del % del funcionamiento de los equipos de combustión.
- Documentos N° 18 y 19: Se obtiene información relacionada a comentarios realizados por las autoridades que participan en las reuniones (13 de junio del 2008 y 23 de julio 2008) con motivo del proceso de revisión de la norma.
- Documento N° 20: Se obtiene información de fuentes fijas de emisión.
- Documento N° 21: Se presentan los principales problemas asociados a las plantas de celulosa en relación a las emisiones de TRS.
- Documento N° 22: Presenta información adicional en relación a propuestas para la modificación de la norma.

- Documento N° 23: Contiene información de celulosas Laja, Santa Fe y Pacífico, sin embargo existen diferencias relacionado al sistema de monitoreo que tiene Santa Fe, ya que en los informes estándar se mencionan mediciones continuas, mientras que en el mail se afirma que existe sólo medición discreta.
- Documentos formato Excel: Se obtienen datos brutos del monitoreo de las empresas.
- Documentos relacionados a informes estándar que entregan las plantas: Se obtuvo información de monitoreo de las fuentes emisoras, se infirió información para confeccionar el diagrama de procesos de las emisiones de TRS, se verificaron los sistemas de monitoreo (continuo o discretos) y se identificaron los equipos emisores.

## 2.2. Recopilación Aspectos Normativos Chilenos

Actualmente existen dos normativas relacionadas a la emisión de malos olores, el D.S 144/61 y el D.S N° 167/99. El primero establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquiera naturaleza y regula de forma cualitativa las emanaciones o contaminantes de cualquiera naturaleza, producidos en cualquier establecimiento fabril o lugar de trabajo con el fin de no causar peligros, daños o molestias al vecindario. Por otro lado, el D.S. N°. 167 de 1999 regula la emisión para olores molestos asociados a la fabricación de pulpa sulfatada. Además, se obtuvo el Manual de Aplicación de la Norma de Emisión de Olores Molestos (CONAMA, Dirección Regional Bio-Bio, 2001).

En relación a este último, los principales aspectos de los artículos más relevantes del decreto se mencionan a continuación:

- Artículo 3: Cantidades Máximas Permitidas de gases TRS.

**Tabla 2-2: Límites de emisión de TRS para plantas de celulosa Kraft**

Equipo Emisor	Concentración H <sub>2</sub> S
Caldera recuperadora	5 ppmv
Horno de Cal	20 ppmv
Estanque Disolvedor de Licor Verde 1	16.8 mg/kg de sólidos secos

Fuente: D.S N° 167/99.

- Artículo N°4: Metodologías de Medición.

La metodología de medición de referencia para los gases TRS será el Método 16 A de la Agencia Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA), si es que se utiliza otro

método el Servicio de Salud respectivo, mediante resolución fundada, deberá aprobar el sistema particular de medición en cada establecimiento.

- Artículo N°7: Sistemas de Medición.

El sistema de medición será continuo para el caso de la caldera recuperadora y horno de cal y discreto para las mediciones realizadas en el estanque disolvedor.

- Artículo N°8: Sistema de recolección y tratamiento de gases.

Los establecimientos nuevos deberán contar para cada uno de sus procesos de producción de celulosa al sulfato, con un sistema de recolección y tratamiento de gases TRS en operación y un sistema de medición de tipo continuo, al momento de iniciar operaciones.

- Artículo N°10: Venteos Directos de gases TRS al Ambiente.

Este artículo regula el porcentaje de funcionamiento del sistema de combustión, con el fin de asegurar una reducción gradual de las emisiones directas de gases TRS a la atmósfera. El porcentaje de funcionamiento deberá ser del 98% mensualmente.

- Artículo N°11: Entrega de informes.

Se deben entregar informes estandarizados, en relación al cumplimiento del D.S. N° 167/99, cada 3 meses al Servicio de Salud correspondiente.

### **2.3. Recopilación Aspectos Normativos Internacionales y artículos científicos**

La recopilación de los aspectos normativos Internacionales permite su comparación con la norma nacional (D.S. N° 167/99) para así, analizar aspectos importantes como los límites de emisión por equipo, métodos y sistema de monitoreo y otros puntos importantes.

La información relacionada a la legislación extranjera se encontró en base a artículos, estudios o en la legislación del país correspondiente. En función, se presentan los documentos recopilados en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3: Resumen Recopilación Antecedentes Normativos Internacionales**

Nº	Título	Tipo de Artículo	Descripción	Fecha	Nombre archivo
1	Independent advice on the development of environmental guidelines for any new bleached eucalypt kraft pulp mill in Tasmania. Emission limit comparison for selected jurisdictions	Estudio por consultora Amec	Anexo de estudio de norma para Tasmania	2004	Límite de emisión de TRS Varios países.pdf
2	Norma Oficial Mexicana: NOM-105-ECOL-1996 Que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total provenientes de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa.	Norma oficial mexicana	Norma que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de TRS proveniente de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa	1996	Límites de emisión TRS Mexico.pdf
3	RESOLUÇÃO Nº 054 / 06 - S E M A	Resolución ambiental de Brasil	Regula emisión de contaminantes atmosféricos por rubro	2006	Límites de emisión TRS Brasil.pdf
4	Enviromental statement of Stora Enso, Oyj Varkaus Mill	Artículo medioambiental planta celulosa Suecia	Se informa los límites de emisión de TRS para industrias de celulosa en Suecia	2007	Límites de emisión TRS Suecia.pdf
5	Alkaline oxidation of hydrosulfide and methyl mercaptide by iron/cerium oxide-hydroxide in presence of dissolved oxygen. Possible application for removal of Total Reduced Sulfur (TRS) emissions in the Pulp & Paper industry	Memoria de título universidad de Laval Canadá, Catalin Florin Petre, 2007	Aparecen límites de emisión TRS para Canadá y U.S (EPA)	2007	<a href="http://archimedebibli.ulaval.ca/archimede/files/cfc24dd3-e80c-4635-941d-bc4f27eef369/ch01.html">http://archimedebibli.ulaval.ca/archimede/files/cfc24dd3-e80c-4635-941d-bc4f27eef369/ch01.html</a>
6	40cfr60.283. standards of performance for new stationary sources. subpart bb_standards of performance for kraft pulp mills	Code of Federal Regulations	Aparecen límites de emisión TRS para U.S .A.	2008	40CFR60.283.pdf
7	Reduced sulphur compounds in ambient air and in emissions from wastewater clarifier sat a kraft pulp mill	Memoria de título Requirements for the Degree of Master of Applied Science Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry University Of Toronto	Información de emisión de TRS en Plantas de Tratamiento de Aguas residuales	2008	Liang_Chien_Chi_Victor_MASc_200803_thesis.pdf

Fuente: Elaboración Propia 2009.

### 2.3.1 Análisis de los límites de emisión máxima

De la bibliografía revisada se obtuvieron los valores límites para la concentración de gases TRS por fuentes de acuerdo a las distintas legislaciones internacionales incluidas en el análisis. Los resultados se muestran en la Tabla 2-4.

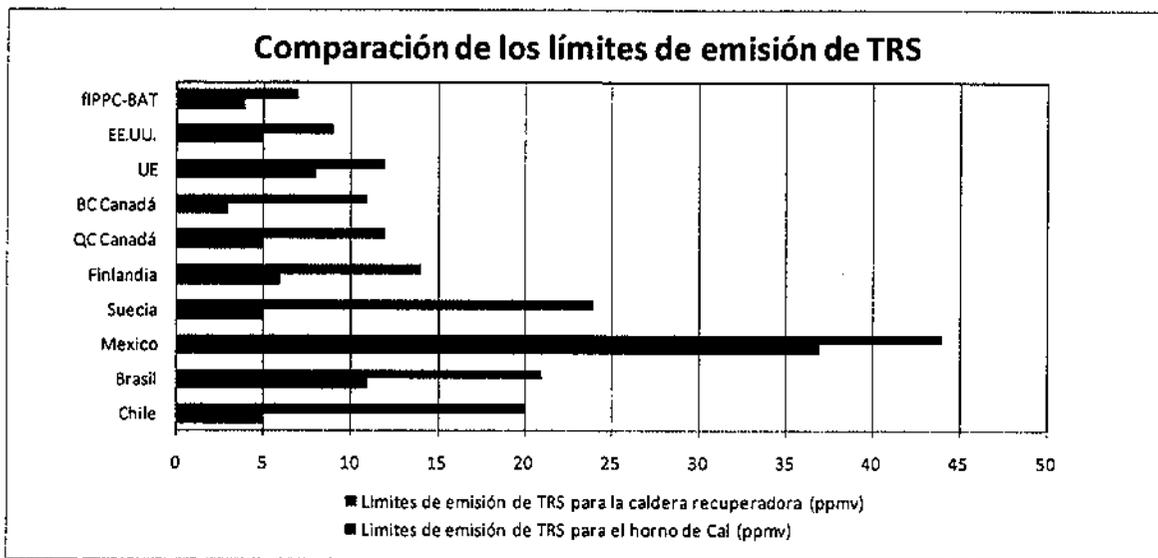
**Tabla 2-4 : Límites Máximos de Emisión de TRS por Unidad de Proceso**

Legislación/Límite de emisión por equipo	Caldera de recuperación (ppmv base 8% de oxígeno)	Horno de Cal (ppmv base 8% de oxígeno)	Estanque disolvedor (mg/kg sólidos secos)	Periodo evaluado por la norma
Chile <sup>a</sup>	5	20	16,8	Anual
Brasil <sup>b</sup>	11	21	80 mg/m <sup>3</sup>	Anual
Mexico <sup>c</sup>	37	44	No aplica	Anual
Suecia <sup>d</sup>	5	24	***	Mensual
Finlandia <sup>d</sup>	6	14	***	Mensual
QC Canadá <sup>d</sup>	5	12	***	Diario
BC Canadá <sup>d</sup>	3	11	***	Diario
UE <sup>e</sup>	8	12	***	Diario
EE.UU. <sup>e</sup>	5	9	16	Diario
<sup>f</sup> IPPC-BAT	4	7	***	Diario

Fuente: <sup>a</sup>D.S 167/99, <sup>b</sup>Resolução nº 054/06-sema, <sup>c</sup>NOM-105-ECOL-1996, <sup>d</sup> Estudio AMEC 2004, <sup>e</sup> Universidad de Laval, Canadá 2007, <sup>f</sup> Integrated Pollution and Prevention Control – Best Available Technology aplicado en la Comunidad Europea. Nota: En la mayoría de los casos fue necesario realizar cambio de unidades de mg/Nm<sup>3</sup> a ppmv y realizar la corrección de base 8% de oxígeno.\*\*\*No se ha encontrado límite para este equipo.

De la Tabla 2-4, se aprecia claramente las diferencias que existe entre los límites de emisión establecidos por el marco normativo Chileno y la normativa en el extranjero (Ver Anexo 21.1). Es necesario mencionar que la normativa Chilena en materia de emisiones de TRS, es la más estricta en Latinoamérica. Por otro lado, al comparar el D.S. N° 167/99, con el marco normativo de los países de Norteamérica y Europa existen importantes diferencias.

