



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Minuta Técnica: Regulación de emisiones de plantas de celulosa

Versión 01. 14062016.

Elaborada por:

- Ivonne Moreno A.
- Priscilla Ulloa
- Carmen Gloria Contreras

Contenidos:

1. Descripción del proceso
2. Emisiones al aire de las plantas de celulosa
3. Definiciones usadas en la regulación de plantas de celulosa
4. Normativa Internacional
 - 4.1 Banco Mundial
 - 4.2 Comunidad Europea
 - 4.3 Suiza
 - 4.4 Estados Unidos
 - 4.5 México
5. Fuentes existentes a nivel nacional
 - 5.1 CMPC Celulosa S.A
 - 5.2 Celulosa Arauco y Constitución

ANEXO

1. Instalaciones de combustión medianas (Comunidad Europea)
2. Instalación de combustión mayor a 50 MW (Comunidad Europea)

000238 VTA



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Minuta Técnica: Regulación de emisiones de plantas de celulosa
Elaboración de la Norma de emisión para Calderas y Procesos

Objetivo: Describir los tipos proceso de la celulosa y las respectivas emisiones de contaminantes, mostrar una recopilación de definiciones junto a un resumen de la normativa internacional y finalmente presentar las empresas existentes a nivel nacional y fuentes identificadas en cada una.

1. Descripción del proceso¹

Las principales fases en la fabricación de pasta y papel son: (a) la preparación de las materias primas (por ejemplo, el descortezado y troceado de la madera), (b) la fabricación de pasta, (c) el blanqueo de pasta y (d) la fabricación de papel. Las fábricas de pasta y de papel pueden ser independientes o funcionar de forma integrada.

La principal fuente de fibras de celulosa para elaborar productos de papel es la madera, aunque en aquellas zonas con un acceso limitado a recursos forestales, también se utilizan otras fuentes de fibra como la paja, el bagazo, y el bambú. Para que los procesos sean eficientes y la pasta sea de calidad, es necesario que el tamaño de las astillas sea homogéneo (generalmente, de 20 mm de longitud y 4 mm de grosor).

Los componentes más importantes de la materia prima vegetal son las fibras de celulosa, las hemicelulosas y la lignina, un aglutinante natural que mantiene unidas las fibras de celulosa en la madera o en los tallos de las plantas. En el proceso de fabricación de pasta, las materias primas que contienen celulosa (es decir, las materias primas vegetales o el papel reciclado) se disuelven para liberar sus fibras individuales, conocidas como pasta. Los procesos de fabricación de pasta se dividen en términos generales en dos tipos: químicos y mecánicos. Cada tipo de proceso da lugar a una pasta de características específicas y adecuada para diferentes usos finales.

La fabricación de pasta química utiliza principalmente reactivos químicos y energía calorífica para ablandar y disolver la lignina de las astillas de madera, aplicando a continuación un proceso de refinador mecánico para separar las fibras. Existen tres diferentes procesos:

- (1) El proceso de la pasta kraft², se ha convertido en el método dominante de fabricación de pasta química por la mayor resistencia de las fibras, su aplicabilidad a todos los tipos de madera y la posibilidad de recuperar eficientemente las sustancias químicas empleadas. Las sustancias químicas se recuperan a través de lo que se conoce como el ciclo del licor. El licor negro suele concentrarse mediante la evaporación del agua y quemarse posteriormente en un equipo de recuperación, que destruye los componentes orgánicos y genera calor que a su vez se emplea para generar vapor para otras actividades de la planta. En el fondo de la caldera de recuperación se forma una mezcla de sal fundida que consiste principalmente en carbonato sódico (Na_2CO_3) y sulfuro sódico. Este material se disuelve en una solución acuosa, formando licor verde. En el caustificador se añade cal (CaO) al licor verde, lo que vuelve a convertir el carbonato de sodio en hidróxido de sodio y forma licor blanco que es empleado de nuevo en los digestores. El lodo calizo, compuesto principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), también se

¹ IFC Grupo del Banco Mundial, Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad, Fábricas de Pasta y Papel, 2007, <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/b44dae804885a5585ccd76a6515bb18/General%2BEHS%2B-%2Bspanish%2B-%2BFinal%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES>