En relación a los límites de concentración de TRS para la caldera recuperadora la normativa se encuentra en un nivel similar a la normativa existente en los países desarrollados y con el mismo valor propuesto para las plantas con las mejores tecnologías disponibles en Europa (IPPC-BAT). Por otro lado, para el horno de cal el límite para las concentraciones TRS fijado en la norma Chilena es más holgado que los límites fijados en la mayoría de los países desarrollados. Esto se puede apreciar con mayor claridad en la Figura 2-1.



**Figura 2-1: Gráfico Comparativo de los Límites de Emisiones de TRS para la caldera recuperadora y horno de cal, según la legislación de distintos países.**  
Fuente: elaboración propia 2009

Como se observa de la Figura 2-1, para Chile los límites máximos de concentración de TRS en las emisiones para el horno de cal es de 20 ppmv, mientras que en países como Finlandia el límite de concentración se fijó en 14 ppmv y alrededor de 11-12 ppmv en Canadá y 9 ppmv en Estados Unidos.

Para el caso del estanque disolvedor, el límite de concentración actual fijado en la norma Chilena (16.8 mg/kg de sólidos secos) es comparable con el límite establecido en Estados Unidos y la región de Quebec en Canadá.

También es importante informar que en otros países también se regulan las emisiones de otras unidades como se muestran en la Tabla 2-5.

**Tabla 2-5: Límites de Emisión Para otro Tipo de Unidades**

País	Equipos	Límite emisión (ppmv)
Brasil <sup>a</sup>	Digestor, Evaporadores, stripper de condensado, estanque de licor.	22
EE.UU. <sup>b</sup>	Digestor, Evaporadores, stripper de condensado, estanque de licor.	5-9
QC Canada <sup>b</sup>	Digestor, Evaporadores, stripper de condensado, estanque de licor.	10

Fuente: <sup>a</sup>Resolução nº 054/06-sema, <sup>b</sup>Universidad de Laval Canadá 2007.

Otro aspecto importante es el método de monitoreo utilizado, que según el D.S 167/99 debe ser el EPA 16 A. En otros países las normativas tienen contempladas otras metodologías asociadas al monitoreo de TRS, lo cual se muestra en la siguiente Tabla 2-6.

**Tabla 2-6: Método de Monitoreo Usado en Diferentes Países**

País	Método de Referencia	Sistema de Monitoreo
Chile <sup>a</sup>	EPA 16 A	Discreto y Continuo
Brasil <sup>b</sup>	EPA 15, EPA 15 A CETESB L9.233 VDI 3486, parte 1 (Abril 1979) VDI 3486, parte 2 (Abril 1979)	Dependiendo de la cantidad emitida.
México <sup>c</sup>	EPA 16 A Y 16 B	Continuo
Australia, Tasmania. <sup>d</sup>	Mención a métodos EPA para medir TRS	Continuo
EE.UU.	EPA 16, 16 A, 16 B	Discreto y Continuo
Finlandia	***	***

Fuente: <sup>a</sup>DS 167/99, <sup>b</sup>Resolução nº 054/06-sema, <sup>c</sup>Noma Mexicana, <sup>d</sup>Estudio en que se mencionan líneas de acción para las nuevas plantas de celulosas en Tasmania, el cual se basa en metodologías europeas. \*\*\*No se ha encontrado los sistemas normados de medición para finlandia

Por lo visto se privilegia la medición continua, ya que permite obtener información del funcionamiento operativo del Proceso. Por otro lado, se observa que la mayoría de los países utilizan los métodos EPA para la medición de TRS, pero no exclusivamente uno solo, sino que 2 o más, en otras palabras es más flexible la normativa en relación a este punto. En el anexo 21.2 se describe el principio de funcionamiento de los métodos.

## 2.4. Recopilación Antecedentes del SEIA

El SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental) permite la revisión de los antecedentes presentados por las distintas empresas, ya sea para la creación de un proyecto nuevo o la modificación de uno existente, cuando esto requiere la evaluación ambiental de acuerdo a la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente. La revisión de los proyectos existentes en el sistema ha permitido identificar los siguientes proyectos sometidos al SEIA y que tienen que ver con la industria de la Celulosa en Chile.

**Tabla 2-7: Resumen Documentos Revisados en SEIA**

Nº	Nombre	Tipo	Región	Tip.	Titular	Inversión (MMUS\$)	Fecha	Estado
1	Modernización de Planta Laja	EIA	Octava	m4	CMPC CELULOSA S.A.	400,0000	13-nov-2008	En Calificación
2	Optimización Operacional	DIA	Interregional	m4	CMPC Celulosa	0,0000	22-sep-	Aprobado

	de Planta Pacífico, Mininco (e- seia)				S.A.		2005	
3	Proyecto de Optimización Planta Laja - PROFAL IV (e-seia)	DIA	Octava	m4	CMPC Celulosa S.A.	120,0000	2-oct- 2003	Aprobado
4	Proyecto Ampliación Planta Santa Fe	EIA	Octava	m4	CMPC Celulosa S.A.	600,0000	30- sep- 2003	Aprobado
5	Optimización Planta Pacífico PROPAC	EIA	Interregional	m4	CMPC Celulosa S.A.	73,0000	2-abr- 2001	Aprobado
6	Complejo Forestal e Industrial Itata	EIA	Octava	m4	Celulosa Arauco y Constitución S.A.	1000,0000	17- mar- 1999	Aprobado
7	Proyecto Valdivia (Celulosa Arauco y Constitución S.A.) Segunda Presentación	EIA	Decimocuarta	m4	Celulosa Arauco y Constitución S.A.	1045,0000	1- ago- 1997	Aprobado

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

La revisión de los antecedentes aquí presentados permiten conocer algunos aspectos de las diferentes plantas y ayudan a la caracterización de los procesos, información fundamental para el cumplimiento de los objetivos de este informe. En el anexo 21.3 se presenta la relación del SEIA con las emisiones de gases TRS.

## 2.5. Recopilación de antecedentes para estimar las emisiones de gases TRS

La información recopilada en documentos científicos, estudios y artículos en materia de emisiones atmosféricas y gestión ambiental en plantas de celulosa sulfatada fue utilizada con el fin de estimar las emisiones de gases TRS en las plantas existentes en Chile. Estos artículos y documentos en general contienen información de factores de emisión para gases TRS y otros parámetros que relacionaban la producción de las plantas de celulosa con otras variables de procesos de la industria de pulpa Kraft. En la Tabla 2-8 se muestra el resumen de la información recopilada.

**Tabla 2-8: Resumen de información recopilada para estimar las emisiones de los gases TRS de las plantas de celulosa en Chile.**

Nº	Título	Tipo de Artículo	Descripción	Año	Nombre archivo/fuente
1	"Technical and regulatory review and benchmarking of air emissions from Alberta's Kraft pulp Mill"	Informe técnico de carácter ambiental.	Mencionan factores de emisión de gases TRS y flujos característicos de las fuentes fijas de emisión	2008	Air emissions from Alberta's Kraft pulp Mill.Pdf
2	Emission Estimation Technique Manual For Pulp and Paper Manufacturing	Manual técnico	Manual para el cálculo de emisiones atmosféricas	1998	Manual factor de emisión Australia.pdf
3	AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 10: Wood Products Industry 10.2. Chemical Wood Pulping	Estudio técnico	Estudio de factores de emisión para las plantas	2004	Emission Factor Chemical Wood Pulping.pdf
4	EIA "Obras nuevas y actualizaciones del complejo forestal industrial Itata"	Estudio de impacto ambiental.	Se obtienen las estimaciones de las emisiones de gases TRS con los sistemas de mitigación instalados	2004	www.e-seia.cl/
5	Fase 2 del reporte de la auditoria a Celulosa Arauco y Constitución, Planta Valdivia, Chile. Consultants of the National Cleaner Production Center - CNTL SENAI	Estudio de impacto ambiental.	Se obtienen las estimaciones de las emisiones de gases TRS con los sistemas de mitigación instalados	2006	www.e-seia.cl/

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

## 2.6. Recopilación de antecedentes para estimar los costos de las medidas consideradas

Se recopiló información de costos asociados para las medidas propuestas para la norma, en base a documentos científicos, y artículos ambientales. Los artículos en general contienen información de costos de operación y de inversión de medidas de mitigación de emisiones atmosféricas de gases TRS. En la Tabla 2-9 se muestra el resumen de la información recopilada.

**Tabla 2-9: Resumen de la información recopilada para estimar los costos de las medidas relacionadas a la modificación y revisión de la norma.**

Nº	Título	Tipo de Artículo	Descripción	Año	Nombre archivo/fuente
1	Kraft Pulping :“Control of TRS emissions from Existing Mills”,EPA	Artículo técnico de la industria de la celulosa	Presenta información de costos relacionados a las medidas de mitigación de gases TRS.	1978	Kraft Pulping, Control of TRS Emissions from Existing Mills.pdf
2	Emission and odour control in Kraft pulp mills.	Artículo de revista científica, Journal of Cleaner Production 11) 797-801 Bordado and Gomes.	Presenta costos relacionados a medidas de control e instrumentación.	2003	Emission and odour control in Kraft pulp mills .pdf
3	“Technical and regulatory review and benchmarking of air emissions from Alberta’s Kraft pulp Mill”	Informe técnico de carácter ambiental.	Mencionan costos de equipos y sistemas de abatimiento	2008	Air emissions from Alberta’s Kraft pulp Mill.Pdf
4	Manual de costos de control de la contaminación en el aire de la EPA (EPA 452/B-02-002).Sección 2 Equipo Genérico y Dispositivos. Capitulo 4 Monitores	Manual para el cálculo de costos de sistemas de monitoreo.	Se tiene una referencia para la estimación de costos de equipos de monitoreo.	2004	Monitoreos costos.pdf

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

### 3. LA INDUSTRIA DE LA CELULOSA EN CHILE

La industria de la celulosa en Chile tiene sus inicios en los años 50 y de ese momento ha crecido considerablemente en instalaciones y producción. Uno de los factores más influyentes son las condiciones favorables que tiene Chile (clima, suelo y pluviometría) para el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de pino radiata y eucalipto, materia prima para la producción de celulosa de fibra larga y corta respectivamente.

En la actualidad Chile es uno de los productores de celulosa más importantes a nivel mundial y así lo demuestra un estudio acerca de la capacidad instalada para la producción de celulosa en el segmento “market pulp”, realizado por la empresa consultora Hawkins & Wright, en el cual, Chile ocupó el 7º lugar entre los principales países productores. Según

este mismo estudio, en el año 2010, Chile subirá al 4º lugar de este ranking, precedido sólo por Canadá, Estados Unidos y Brasil.

En Chile existen 13 plantas de celulosa de las cuales 8 son del tipo kraft, y las 5 restantes producen pulpa por procesos mecánicos.

En este capítulo se caracterizará la industria de celulosa kraft y se caracterizarán todas las plantas en Chile en función de sus emisiones de TRS.

### 3.1. Caracterización General de la Industria de Celulosa Kraft en Chile

Como se dijo anteriormente en Chile existe 8 plantas de celulosa Kraft, las cuales se muestran en la Tabla 3-1.

**Tabla 3-1: Plantas de celulosa kraft en Chile**

Planta	Localización (Región)	Propietario	Tipo de Celulosa
Licancel	VII	Celulosa Arauco	BSKP/BEKP
Constitución	VII	Celulosa Arauco	UKP
Arauco	VIII	Celulosa Arauco	Línea 1 BSKP/BEKP Línea 2 BSKP
Valdivia	XIV	Celulosa Arauco	BSKP/BEKP
Nueva Aldea	VIII	Celulosa Arauco	BSKP/BEKP
Laja	VIII	Empresas CMPC	BSKP/UKP
Santa Fe	VIII	Empresas CMPC	Línea 1 BEKP Línea 2 BEKP
Pacífico	IX	Empresas CMPC	BSKP

Fuente: Sitio web Papelnet

Estas plantas de celulosa en total cuentan con una capacidad de producción de alrededor de 4.800.000 ton/año y se observa de la tabla que los productos son:

- BSKP: Celulosa Blanqueada de fibra larga que se produce en base a pino.
- UKP: Celulosa de fibra larga no blanqueada en base a pino
- BEKP: Celulosa Blanqueada de fibra corta en base a eucalipto.

### 3.2. Caracterización de las Plantas de Celulosa en Chile

Las Plantas de celulosa Kraft en Chile, en general siguen el proceso estándar, el cual tiene las siguientes etapas:

**Preparación de la madera:** etapa en la cual se procesa los rollizos de madera, pasando por un descortezador y luego por un chipecador. Finalmente se clasifican los Chips por

tamaño para ingresarlos al digestor. Los desechos de madera son enviados a la caldera de poder como combustible.

**Caldera de Poder:** En este equipo se genera vapor a partir de la combustión de biomasa.

**Área de cocción:** Estos procesos son continuos o batch pero el objetivo final es separar la lignina de las fibras de celulosa mediante la cocción de las astillas con licor blanco (solución de  $\text{Na}_2\text{S} + \text{NaOH}$ ). De esta etapa sale el licor negro que se dirige a los evaporadores y la pulpa de celulosa con impurezas y restos del licor negro.

**Evaporadores:** Se concentra la solución de licor Negro (75% de consistencia).

**Caldera recuperadora:** El licor negro (lignina y otros compuestos de la madera) se quema y se convierte en cenizas y sales minerales. Mediante este proceso se aprovecha la energía y se genera vapor.

**Disolvedor de Cenizas:** En este proceso se disuelven las cenizas y las sales minerales, provenientes de la caldera recuperadora, en agua o en licor blanco diluido, generando el licor verde.

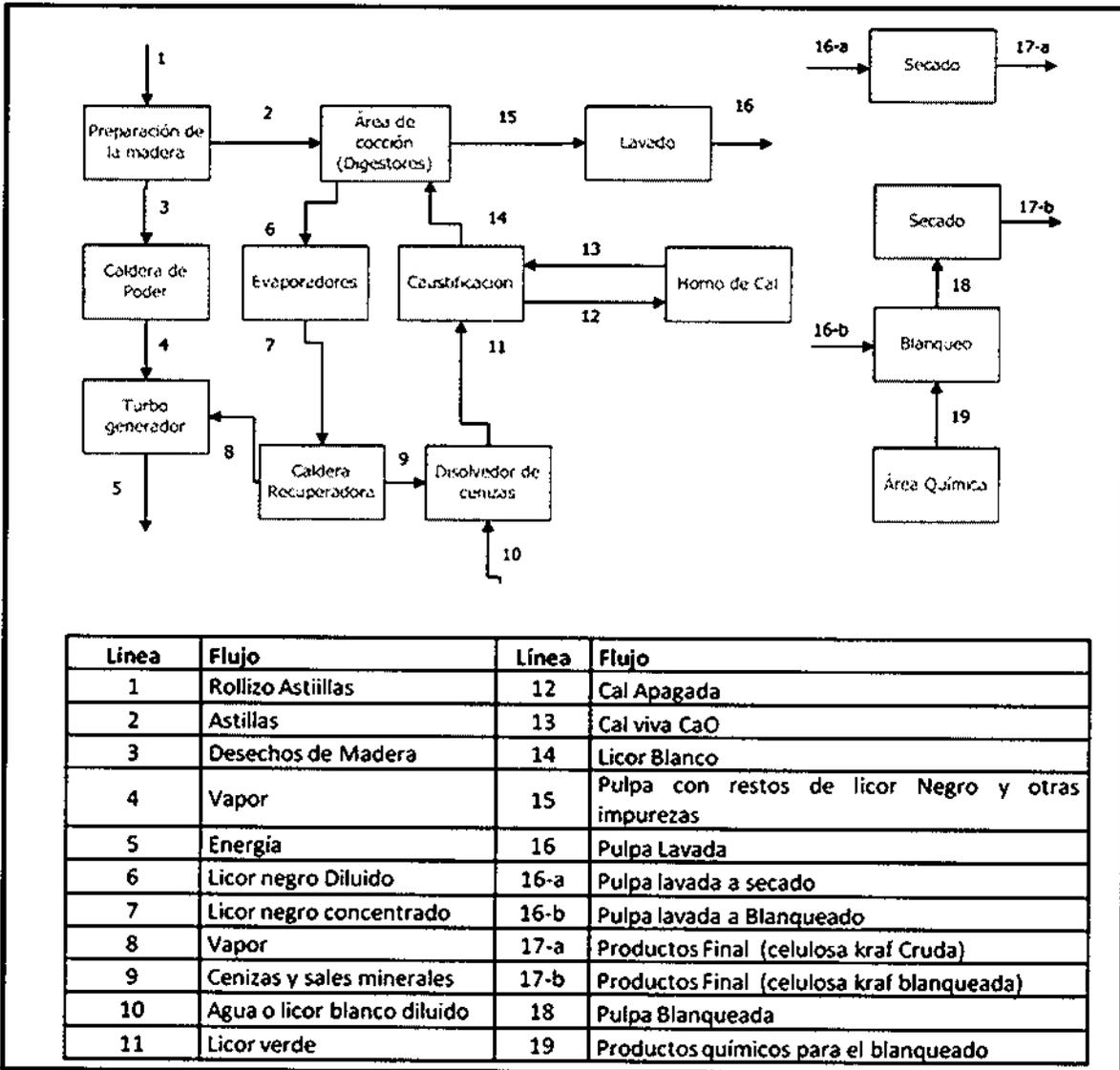
**Caustificación:** Proceso en el que al licor Verde se adiciona cal viva ( $\text{CaO}$ ) y por medio de varias reacciones químicas y filtros, se producen dos compuestos químicos: Licor Blanco ( $\text{Na}_2\text{S} + \text{NaOH}$ ) que es almacenado en estanques para ser reutilizado en la fase de cocción y cal apagada o caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) en forma de lodos.

**Horno de cal:** En este proceso la cal apagada (lodos) es quemada, para producir nuevamente la cal viva ( $\text{CaO}$ ) requerida en el proceso de caustificación.

**Lavado:** Se lava la pulpa mediante agua a alta temperatura.

**Blanqueo:** Diferentes productos químicos, como el dióxido de cloro, el oxígeno y el peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ -agua oxigenada) son agregados en forma secuencial a la pasta de celulosa para blanquearla eliminando la lignina.

**Secado:** Se seca la celulosa para luego pasar a un proceso embalado y entrega del producto final.



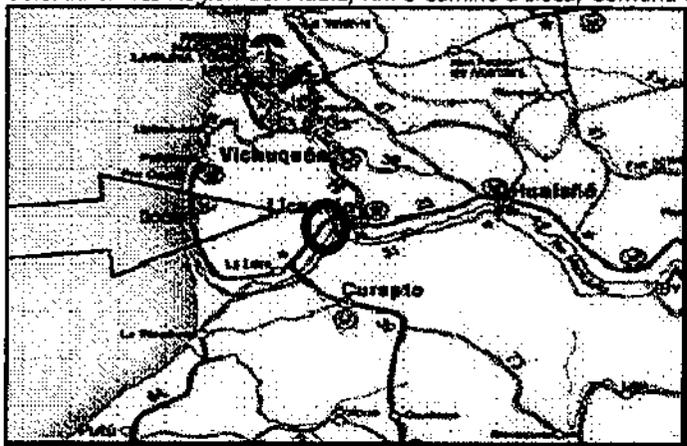
**Figura 3-1: Diagrama estándar del proceso de la celulosa Kraft, considerando proceso con blanqueado y sin blanqueado.**

Fuente: Elaboración propia, 2009.

En función de lo anterior se pueden identificar ciertas unidades que emiten TRS en una planta de celulosa que son el digestor (cuando procesa pino), Caldera de poder, Caldera recuperadora, horno de cal, y estanque disolvidor y otras fuentes fugitivas que están en el área de caustificación, evaporadores, área de lavado y estanques de acumulación de licor Negro, verde y Blanco.

### 3.2.1. Planta Celulosa Licancel

**Tabla 3-2: Caracterización Planta Licancel**

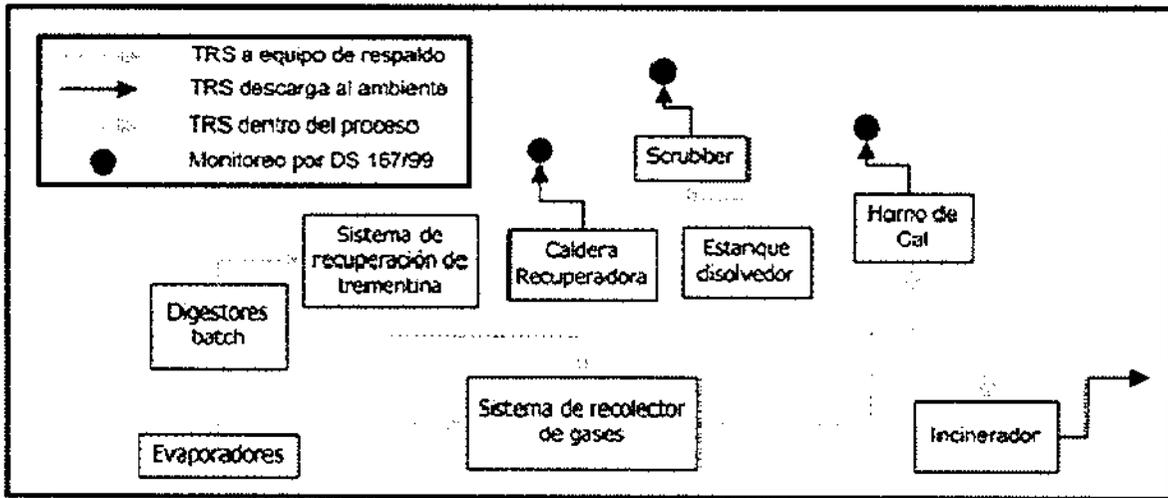
Nombre de Planta	Planta Celulosa Licancel, Grupo Arauco
Año que entra en operación	1994
Ubicación	Ubicada en VII Región del Maule, Km 3 camino a Iloca, Comuna de Licantén 
Localidades más cercanas	Licantén, Hualañé, Curepto y Vichuquén
Producto	Celulosa blanqueada de fibra larga y fibra corta.
Producción	145.000 ton/año
Proceso de blanqueo	ECF