² En el proceso de la pasta kraft, las astillas de madera se combinan en un digestor con licor blanco, una solución acuosa compuesta principalmente de sulfuro de sodio (Na_2S) e hidróxido de sodio (NaOH) que descompone la lignina y, en menor medida, las hemicelulosas bajo una elevada temperatura y una elevada presión, liberando las fibras de celulosa (pasta). Tras la digestión, el licor negro resultante, que contiene sustancias orgánicas disueltas, se separa de la pasta, obteniéndose así la llamada pasta cruda. La pasta cruda se trata con oxígeno en presencia de hidróxido de sodio para eliminar parte de la lignina residual en un proceso que se conoce como deslignificación con oxígeno. Posteriormente, la pasta cruda se blanquea para lograr el grado de brillo, resistencia y pureza deseado del producto de pasta final.



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

genera en el caustificador. El lodo calizo se convierte de nuevo en cal mediante su calentamiento en el horno de cal.

- (2) En el Proceso de la pasta al sulfito³, la pasta al sulfito es más fácil de blanquear que la pasta kraft, el proceso produce menos gases malolientes y tiene un rendimiento material superior que el proceso de la pasta kraft. Sin embargo, debido a la mayor debilidad de las fibras y a la deficiente tecnología de recuperación, el proceso no es competitivo. Además, tiene restricciones de uso a ciertas especies de madera (por ejemplo madera de pino)
- (3) El proceso de fabricación de pasta semimecánico⁴ produce pasta de gran rigidez que se emplea frecuentemente para la fabricación de cartón corrugado. El proceso más común es la fabricación de pasta semiquímica al sulfito neutra (NSSC), otros son la cocción alcalina con licor de hidróxido de sodio (cocción con soda) o con licor de sulfato modificado. Dado que la eficiencia del proceso de recuperación es inferior, las aguas residuales no tratadas de las fábricas semiquímicas tienden a estar más concentradas que las de las plantas de fabricación kraft.

El proceso de fabricación de pasta mecánico requiere a menudo algún tipo de tratamiento previo de la madera con calor por vapor y/o una solución química débil, pero emplea fundamentalmente equipos mecánicos para reducir la madera a materiales fibrosos mediante el refino o el desfibrado abrasivo.

Entre los procesos de fabricación de pasta mecánicos se encuentran el termomecánico (TMP), el químico termomecánico (CTMP), entre otras variantes. Los procesos TMP y CTMP implican la conversión de las astillas de madera en pasta mediante refinados de discos mecánicos, normalmente tras tratar previamente las astillas con vapor y/o soluciones químicas débiles. El proceso mecánico original consiste en la trituración de leños de madera (troncos pequeños) en pasta en una amoladera. Exhibe un alto rendimiento, pero la desintegración mecánica exige grandes cantidades de energía eléctrica para los procesos de refino. Las fábricas de pasta mecánica suelen emplearse para producir papel de impresión y papel para escritura que requieren una elevada opacidad y una buena absorción de tinta, y para ciertos tipos de cartulina hechos con pastas de mayor volumen y más baratas. El proceso CTMP también puede emplearse para fabricar papel tisú y pastas de pelusa.

2. Emisiones al aire de las plantas de celulosa

El Banco mundial cuenta con directrices que establecen valores guías de emisión de contaminantes para fuentes en países en vías de desarrollo. El cumplimiento de dichas guías forma parte de los requisitos para obtener financiamiento. La guía sobre medio ambiente, salud y seguridad⁵ presenta que las principales emisiones a la atmósfera generadas durante la fabricación de pasta y papel son los gases de proceso, que varían en función del proceso de fabricación de pasta empleado y que pueden incluir compuestos de azufre (con sus olores asociados), material particulado, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, cloro, dióxido de carbono y metano. Otras fuentes habituales de emisiones incluyen los gases de escape de las plantas de incineración y de las unidades auxiliares de generación de vapor y electricidad que emiten material particulado, compuestos de azufre y óxidos de nitrógeno.

³ El proceso de la pasta al sulfito se basa en el uso de dióxido de azufre acuoso y una base (que afecta a las condiciones del proceso, a la recuperación química y de energía, al uso de agua y a las propiedades de la pasta). Se han utilizado como base el calcio, el sodio, el amonio y el magnesio (dominante).

⁴ En el proceso de la pasta semi-químico, las astillas de madera son parcialmente digeridas para ablandar la unión entre las fibras, y a continuación se tratan mecánicamente en un refinador, que utiliza la acción mecánica para separar las fibras.

⁵ <http://www.arauco.cl/default.asp>

000239 VTA



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Los procesos de la pasta suelen emitir compuestos de azufre muy malolientes conocidos como azufre reducido total (TRS), que incluyen sulfuro de hidrógeno, metil mercaptano, sulfuro de dimetilo y disulfuro de dimetilo. Estos se encuentran reguladas a través del Decreto 37⁶, del año 2013, del Ministerio del Medio Ambiente.

3. Definiciones usadas en la regulación de plantas de celulosa

- Caldera⁷: Cualquier dispositivo de combustión cerrado que extrae energía útil en forma de vapor y no es un incinerador.
 - Caldera de poder⁸: es la caldera que utiliza biomasa (Cortezas de rollizos, aserrines, astillas subdimensionadas y los chips finos descartados del proceso), donde son quemados para generar vapor, el cual se usa para producir energía eléctrica, en un equipo denominado turbogenerador. Luego, el vapor -a más baja presión y temperatura- es usado en la calefacción de diferentes procesos dentro de la Planta.
 - Horno de cal: Es el equipo utilizado en el área de recuperación de reactivos de una planta de celulosa, para convertir el subproducto denominado carbonato de calcio, en otro denominado óxido de calcio reusable en el proceso.
 - Horno de recuperación⁹: Es el equipo utilizado en el área de recuperación de reactivos de una planta de celulosa, para el quemado de componentes orgánicos de licor de desecho en la producción de celulosa y la recuperación de los componentes inorgánicos para recircularlos al proceso.
- Otras definiciones¹⁰:
- Caldera de recuperación: caldera de vapor y reactor químico del sistema de recuperación de Kraft y de sulfito; que quema licor negro a alta temperatura y genera vapor y posteriormente energía.
 - Caldera auxiliar: también denominada «adicional», «extra», «normalmente fuera de línea» o "unidad para apoyar una actividad". Se refiere a las instalaciones de combustión de <50 MW potencia térmica nominal incluyendo turbinas de gas de ciclo combinado, reactores de lecho fluidizado, bloques de vapor, instalaciones de combustión que utilicen los residuos pulpa y papel específicos o subproductos como combustibles (por ejemplo, cortezas, lodos, residuos de papel, rechaza), e instalaciones de combustión > 50 MW si son operados en condiciones de carga específicas del sector (por ejemplo, bloques de vapor, turbinas de gas de ciclo combinado).

⁶ Norma de emisión de compuestos TRS, generadores de olor, asociados a la fabricación de pulpa kraft o al sulfato, elaborada a partir de la revisión del decreto N° 167, de 1999, MINSEGPRES, que establece norma de emisión para olores molestos (compuestos sulfuro de hidrógeno y mercaptanos: gases TRS) asociados a la fabricación de pulpa Sulfatada

⁷ Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Documento Guía de Fabricación de pulpa, papel y cartón (40 CFR §430), mayo de 2000.

⁸ Elaborada a partir de las descripciones del proceso

⁹ 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. Fecha de publicación 02 de abril de 1998

http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/normas/cont_at/industria/index.html

¹⁰ Best Available Techniques (BAT), Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU, Integrated Pollution Prevention and control, 2015 (EUR 27235 EN)
http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/PP_revised_BREF_2015.pdf

4. Normativa internacional

A continuación se presentan el control de emisiones establecidas para la fabricación de celulosa considerando principalmente el proceso de la pasta kraft. Se resume las recomendaciones del IFC del Banco Mundial, la Comunidad Europea, Suiza, Estados Unidos a través de la EPA y México.

4.1 Banco Mundial¹¹

El Banco mundial cuenta con directrices que establecen valores guías de emisión de contaminantes para fuentes en países en vías de desarrollo. El cumplimiento de dichas guías forma parte de los requisitos para obtener financiamiento.