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

**Tabla 3-3: Caracterización de las fuentes emisoras de TRS de planta Licancel**

Fuentes de emisión TRS, por decreto	Caldera Recuperadora	Horno de Cal	Estanque Disolvedor
Monitoreo	Sí	Sí	Sí
Tipo de monitoreo	Continuo	Continuo	Discreto
Método de monitoreo	Continuo	Continuo	EPA 16A
Validado método de monitoreo	Sí, Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental S.A.	Sí, Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental S.A.	Sí, Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental S.A.
Cumple DS N° 167/99 (Anual) art. 3°	Sí	Sí	Pendiente, cumplimiento 2009
Equipos de mitigación de (TRS)	Horno de Cal, incinerador de respaldo y scrubber en Estanque Disolvedor.		
Otras fuentes fijas (TRS)	No		
Fuentes fugitivas (TRS)	En los estanques del área de caustificación, digestores y evaporación y área de lavado y clasificación		

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

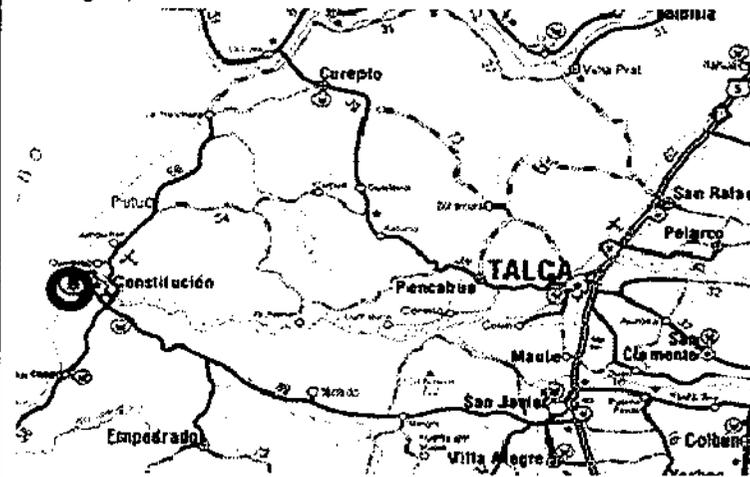


**Figura 3-2: Esquema de las emisiones de TRS en Planta Licancel**

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

### 3.2.2. Planta Celulosa Constitución

**Tabla 3-4: Caracterización Planta Constitución**

Nombre de Planta	Planta celulosa Constitución, Grupo Arauco
Año que entra en operación	1976
Ubicación	VII Región, constitución Av. Mac-Iver 505. 
Localidades más cercanas	Constitución, Talca y Empedrado.
Producto	Celulosa cruda de fibra larga.
Producción	350.000 ton/año
Proceso de blanqueo	No posee proceso de blanqueo

Fuente: Elaboración propia, 2009.



### 3.2.3. Planta Celulosa Arauco

**Tabla 3-6: Caracterización Planta Arauco**

Nombre de Planta	Planta celulosa Arauco, Grupo Arauco
Año que entra en operación	Línea 1, 1972 y Línea 2, 1991
Ubicación	VIII Región, Comuna de Arauco, Los Horcones s/n, Fundo la Playa 
Localidades más cercanas	Arauco, Carampangue, Laraquete y Lota
Producto	Celulosa blanqueada fibra larga y corta
Producción	787.696 ton/año
Tecnología	ECF

**Fuente:** Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

**Tabla 3-7: Caracterización de las fuentes emisoras de planta Arauco**

Fuentes de emisión TRS, por decreto (línea 1)	Caldera Recuperadora	Horno de Cal	Estanque Disolvedor
Monitoreo	Sí	Sí	Sí
Tipo de monitoreo.	Discreto mensual	Discreto mensual	Discreto anual
Método de monitoreo	EPA 16A	EPA 16A	EPA 16A
Validado método de monitoreo (Por algún laboratorio o que lo reconozca la norma)	Sí, Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental S.A.	Sí, Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental S.A.	Sí, Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental S.A.
Cumple DS N° 167/99 (Anual) art 3°	Sí	Sí	Sí
Equipos de mitigación	Scrubber para estanque disolvedor.		
Otras fuentes fijas	No		
Fuente fugitivas	En área de lavado, caustificación, estanques almacenamiento de licor negro.		
Fuentes de emisión TRS, por decreto (línea 2)	Caldera Recuperadora	Horno de Cal	Estanque Disolvedor
Monitoreo	Sí	Sí	Sí
Tipo de monitoreo.	Continuo	Continuo	Discreto anual
Método de monitoreo	Continuo	Continuo	EPA 16A
Validado método de monitoreo (Por algún laboratorio o que lo reconozca la norma)	Sí, validado por Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental	Sí, validado por Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental S.A.	Sí, validado por Laboratorio Airón, Ingeniería

	S.A.		y Control Ambiental S.A
Cumple DS Nº 167/99 (Anual) art. 3º	Si	Si	Si
Equipos de mitigación	Scrubber para estanque disolvedor		
Otras fuentes fijas	Incinerador de gases TRS.		
Fuente fugitivas	En área de lavado, caustificación, estanques almacenamiento de licor negro		

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

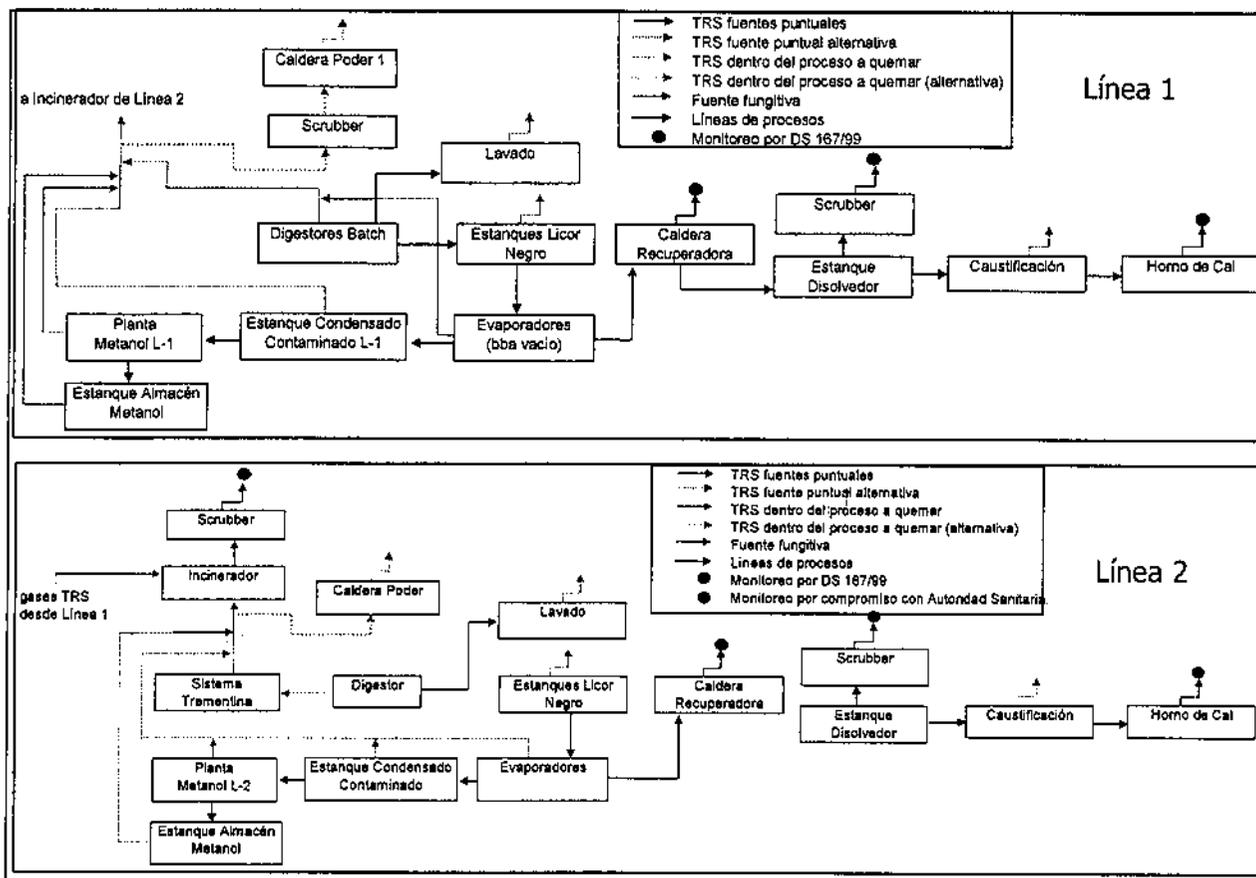


Figura 3-4: Esquema de las emisiones de TRS en Planta Arauco

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

### 3.2.4. Planta Celulosa Valdivia

**Tabla 3-8: Caracterización Planta Valdivia**

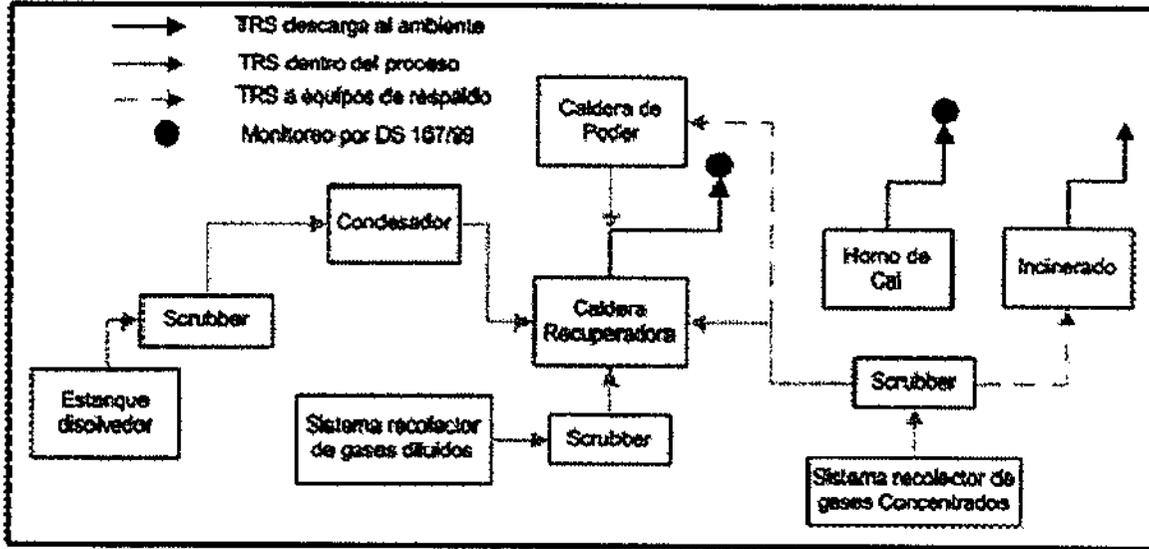
Nombre de Planta	Planta Valdivia, Grupo Arauco.
Año que entra en operación	2004
Ubicación	Ruta 5 sur, Km 788, sector Rucaco, San José de la Mariquina, Región de los Ríos (XIV Región). 
Localidades más cercanas	San José de la Mariquina, Lanco y Máfil
Producto	Celulosa Blanqueada de fibra larga y corta.
Producción	550.000 ton/año
Tecnología	ECF

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

**Tabla 3-9: Caracterización de las fuentes emisoras de Planta Valdivia.**

Fuentes de emisión TRS, por decreto	Caldera Recuperadora	Horno de Cal	Estanque Disolvedor
Monitoreo	Sí	Sí	N/A
Tipo de monitoreo.	Continuo	Continuo	N/A
Método de monitoreo	Continuo	Continuo	N/A
Validado método de monitoreo (Por algún laboratorio o que lo reconozca la norma)	Sí, Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental S.A	Sí, Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental S.A	N/A
Cumple DS N° 167/99 (Anual) art 3°	Sí	Sí	N/A
Equipos de mitigación	Los gases concentrados y diluidos (difusos) se queman normalmente en la caldera recuperadora y alternativamente en la caldera de poder y ante la falta de energía es posible quemarlos también en un incinerador.		
Otras fuentes fijas	No		
Fuente fugitivas	No		

Fuente: Informe estándar Sobre el estado de cumplimiento del D.S N° 167. Informe estándar sobre el estado de cumplimiento del DS N° 167. El método EPA 16 A es el utilizado por la empresa que valida los equipos de TRS que miden de forma continua en Planta Valdivia.

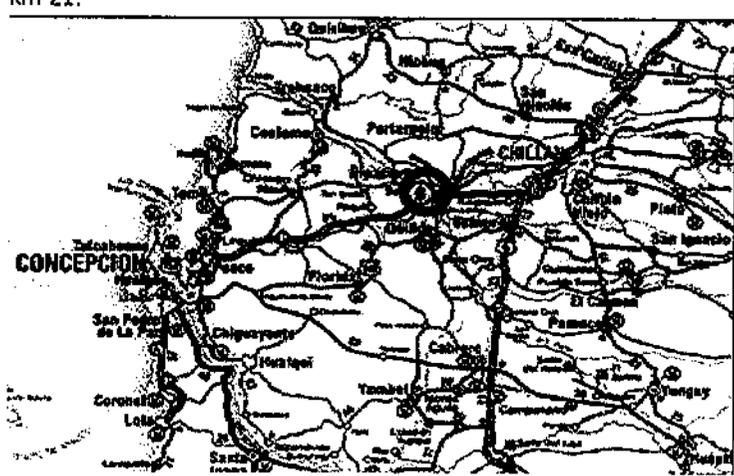


**Figura 3-5: Esquema de las emisiones de TRS en Planta Valdivia.**

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

### 3.2.5. Planta Celulosa Nueva Aldea

**Tabla 3-10: Caracterización planta Celulosa Nueva Aldea.**

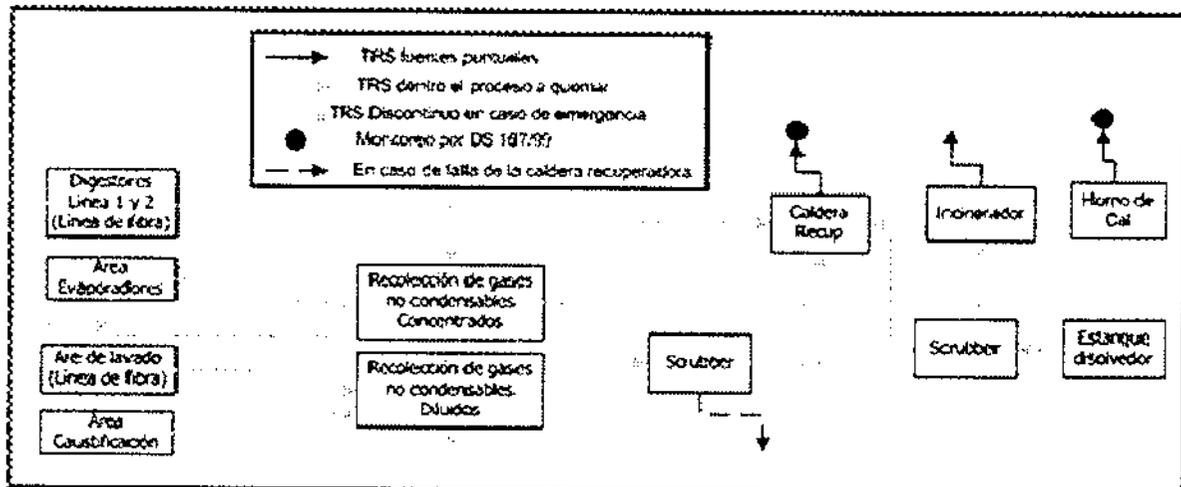
Nombre de Planta	Celulosa Arauco y Constitución S.A. Planta de Celulosa Nueva Aldea
Año que entra en operación	2006
Ubicación	VIII Región, sector Nueva Aldea, Comuna de Ránquil, Autopista Itata km 21. 
Localidades más cercanas	Chillán, Quillón, Nueva Aldea, Nipas
Producto	Celulosa blanqueada de fibra larga y corta.
Producción	1.027.000 ton/año
Proceso de blanqueado	ECF

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

**Tabla 3-11: Caracterización de las fuentes emisoras de Planta Nueva Aldea**

Fuentes de emisión TRS, por decreto	Caldera Recuperadora	Horno de Cal	Estanque Disolvedor (*)
Monitoreo	Sí	Sí	N/A
Tipo de monitoreo.	Continuo	Continuo	N/A
Método de monitoreo	Continuo	Continuo	N/A
Validado método de monitoreo	Sí, Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental S.A	Sí, Laboratorio Airón, Ingeniería y Control Ambiental S.A	N/A
Cumple DS N° 167/99 (Anual) art 3°	Sí	Sí	N/A
Equipos de mitigación	Caldera de recuperación de bajo olor e incinerador en caso de emergencias.		
Otras fuentes fijas	Horno de Cal		
Fuente fugitivas	No existen fuentes fugitivas ya que todos los gases son canalizados para su quemado.		

Fuente: Informe estándar Sobre el estado de cumplimiento del D.S N° 167.

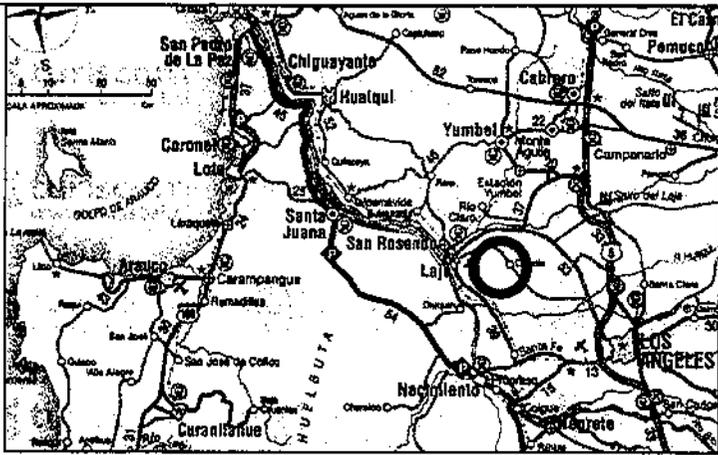

**Figura 3-6: Esquema de las emisiones de TRS en Planta Nueva Aldea**

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

### 3.2.6. Planta Celulosa Laja

**Tabla 3-12: Caracterización de las Fuentes emisoras de Planta Laja**

Nombre de Planta	CMPC Celulosa S.A., Planta Laja
Año que entra en operación	Línea 1, 1959 y línea 2, 1965
Ubicación	VIII región, Comuna de Laja, Balmaceda 30

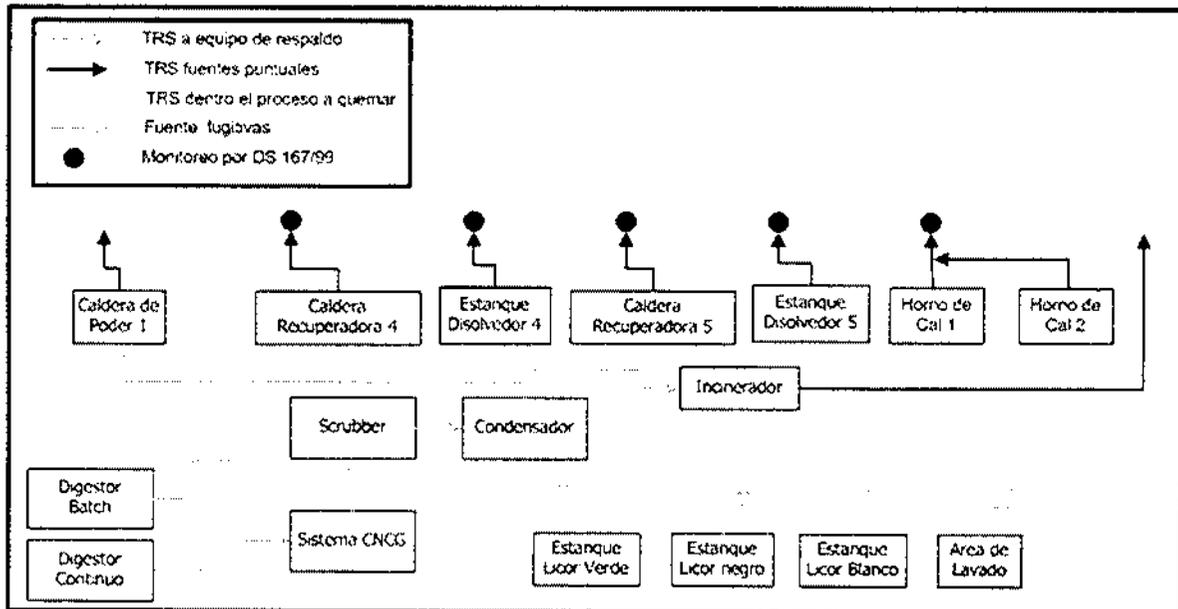
	
Localidades más cercanas	Laja, San Rosendo y Los Angeles
Producto	Celulosa fibra larga Blanqueada, no blanqueada y papeles.
Producción	360.000 ton/año
Tecnología	ECF

**Fuente:** Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

**Tabla 3-13: Caracterización de las fuentes emisoras de Planta Laja.**

Fuentes de emisión TRS, por decreto	Caldera Recup. 4	Caldera Recua 5	Horno de Cal N° 1 y 2	Estanque Disolvedor 4	Estanque Disolvedor 5
Monitoreo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Tipo de monitoreo.	Discreto	Continuo	Discreto	Discreto	Discreto
Método de monitoreo	Epa 16-A	Epa 16-B	Epa 16-A	Epa 16-A	Epa 16-A
Validado método de monitoreo (Por algún laboratorio o que lo reconozca la norma)	1. Equipo de Medición Discreta, según EPA 16-A (referencia de norma). 2. Empresa Proterm (*)	1. Luz UV pulsante, Método USEPA designado: EQSA-0486-060. 2. Lab. Serpram (*)	1. Equipo de Medición Discreta, según EPA 16-A (referencia de norma) 2. Empresa Proterm (*)	1. Equipo de Medición Discreta, según EPA 16-A (referencia de norma) 2. Empresa Proterm (*)	1. Equipo de Medición Discreta, según EPA 16-A (referencia de norma). 2. Empresa Proterm (*)
Cumple D.S N° 167/99 art 3°	Sí (**)	Sí	Sí	Sí	Sí
Equipos de mitigación	Sistema CNCG (2006) e incinerador (2006)				
Otras fuentes fijas	No				
Fuente fugitivas	Venteos de Estanques de filtrados en área de lavado y de Licor Negro, Blanco y Verde.				