La guía sobre medio ambiente, salud y seguridad recomienda los límites de emisiones de partículas, SO₂ y NO_x para Fábricas de Pasta y Papel presentados en la **Tabla 1**.

Tabla 1: Límites de emisión establecidos por el Banco Mundial

Tipo de fabrica	Emisiones		
	TPS (Kg/ADt)	SO ₂ (Kg/ADt)	NO _x (Kg/ADt)
Kraf blanqueada	0,5	0,4	1,5 fibra corta 2,0 fibra larga
Kraf sin blanquear integrada	0,5	0,4	1,5 fibra corta 2,0 fibra larga
De sulfito integrada y no	0,15	1,0	2,0
Kg/ADt: kilogramos de contaminante por casa 1000 Kg de pasta seca al aire			

Caso en Chile: fibra corta corresponde a eucalipto y fibra larga corresponde a coníferas

4.2 Comunidad Europea

El Parlamento Europeo y del Consejo, establecen diversas Directivas que se deben cumplir en los 28 países miembros que conforman la Unión Europea¹². A fin de controlar las emisiones industriales, la Unión Europea (UE) ha desarrollado un marco general basado en permisos integrados. Esto significa que los permisos deben tener en cuenta todo el comportamiento medioambiental de una instalación para evitar que la contaminación se transfiera de un medio, como la atmósfera, el agua o el suelo, a otro. Debe darse prioridad a la prevención de la contaminación interviniendo en la fuente y asegurando una gestión y un uso prudentes de los recursos naturales.

Todas las instalaciones incluidas en las Directivas deben prevenir y reducir la contaminación aplicando las mejores técnicas disponibles (MTD), un uso eficiente de la energía, la prevención y la gestión de residuos, y medidas para evitar accidentes y limitar sus consecuencias. Dichas instalaciones solo podrán funcionar si disponen de un permiso y deberán cumplir las condiciones establecidas en este.

Las conclusiones sobre las MTD adoptadas por la Comisión sirven de referencia para el establecimiento de las condiciones de los permisos. Los valores límite de emisión deben establecerse en un nivel que garantice que las emisiones contaminantes no superarán los niveles asociados con el uso de las MTD. Sin embargo, podrán superarlos si se demuestra que, al hacerlo, los costes serían desproporcionados en comparación con las ventajas

¹¹ IFC Grupo del Banco Mundial, Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad, Fábricas de Pasta y Papel, 2007, <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/b44dae8048855a5585ccd76a6515bb18/General%2BEHS%2B-%2BSpanish%2B-%2BFinal%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES>

¹² Países que conforman la Unión Europea: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía y Suecia.



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

medioambientales. La Comunidad recomienda que las autoridades competentes deben llevar a cabo inspecciones regulares de las instalaciones.

En el caso de las instalaciones de combustión, se encuentran diferenciadas por tamaño de la instalación, considerando en una directiva la instalación mediana como aquella con una potencia térmica nominal superior o igual a 1 MW e inferior a 50 MW y en otra directiva para las instalaciones grandes de potencia mayor a 50 MW o las indicadas en la misma, en las cuales se indica fabricación en instalación industrial de pasta y papel a partir de madera o de otras materias fibrosas.

Así, las fuentes reguladas en el sector de las celulosas se encuentran diferenciadas de acuerdo a esta condición de tamaño. No obstante, en ambas directivas presentadas en Anexo, se excluye de exigencias a la caldera de recuperación en las instalaciones destinadas a la producción de pulpa, para las cuales la Comisión, examinó la necesidad de fijar los valores límites de emisión y estableció un documento basándose en las mejores técnicas disponibles. Este documento se describe a continuación.

Mejores técnicas disponibles (MTD) para pasta de papel y papel¹³

Estas conclusiones sobre las MTD corresponden a las actividades señaladas en los apartados 6.1.a) y 6.1.b) del anexo I a la Directiva 2010/75/UE, respecto a la producción integrada y no integrada en instalaciones industriales de: a) pasta de papel a partir de madera o de otras materias fibrosas; b) papel o cartón con una capacidad de producción superior a 20 toneladas diarias.