**Fuente:** Informe estándar Sobre el estado de cumplimiento del D.S N° 167. (\*) Los Laboratorios Proterm y Serpram que validaron el CEM para asegurar el cumplimiento normativo son Laboratorios acreditados ante la Seremi de Salud. (\*\*): Equipo anterior a 1975. Norma establece gradualidad hasta el año 2012.

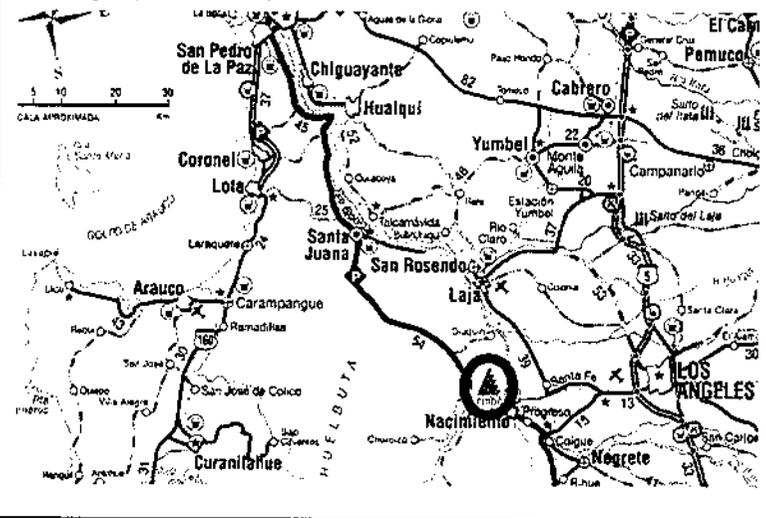


**Figura 3-7: Esquema de las emisiones de TRS en Planta Laja**

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

### 3.2.7. Planta Celulosa Santa Fe

**Tabla 3-14: Caracterización planta Celulosa Santa Fe.**

Nombre de Planta	Planta Santa Fe, propiedad de CMPC Celulosa S.A.
Año que entra en operación	Línea 1, 1991 y Línea 2, 2006
Ubicación	VIII Región, Nacimiento, AV. Julio Hemmelmann Nº 670 
Localidades más cercanas	Nacimiento y Los Ángeles
Producto	Celulosa Blanqueada de fibra corta en base a eucalipto.
Producción	Línea 1, 380.000 ton/año y línea 2, 780.000 ton/año.

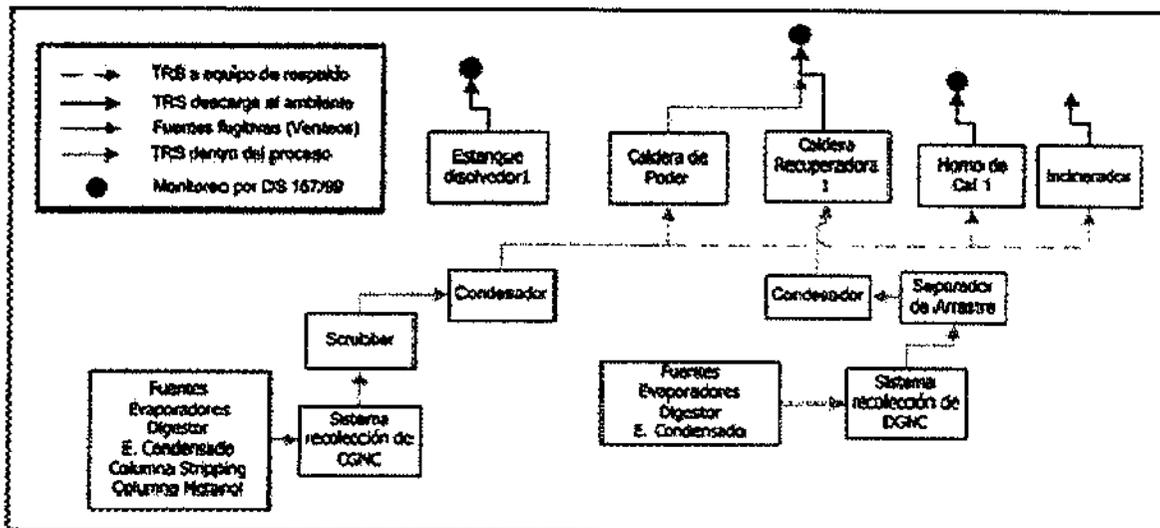
Tecnología	ECF
------------	-----

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

**Tabla 3-15: Caracterización de las fuentes emisoras de Planta Santa Fe 1.**

Fuentes de emisión TRS, por decreto (línea 1).	Caldera Recuperadora N°1	Horno de Cal	Estanque Disolvedor
Monitoreo	Sí	Sí	Sí
Tipo de monitoreo.	Continuo	Continuo	Discreto
Método de monitoreo	Luz UV pulsante, Método USEPA designado: EQSA-0486-060 CEMS	Luz UV pulsante, Método USEPA designado: EQSA-0486-060 CEMS	EPA 16 B
Validado método de monitoreo (Por algún laboratorio o que lo reconozca la norma)	Equipo de Medición Discreta, según EPA 16 B	Equipo de Medición Discreta, según EPA 16 B	Equipo de Medición Discreta, según EPA 16 A (método de referencia en el DS 167/99)
Cumple D.S N° 167/99 art 3°	Sí	Sí	Sí
Equipos de mitigación	Scrubber alcalinos en la salida del sistema recolector de gases e incinerador (común para las 2 líneas)		
Otras fuentes fijas	No hay		
Fuente fugitivas	Estanques área Caustificación L11		

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.



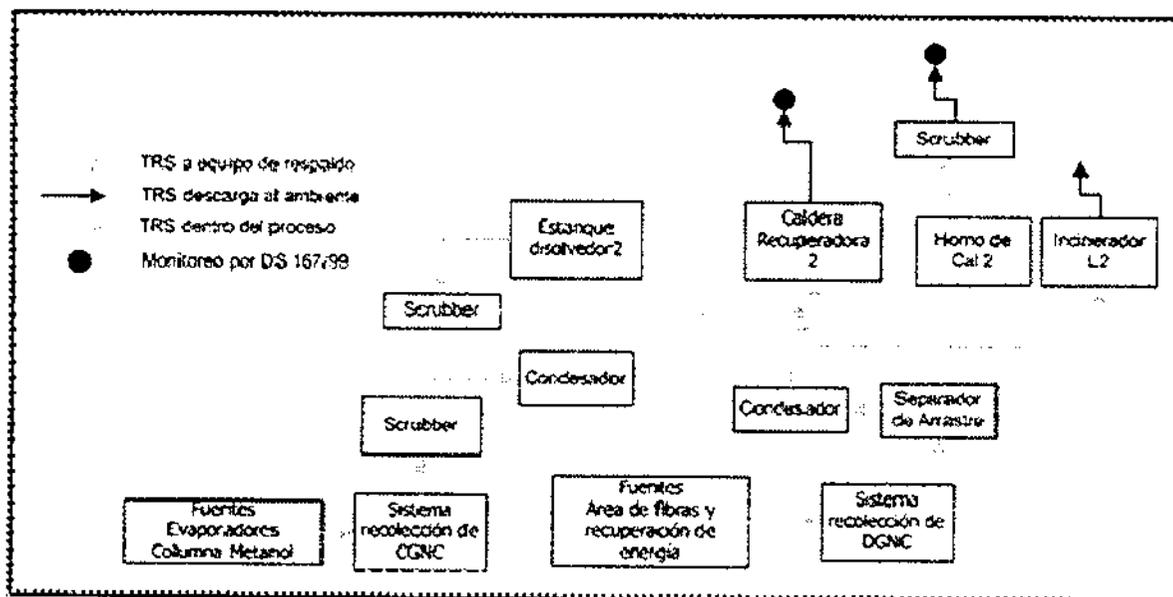
**Figura 3-8: Esquema de las emisiones de TRS en Planta Santa Fe 1.**

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

**Tabla 3-16: Caracterización de las fuentes emisoras de Planta Santa Fe 2**

Fuentes de emisión TRS, por decreto (línea 2).	Caldera Recuperadora N°2	Horno de Cal N° 2	Estanque Disolvedor
Monitoreo	Sí	Sí	No aplica
Tipo de monitoreo.	Continuo	Continuo	Np aplica
Método de monitoreo	Luz UV pulsante, Método USEPA designado: EQSA-0486-060 CEMS	Luz UV pulsante, Método USEPA designado: EQSA-0486-060 CEMS	No aplica
Validado método de monitoreo (Por algún laboratorio o que lo reconozca la norma)	EPA 1 6B, mencionado como método de referencia en el DS 167/99	EPA 16 B, mencionado como método de referencia en el DS 167/99	No aplica
Cumple D.S N° 167/99 art 3º	Si	Si	Si
Equipos de mitigación	Scrubber alcalinos, sistema recolector de gases e incinerador (común para las 2 líneas)		
Otras fuentes fijas	No hay		
Fuente fugitivas	Estanques área Caustificación L2		

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.



**Figura 3-9: Esquema de las emisiones de TRS en Planta Santa Fe 2**

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

### 3.2.8. Planta Celulosa Pacífico

**Tabla 3-17: Caracterización planta Celulosa Pacífico.**

Nombre de Planta	Planta Pacífico, CMPC
Año que entra en operación	1992
Ubicación	IX Región, Comuna de Collipulli, Localidad de Mininco, Av. Alessandri 001. 
Localidades más cercanas	Mininco, Angol, Mulchén, Renaico, Collipulli
Producto	Celulosa Blanqueada de Fibra Larga.
Producción	520.000 ton/año
Tecnología	ECF

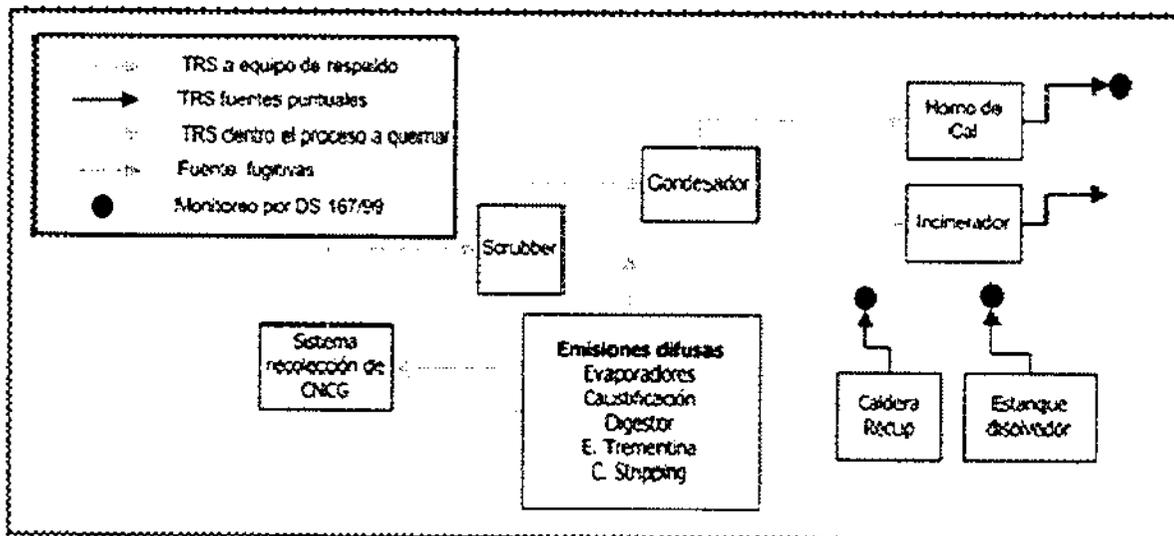
**Fuente:** Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

**Tabla 3-18: Caracterización de las fuentes emisoras de Planta Pacífico**

Fuentes de emisión TRS, por decreto	Caldera Recuperadora	Horno de Cal	Estanque Disolvedor
Monitoreo	Sí	Sí	Si
Tipo de monitoreo.	Continuo	Continuo	Discreto
Método de monitoreo	Luz UV pulsante, Método USEPA designado: EQSA-0486-060	Luz UV pulsante, Método USEPA designado: EQSA-0486-060	Método EPA 16 A
Validado método de monitoreo (Por algún laboratorio o que lo reconozca la norma)	Equipo de Medición Discreta, según EPA 16B, aprobado por Resolución N° 721 de 31 de agosto de 2004 del Servicio	Equipo de Medición Discreta, según EPA 16B, aprobado por Resolución N° 721 de 31 de agosto de 2004 del Servicio de Salud Araucanía	Aprobado por Resolución N° 721 de 31 de agosto de 2004 del Servicio de Salud Araucanía

	de Salud Araucanía		
Cumple D.S N° 167/99 art 3°	Sí	Sí	Sí
Equipos de mitigación	Quemado de CGNC en Horno de Cal, con Incinerador de respaldo.		
Otras fuentes fijas	No hay.		
Fuente fugitivas	Estanques y equipos de áreas de Pulpa, Evaporadores y Caustificación.		

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.



**Figura 3-10: Esquema de las emisiones de TRS en Planta Pacífico**

Fuente: Informe estándar de cumplimiento de DS 167/99 y información entregada por las plantas. Elaborada el 2009.

### 3.3. Relación del Estado de Cumplimiento con la Actual Normativa

En relación al cumplimiento de la norma existente se han construido tablas con un análisis detallado de los cumplimientos para cada una de las plantas de acuerdo a la información entregada.

**Tabla 3-19: Análisis Cumplimiento Cantidades Máximas Permitidas de Gases TRS**

Planta/artículo	Cumplimiento Art. N°3
Licancel	Cumple con la norma para todas las unidades normadas según información del SEREMI de salud VII región.
Constitución	Cumple con la norma para todas las unidades normadas según información del SEREMI de salud VII región.
Arauco	Cumple con la norma para todas las unidades normadas en línea 1 y línea 2. Línea 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>Caldera recuperadora no sobrepasa las 2 ppmv</li> <li>Horno de Cal los valores están cerca a 5 ppmv.</li> <li>Estanque disolvedor en el 2004, 2006 y 2007 cumplió con la norma con un valor máximo para el 2006 de 12 mg/kg ss. En el 2005 no se cumplió con la norma con 55 mg/kg ss.</li> </ul> Línea 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>Caldera recuperadora no sobrepasa las 1 ppmv</li> <li>Horno de Cal los valores están cerca a 15 ppmv para las 2 líneas.</li> <li>Estanque disolvedor en el 2004, 2006 y 2007 cumplió con la norma con un valor máximo</li> </ul>

	para el 2007 de 16,181 mg/kg ss. En el 2005 se excedió el valor límite con 25,1 mg/kg ss.
Valdivia	<p>Cumple con la norma para todas las unidades normadas para los años 2005,2006 y 2007. Para el caso del estanque disolvedor no es aplicable el decreto debido a que las emisiones son dirigidas a la caldera recuperadora.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor máximo de la caldera de recuperación en promedio anual fue 4,8 ppmv (2005) y el menor fue 0,5 ppmv (2007)</li> <li>• El Horno de cal no superó las 3 ppmv en el periodo evaluado 2005,2006 y 2007.</li> </ul>
Nueva Aldea	<p>Cumple con los límites máximos que se mencionan en la norma. No es aplicable al estanque disolvedor ya que los gases son enviados a la caldera recuperadora.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caldera recuperadora no sobrepasa las 0,85 ppmv (percentil 98) en el periodo 2006,2007 y 2008 (primer trimestre). Valor mínimo fue de 0,37 ppmv en el 2008 (percentil 98).</li> <li>• Horno de Cal los valores no sobrepasan 9 ppmv en el periodo 2006,2007 y 2008 (primer trimestre).</li> </ul>
Laja	<p>Según las mediciones realizadas, la Caldera recuperadora N°4 sobrepasa los valores límites de la norma. Los demás equipos cumplen con la norma,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caldera recuperadora N°4: sobrepasa los valores límites de la norma. En ningún periodo evaluado, desde el 2004, con valores superiores 200 ppmv, siendo que la norma es 5 ppmv (8% de O<sub>2</sub>)</li> <li>• Caldera recuperadora N°5 (línea 2): cumple con la norma desde el 2005 con un valor máximo de 1,52 ppmv durante el periodo evaluado.</li> <li>• Estanque disolvedor N°4 (línea 1): el 2004 no cumplió con la norma con un valor de 26,3 mg/kg ss (Percentil 95). Desde el 2005 cumple con la norma con un valor máximo de 8,6 mg/kg ss (Percentil 95) el 2007</li> <li>• Estanque disolvedor N°5 (línea 2): del periodo evaluado el 2004 y 2005 no cumplió con la norma con valores superiores a 19 mg/kg ss (Percentil 95). Durante el 2006 y 2007 el valor máximo fue de 6,8 mg/kg ss (Percentil 95) con lo que se cumple la norma.</li> <li>• Horno de Cal línea 1 y 2: cumple con la norma con un valor máximo de 17,9 ppmv en el periodo 2004 a 2008. El valor mínimo 5,3 ppmv el 2008</li> </ul>
Santa Fe	<p>Se cumple con los valores máximos que se mencionan en decreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caldera de recuperación línea 1: : No supera las 0,8 ppmv en el periodo monitoreado 2004-2008</li> <li>• Caldera de recuperación línea 2: No supera las 4 ppmv en el periodo monitoreado 2007-2008</li> <li>• Horno de cal línea 1 : : No supera las 14,35 ppmv (percentil 98) en el periodo monitoreado 2004-2008</li> <li>• Horno de cal línea 2: No supera las 6,5 ppmv en el periodo monitoreado 2007-2008</li> <li>• Estanque disolvedor línea 1: con un promedio de 10 mg/kg ss no supera la norma.</li> </ul>
Pacífico	<p>Se cumple con los valores máximos que se mencionan en decreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caldera recuperadora: cumple con la norma en el periodo evaluado 2004-2007 con un valor máximo de 1,9 ppmv (percentil 98)</li> <li>• Horno de cal: cumple con la norma en el periodo evaluado 2004-2007 con un valor máximo de 15,3 ppmv (percentil 98)</li> <li>• Estanque disolvedor: Cumple con la norma, sin embargo se encuentra en el límite de la norma con un valor de 16,7 mg/kg ss el 2007 y valores siempre superiores a 11 mg/kg ss durante el periodo monitoreado.</li> </ul>

Fuente: Informe estándar (ver anexo 21.11). Resumen elaborado el 2009.

Respecto al cumplimiento de las metodologías y sistemas de medición se ha construido la Tabla 3-20 y Tabla 3-21 que se muestran a continuación.

**Tabla 3-20: Análisis Cumplimiento Metodologías de Medición**

Planta/artículo	Cumplimiento Art. N°4
Licancel	La metodología para el caso de medición discreta no ha sido homologada. Para el caso de medición continua el método fue homologado y es aceptado por la norma.
Constitución	La metodología para el caso de medición discreta no ha sido homologada. Para el caso de medición continua el método fue homologado y es aceptado por la norma.
Arauco	Ocupa la metodología que se menciona en la norma, EPA 16A, para medición discreta y continua.
Valdivia	Para la medición discreta se cumple con la metodología que se menciona en el D.S N° 167, sin embargo para la medición continua no se menciona el método en los informes estándar de cumplimiento del D.S 167/99

Nueva Aldea	No se menciona el método de medición en los informes estándar
Laja	Ocupa la metodología que se menciona en la norma, EPA 16A, para medición discreta, sin embargo, para medición continua ocupa el método EPA 16B, el cual no se menciona en la norma, pero ha entregado buenos resultados.
Santa Fe	Para medición discreta se está ocupando el método EPA 16B, el cual no se menciona en la norma como método de referencia (EPA 16A).
Pacífico	Ocupa la metodología que se menciona en la norma, EPA 16A, para medición discreta, sin embargo, para medición continua no se menciona el método en los informes estándar de cumplimiento del D.S 167/99

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

**Tabla 3-21: Análisis de Cumplimiento Sistemas de Medición.**

Planta/artículo	Cumplimiento Art. N°7
Licancel	No se menciona en los informes estándar de cumplimiento del D.S 167/99
Constitución	No se menciona en los informes estándar de cumplimiento del D.S 167/99
Arauco	El horno de cal de la línea 1 se realiza monitoreo discreto, siendo que en la norma aparece que debe ser continuo. Para los demás equipos no existe problema.
Valdivia	Cumple con el decreto.
Nueva Aldea	Cumple con el decreto.
Laja	Se realiza monitoreo discreto, en los hornos de cal y en la caldera recuperadora N°4, cuando tiene que ser continuo, sin embargo, existe un plazo de 144 meses desde la aplicación de la norma para implementar este tipo de medición.
Santa Fe	Cumple con el decreto. En línea 2 no es necesario medir las emisiones del estanque disolvedor ya que los gases son dirigidos a la caldera recuperadora N° 2.
Pacífico	Cumple con el decreto.

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

Respecto de los sistema de recolección y tratamiento de gases el análisis de cumplimiento se puede ver en la Tabla 3-22.