En particular, estas conclusiones se refieren a los procesos y actividades siguientes:

- i) fabricación de pasta química: a) fabricación de pasta kraft (al sulfato), b) fabricación de pasta al sulfito,
- ii) fabricación de pasta mecánica y quimicomecánica,
- iii) fabricación a partir de papel para reciclar con y sin destintado,
- iv) fabricación de papel y procesos conexos,
- v) todas las calderas de recuperación y hornos de cal utilizados en plantas de pasta y papel.

Estas conclusiones no se refieren a las siguientes actividades: i) producción de pasta a partir de materias primas fibrosas distintas de la madera (por ejemplo, pasta de plantas anuales), ii) motores de combustión interna estacionarios, iii) plantas de combustión para la generación de vapor y electricidad distintas de las calderas de recuperación, iv) secadores con quemadores internos para máquinas de fabricación de papel y estucadoras.

Las conclusiones sobre las MTD para la fabricación de pasta kraft, presentan técnicas para la reducción de las emisiones y niveles de emisión para una caldera de recuperación, donde indica:

- Partículas: MTD 23 consiste en usar un precipitador electrostático (ESP) o una combinación de ESP y lavador.
- SO₂ y TRS: MTD 21 presenta una combinación de las técnicas siguientes: (a) Aumento del contenido de materia seca (MS) del licor negro, (b) Optimización de la combustión, por ejemplo, mezclando correctamente el aire y el combustible, controlando la carga del hogar, etc. (c) Depurador húmedo.
- NO_x: MTD 22 propone utilizar un sistema de combustión optimizado con todas las características descritas a continuación. (a) Control distribuido de combustión, (b) Mezcla correcta de combustible y aire, (c) Sistemas de admisión de aire por etapas basados, por ejemplo, en el uso de varios registros y puertos de admisión de aire ((c) es aplicable a calderas de recuperación nuevas o sometidas a una reforma a gran escala, pues esta técnica exige cambios considerables en los sistemas de admisión de aire y en el horno).
- Los niveles de emisión establecidos se muestran en la **Tabla 3**.

¹³ Decisión de Ejecución de la Comisión de 26 de septiembre de 2014, por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) para la producción de pasta, papel y cartón, conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las emisiones industriales

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0687&from=EN>

Tabla 2: Niveles de emisiones de partículas, SO₂, TRS y NO_x de la caldera de recuperación asociadas a la MTD

Parámetro			Media diaria (mg/Nm ³)	Media anual (mg/Nm ³)	Media anual
Partículas	Sistema de reducción de partículas.	Unidad nueva o reforma a gran escala	—	10 — 25	0,02 — 0,20 kg partículas/ADt
		Existente	—	10 — 40(1)	0,02 — 0,3 kg partículas/ADt (1)
SO ₂ (2)(3)		MS < 75 %	10 — 70	5 — 50	—
		MS 75 — 83 %(4)	10 — 50	5 — 25	—
Azufre reducido total (TRS) (2)			1 — 10(5)	1 — 5	—
S gaseoso (TRS-S + SO ₂ -S) (2)		MS < 75 %	—	—	0,03 — 0,17 kg S/ADt
		MS 75 — 83 %(3)	—	—	0,03 — 0,13 (2) kg S/ADt
NO _x	Madera de coníferas (6)	MS < 75 %	—	120 — 200(2)	0,8 — 1,4 kg NO _x /ADt
		MS 75 — 83 %(8)	—		1,0 — 1,6 kg NO _x /ADt
	Madera de frondosas (6)	MS < 75 %	—	120 — 200(7)	0,8 — 1,4 kg NO _x /ADt
		MS 75 — 83 %(8)	—		1,0 — 1,7 kg NO _x /ADt

MS = contenido en materia seca del licor negro.

Media diaria o anual en mg/Nm³ al 6 % O₂.