**Tabla 3-22: Sistema de recolección y tratamiento de gases**

Planta/artículo	Cumplimiento Art. N°8
Licancel	No se menciona en los informes estándar de cumplimiento del D.S 167/99
Constitución	No se menciona en los informes estándar de cumplimiento del D.S 167/99
Arauco	Cumple con el decreto.
Valdivia	Cumple con el decreto.
Nueva Aldea	Cumple con el decreto.
Laja	Cumple con decreto.
Santa Fe	Cumple con el decreto.
Pacífico	Cumple con el decreto.

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

En relación a los Venteos directos asociados al artículo 10° del reglamento, el análisis del cumplimiento normativo se muestra en la Tabla 3-23.

**Tabla 3-23: Venteos Directos de gases TRS al Ambiente**

Planta/artículo	Cumplimiento Art. N°10
Licancel	No se menciona en los informes estándar de cumplimiento del D.S 167/99
Constitución	No se menciona en los informes estándar de cumplimiento del D.S 167/99
Arauco	Cumple con el decreto.
Valdivia	Cumple con el decreto.
Nueva Aldea	No especifican los informes estándar.
Laja	Cumple los criterios del D.S N° 167 en relación a la frecuencias de los venteos.
Santa Fe	Cumple con el decreto.

Pacífico	Cumple con el decreto.
----------	------------------------

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

#### 4. CARACTERÍSTICA DE LOS GASES TRS

Los TRS en la industria de la celulosa se refiere a cuatro componentes de azufre de bajo peso molecular: el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), metil mercaptano ( $CH_3SH$ ), dimetil sulfuro ( $CH_3SCH_3$ ) y disulfuro de dimetilo ( $CH_3SSCH_3$ ). Cada uno de los cuatro componentes contiene un átomo de azufre (con excepción de disulfuro de dimetilo) y en función de sus concentraciones pueden ser tóxicos y/o perjudiciales para los seres vivos.

En la industria de la celulosa estos componentes se generan en distintas unidades de procesos (EPA, "Kraf Pulping, Control of TRS Emissions from Existing Mills", 1978) las cuales se muestran en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1: Generación de TRS por en distintas unidades de procesos**

Compuesto	Principales fuentes De emisiones
Sulfuro de hidrógeno	Caldera recuperadora y horno de cal y unidades en general donde se procese el licor negro.
Metil mercaptano, MM	En bajas concentraciones en el licor negro por lo tanto se emitirá en cualquier etapa donde se procese el licor negro. La principal emisión es de la etapa de cocción.
Dimetil sulfuro, DMS	Se genera principalmente en la etapa de cocción y lavado de la pulpa. Se genera por la reacción de la lignina con el metil mercaptano.
Disulfuro de dimetilo, DMDS	Se genera en la etapa de recuperación y en la etapa de oxidación del licor negro. Se forma por la oxidación del metil mercaptano.

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

Uno de los aspectos críticos para la elección de un proceso de reducción reside en las propiedades físicas y químicas de los productos químicos TRS (Tabla 4-2). La primera observación se refiere al punto de ebullición de los cuatro productos químicos olorosos. Es fácil observar que, a excepción de DMDS, todos los gases TRS tienen un bajo punto de ebullición, que es responsable de la elevada volatilidad y que a su vez, hace que los TRS sean muy difíciles de controlar.

Otro aspecto que vale la pena examinar es la solubilidad en medios acuosos de los TRS. Los cuatro compuestos son ligeramente solubles o incluso insolubles (DMDS) en agua y además el sulfuro de hidrógeno y MM presentan una solubilidad dependiente fuertemente del pH. Estas observaciones pueden explicar porque uno de los métodos de abatimiento más usado es el Scrubber básico (lavado con solución alcalina/amina).

**Tabla 4-2: Propiedades de los TRS**

Propiedades/compuesto	Sulfuro de Hidrógeno	Metil Mercaptano	Dimetil sulfuro	Disulfuro de Dimetilo
Formula	H <sub>2</sub> S	CH <sub>3</sub> SH	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>
sigla		MM	DMS	DMDS
Peso molecular [g/mol]	34,1	48,1	62,1	94,2
Punto de ebullición °C	-60	6	38	109
Presión de vapor [atm]	17 a 21 °C	2 a 20 °C	0,5 a 20 °C	0,04 a 25 °C
solubilidad en H <sub>2</sub> O	2,6 % a 25°C	2,4 % a 25°C	ligeramente soluble	insoluble
solubilidad en solventes	Solución alcalina	hidrocarburos, alcoholes, éter	Etanol, éter	Etanol, éter
dependencia pH	Si	Si	no	no

Fuente: Memoria de título, Universidad de Laval Canadá, Catalin Florin Petre, 2007

Evidentemente, la información más importante se refiere al umbral de olor y la peligrosidad de los cuatro contaminantes (Tabla 4-3). Los malos olores son característicos de los compuestos TRS, por lo que se muestran los valores umbrales de estos compuestos en la Tabla 4-3, donde se observa que los valores son bajos o extremadamente bajos (H<sub>2</sub>S, MM). Por lo tanto, las medidas de reducción de los procesos tienen que ser muy eficiente y capaces de eliminar o convertir los TRS, incluso si son pequeñas cantidades de contaminantes. Por otro lado, la manipulación de este tipo de productos químicos debe ser llevada a cabo cuidadosamente, ya que éstos son sensibles a la acción de los oxidantes fuertes, bases fuertes, algunos metales, y pueden formar mezclas explosivas con el aire, etc. Por último, los datos sobre la toxicidad en la piel y la toxicidad a la inhalación muestran que el sulfuro de hidrógeno, DMDS y MM son muy tóxicos y pueden llegar a ser letales si se inhala en cantidades importantes.

**Tabla 4-3: Umbral de olor y peligrosidad de los TRS**

Parámetro/compuesto	H <sub>2</sub> S	CH <sub>3</sub> SH	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>
Umbral de olor	0,5-5 ppb	0,3-3.0 ppb	1-15 ppb	1.20 ppb
Olor característico	A huevo podrido	A Ajo	sulfuro de vegetales	sulfuro de vegetales
Condiciones de peligrosidad	Altamente inflamable, corrosivo y explosivo al mezclarse con aire	Altamente inflamable y forma mezcla explosiva al mezclarse con aire húmedo y otras sustancias	extremadamente inflamable y forma mezcla explosiva al mezclarse con aire húmedo	inflamable
auto-ignición	260 °C	No	206 °C	300 °C
Límite de explosión	4 a 46 % en volumen	3,9 a 21,8 % en volumen	2,2 a 19,7 % en volumen	1,1 a 16 % en volumen

Toxicidad al inhalar	Altamente tóxico (Puede ser fatal)	Muy tóxico (Puede ser fatal)	Dañino	Altamente tóxico (Puede ser fatal)
Toxicidad al contacto con la piel	Causa Quemaduras	Irrita	Irrita	Irrita

Fuente: Memoria de título, Universidad de Laval Canadá, Catalin Florin Petre, 2007.

## 5. TECNOLOGÍAS DE ABATIMIENTO PARA EMISIONES TRS

Para realizar un análisis relacionadas a las tecnologías de abatimiento se recopilaron los siguientes documentos:

**Tabla 5-1: Información recopilada para analizar tecnologías de abatimiento**

Nº	Título	Tipo de Artículo	Descripción	Año	Nombre archivo
1	Alkaline oxidation of hydrosulfide and methyl mercaptide by iron/cerium oxide-hydroxide in presence of dissolved oxygen. Possible application for removal of Total Reduced Sulfur (TRS) emissions in the Pulp & Paper industry	Memoria de título universidad de Laval Canadá, Catalin Florin Petre, 20	Menciona tecnologías de abatimiento	2007	<a href="http://archimedede.bibl.ulaval.ca/archimedede/files/cfc24dd3-e80c-4635-941d-bc4f27eef369/ch01.html">http://archimedede.bibl.ulaval.ca/archimedede/files/cfc24dd3-e80c-4635-941d-bc4f27eef369/ch01.html</a>
2	Emission and odour control in Kraft pulp mills	Artículo de revista científica Journal of Cleaner Production 11) 797-801 and Bordado and Gomes.	Norma que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmosfera de TRS proveniente de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa	2003	Emission and odour control in Kraft pulp mills .pdf
3	Development of new environmental emission limit guidelines for any new bleached eucalypt kraft pulp mill in Tasmania.	Estudio de los límites de emisión de TRS en plantas de celulosa en Tasmania	Entrega información de la mejor tecnología disponible y sistemas de abatimiento de gases TRS.	2004	TRS tecnología de abatimiento. pdf

Fuente: Elaboración Propia, 2009. (ver anexo 21.8)

Las tecnologías de abatimiento disponibles que se utilizan o han sido utilizadas para las emisiones de TRS en la industria de la celulosa y papel se muestran a continuación:

**Tabla 5-2: Tecnologías de abatimiento disponibles para mitigar emisiones de TRS**

Método de abatimiento	Ventajas	Desventajas
Incineración	-Adecuado para TRS en corrientes de gases a altas concentraciones	-Alto consumo de energía. -Inapropiado para corrientes gaseosas de baja concentración. -Se generan SOx.
Scrubber húmedo (amina/alcalino)	-Adecuado para H <sub>2</sub> S y CH <sub>3</sub> SH en corrientes gaseosas concentradas y diluidas	-Inapropiado para CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub> y CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub> .
Oxidación húmeda con (ClO-/ClO <sub>2</sub> )	-Eficaz para la conversión de TRS. -Oxidante disponible en las plantas de celulosa	-No oxida específicamente implica mayor costo. -Alta razón oxidante/TRS - Subproductos halogenados
Oxidación húmeda en el licor negro	-Buena conversión de H <sub>2</sub> S y CH <sub>3</sub> SH	-Proceso a alta temperatura -Inapropiado para CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub> y CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub>
Biofiltración	-Bajo costo -Adecuado para H <sub>2</sub> S y CH <sub>3</sub> SH	-Inapropiado para CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub> y CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub> . - Se usa para baja producción - Genera alta pérdida de carga.
Inyección de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> en el Horno de Cal	-Proceso simple y fácil de aplicar	-Alto costo de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> - genera una reducción parcial de TRS
Adsorción con carbón activado	Adecuado para flujos bajos y concentraciones de TRS diluida.	-Baja regeneración del carbón activado- -incompatible con las emisiones Kraft.

Fuente: Catalin Florin Petre, 2007, Universidad de Laval, Canadá (ver anexo 21.9)

Como se observa de la Tabla 5-2 existen varias alternativas, sin embargo, las más utilizadas a nivel mundial en las plantas de celulosa Kraft son la incineración o proceso de combustión y el Scrubber húmedo. A continuación se muestran las medidas de mitigación por unidad emisora en las plantas de celulosa Kraft y la eficiencia de estas medidas y sus costos.

**Tabla 5-3: Tecnología de abatimiento más utilizada por unidad emisora en las plantas.**

Emisiones por Unidad	Medida de mitigación
Gases del Digestor	Incineración
Venteos del lavado	Condensación y su incineración
Gases de evaporadores	Incineración, condensación, torre lavadora de gases (scrubber)
Venteos de stripper de condensación	Incineración
Venteo de la torre de oxidación del licor negro	Incineración
Caldera de recuperación	Torre lavadora de gases (scrubber)