- (1) En el caso de una caldera de recuperación existente equipada con un ESP cercano al final de su vida útil, las emisiones pueden aumentar con el tiempo hasta 50 mg/Nm³ (equivalentes a 0,4 kg/ADt).
- (2) Aumentar el contenido de MS del licor negro hace que disminuyan las emisiones de SO₂ y aumenten las de NO_x. Por ello, una caldera de recuperación con bajas emisiones de SO₂ puede alcanzar el límite superior del intervalo para el NO_x, y viceversa.
- (3) El NEA-MTD no cubre los periodos durante los que la caldera de recuperación se utiliza con un contenido de MS mucho más bajo del normal por parada o mantenimiento de la planta de concentración de licor negro.
- (4) Si una caldera de recuperación ha de quemar licor negro con un contenido en MS > 83 %, las emisiones de SO₂ y S gaseoso deben reconsiderarse caso por caso.
- (5) El intervalo es aplicable sin incineración de gases olorosos concentrados. MS = contenido en materia seca del licor negro.
- (6) Aumentar el contenido de MS del licor negro hace que disminuyan las emisiones de SO₂ y aumenten las de NO_x. Por ello, una caldera de recuperación con bajas emisiones de SO₂ puede alcanzar el límite superior del intervalo para el NO_x, y viceversa.
- (7) El nivel real de emisiones de NO_x de una caldera de recuperación depende del contenido en MS y en nitrógeno del licor negro y de la cantidad y la composición de GNC y otros flujos que contienen nitrógeno (por ejemplo, gases de purga del disolvedor, metanol separado del condensado, biolodos) que se incineran. Cuanto más alto sea el contenido de MS, el contenido de nitrógeno del licor negro y la cantidad de GNC y otros flujos con nitrógeno incinerados, tanto más se acercarán las emisiones al límite superior del intervalo de NEA-MTD.
- (8) Si una caldera de recuperación ha de quemar licor negro con un contenido en MS > 83 %, las emisiones de NO_x deben reconsiderarse caso por caso.

EA-000-000241 VTA



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Respecto a la reducción de las emisiones de un horno de cal, las conclusiones sobre las MTD para la fabricación de pasta kraft se presentan a continuación:

- Partículas: MTD 27 consiste en usar un precipitador electrostático (ESP) o una combinación de ESP y lavador.
- SO₂: MTD 24 consiste en aplicar una o varias de las técnicas siguientes: (a) Selección del combustible/combustible de bajo contenido en azufre, (b) Limitar la incineración en el horno de cal de gases olorosos concentrados que contienen azufre, (c) Control del contenido en Na₂S en la carga de lodos calizos, (d) Lavador alcalino
- TRS: MTD 25 consiste en aplicar una o varias de las técnicas siguientes: (a) Control del exceso de oxígeno, (b) Control del contenido en Na₂S en la carga de lodos calizos, (c) Combinación de ESP y lavador alcalino.
- NO_x: MTD 26 consiste en aplicar una combinación de las técnicas siguientes: (a) Combustión optimizada y control de la combustión, (b) Mezcla correcta de combustible y aire, (c) Quemador pobre en NO_x, (d) Selección del combustible/combustible con bajo contenido en N.

Los niveles de emisión establecidos se muestran en la **Tabla 3**

Tabla 3: Niveles de emisiones de partículas, SO₂, TRS y NO_x del horno de cal asociadas a las MTD

Parámetro		Media anual (mg /Nm ³)	Media anual	
Partículas	Sistema de reducción de partículas	Unidad nueva o reforma a gran escala	10 — 25	0,005 — 0,02 kg/ADt
		Existente	10 — 30(1)	0,005 — 0,03(1) kg/ADt
SO ₂ cuando en el horno de cal no se queman gases concentrados (2)		5 — 70	—	
SO ₂ cuando en el horno de cal se queman gases concentrados (2)		55 — 120	—	
S gaseoso (TRS-S + SO ₂ -S) cuando en el horno de cal no se queman gases concentrados (2)		—	0,005 — 0,07 kg S/ADt	
S gaseoso (TRS-S + SO ₂ -S) cuando en el horno de cal se queman gases concentrados (2)		—	0,055 — 0,12 kg S/ADt	
Azufre reducido total (TRS)		1 — 10(3)	—	
NO _x	Combustibles líquidos	100 — 200(4)	0,1 — 0,2(4) kg NO _x /ADt	
	Combustibles gaseosos	100 — 350(5)	0,1 — 0,3(2) kg NO _x /ADt	
Media anual mg /Nm ³ al 6 % O ₂				
(1) En el caso de un horno de cal existente equipado con un ESP cercano al final de su vida útil, las emisiones pueden aumentar con el tiempo hasta 50 mg/Nm ³ (equivalentes a 0,05 kg/ADt).				
(2) los «gases concentrados» incluyen metanol y trementina				
(3) En el caso de hornos de cal que queman gases concentrados (incluidos metanol y trementina), el límite superior del intervalo de NEA puede ser de hasta 40 mg/Nm ³ .				
(4) Cuando se utilizan combustibles líquidos de origen vegetal (como trementina, metanol o tall oil), incluidos los obtenidos como subproductos del proceso de fabricación de la pasta, pueden alcanzarse niveles de emisiones de hasta 350 mg/ Nm ³ (equivalentes a 0,35 kg NO _x /ADt).				
(5) Cuando se utilizan combustibles gaseosos de origen vegetal (por ejemplo, gases no condensables), incluidos los obtenidos como subproductos del proceso de fabricación de la pasta, pueden alcanzarse niveles de emisiones de hasta 450 mg/Nm ³ (equivalentes a 0,45 kg NO _x /ADt).				

- Para reducir el consumo de energía térmica (vapor), MTD 31¹⁴, recomienda maximizar el beneficio de los vectores de energía utilizados y reducir el consumo de electricidad y para aumentar la eficiencia de la generación eléctrica, la MTD 32, establece aplicar una combinación de las siguientes técnicas: (a) Aumento del contenido en materia seca del licor negro (aumenta la eficiencia de la caldera, la generación de vapor y, por tanto, la generación de electricidad), (b) Caldera de recuperación con presión y temperatura elevadas; en las nuevas calderas de recuperación, la presión puede ser de 100 bar, y la temperatura, de 510 °C. (c) Presión de salida de vapor en la turbina de contrapresión lo más baja que sea técnicamente viable, (d) Turbina de condensación para la generación de electricidad a partir del excedente de vapor, (e) Turbina de alta eficiencia, (f) Precalentamiento del agua de entrada a una temperatura cercana a la de ebullición, (g) Precalentamiento del aire de combustión y el combustible consumidos en las caldera.
- Por otra parte, MTD 8, considera importantes el monitoreo de los principales parámetros del proceso, tal como: Presión, temperatura y contenido de oxígeno, CO y vapor de agua de los gases de escape para los procesos de combustión, con una frecuencia de seguimiento continua.
- Los niveles para las emisiones atmosféricas corresponden a condiciones estándar: gas seco, temperatura de 273,15 K y presión de 101,3 kPa y cuando se expresan en valores de concentración, se indica el nivel de O₂ de referencia (% en volumen) en cada caso. El monitoreo de las emisiones a la atmósfera, MTD 9, se establece en la Tabla 4.

Tabla 4: Frecuencia de seguimiento recomendado por MTD

Parámetro	Frecuencia de supervisión	Fuente de emisiones
NO _x y SO ₂	Continua	Caldera de recuperación
	Periódica o continua	Horno de cal
	Periódica o continua	Caldera dedicada de TRS
Partículas	Periódica o continua	Caldera de recuperación (kraft) y horno de cal
	Periódica	Caldera de recuperación (sulfito)
TRS (incluyendo H ₂ S)	Continua	Caldera de recuperación
	Periódica o continua	Horno de cal y quemador especial de TRS
	Periódica	misiones difusas de distintas fuentes (como la línea de fibra, depósitos, tanques de astillas, etc.) y gases diluidos residuales
NH ₃	Periódica	Caldera de recuperación equipada con SNCR

¹⁴ La MTD es aplicar una combinación de las técnicas siguientes: (a) Corteza con elevado contenido en materia seca gracias al uso de prensas o métodos de secado eficientes, (b) Calderas de vapor muy eficientes, por ejemplo, con baja temperatura de los gases de escape, (c) Sistemas de calentamiento secundarios efectivos, (d) Sistemas de agua en circuito cerrado, incluida la planta de blanqueo, (e) Concentración de la pasta elevada (técnica de consistencia media o alta), (f) Planta de evaporación de alta eficiencia, (g) Recuperación de calor a partir de los disolvedores, por ejemplo mediante lavadores de los venteos. (h) Recuperación y uso de las corrientes a baja temperatura de los efluentes y otras fuentes de calor residuales para calentar edificios, el agua de alimentación de la caldera y el agua del proceso. (i) Uso apropiado del calor secundario y los condensados secundarios, (j) Monitorización y control de los procesos con sistemas de control avanzados, (k) Optimización de la red integrada de intercambiadores de calor, (l) Recuperación de calor de los gases de escape de la caldera de recuperación, entre el ESP y el ventilador, (m) Mantenimiento de la mayor consistencia posible de la pasta en el clasificación y depuración, (n) Uso de control de velocidad en varios motores de gran tamaño, (o) Uso eficiente de las bombas de vacío, (p) Dimensionamiento correcto de conducciones, bombas y ventiladores, (q) Optimización de los niveles en los depósitos



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

4.3 Suiza

- La Ordenanza de la Confederación Suiza¹⁵ tiene por objeto proteger a los seres humanos, animales y plantas, sus comunidades y hábitats biológicos, y el suelo contra los efectos nocivos o ruido causado por la contaminación del aire.
- Regula de manera preventiva a través de límites de emisiones a las instalaciones y la incineración de residuos al aire libre, establece requisitos para combustibles y de motor y establece los niveles máximos permitidos de contaminación del aire ambiente y el procedimiento en el caso de los niveles excesivos de contaminación.
- Entre estas, establece la limitación de las emisiones, que se muestran en la **Tabla 5**, que aplican para todas las instalaciones estacionarias nuevas y existentes, listadas en la Ordenanza y presenta requisitos adicionales o diferentes que se aplican en casos específicos.
- Uno de los casos específicos son las instalaciones para la incineración de licor de desecho de sulfito de celulosa, las emisiones de óxidos de azufre, expresado como dióxido de azufre, no deben exceder de 4,0 kg por tonelada de licor de residuos incinerados. Para la comparación con los valores límite de emisión, las emisiones medidas se promedian durante un período de funcionamiento de 24 horas.

Tabla 5: Resumen de límite de emisión de contaminantes en Normativa de Suiza

Contaminante		Característica técnica	Límite de emisión (mg/m ³)	Referencia (art.3 párrafo 1)
MP		Flujo $\geq 0,20$ Kg/hr	20	Anexo 1, Punto 4.
Sustancias inorgánicas, en forma de particulado ¹⁶	Clase 1	Flujo másico ≥ 1 g/hr	0,2	Anexo 1, Punto 5
	Clase 2	Flujo másico ≥ 5 g/hr	1	Anexo 1, Punto 5
	Clase 3	Flujo másico ≥ 25 g/hr	5	Anexo 1, Punto 5
Sustancias orgánicas, en forma de particulado, gas o vapor ¹⁷	Clase 1	Flujo másico $\geq 0,1$ Kg/hr	20	Anexo 1, Punto 7
	Clase 2	Flujo másico $\geq 2,0$ Kg/hr	100	Anexo 1, Punto 7
	Clase 3	Flujo másico $\geq 3,0$ Kg/hr	150	Anexo 1, Punto 7
Carcinógenos	Clase 1	Flujo másico $\geq 0,5$ g/hr	0,1	Anexo 1, Punto 8
	Clase 2	Flujo másico ≥ 5 g/hr	1	Anexo 1, Punto 8
	Clase 3	Flujo másico ≥ 25 g/hr	5	Anexo 1, Punto 8

¹⁵ Ordinance on Air Pollution Control (OAPC) of 16 December 1985 (Status as of 15 July 2010) 814.318.142.1 (this translation does not yet include the amendments of 16.11.2015 and 01.01.2016 <https://www.admin.ch/opc/en/classified-compilation/19850321/index.html>)

¹⁶ Considera como Clase 1: Mercury (Hg), Thallium (Tl); Clase 2: Arsenic (As), Cobalt (Co), Nickel (Ni), Selenium (Se); Clase 3: Tellurium (Te), Antimony (Sb), Chromium (Cr), Copper (Cu), Cyanides (CN), Fluorides (F), Lead (Pb), Manganese (Mn), Palladium (Pd), Platinum (Pt), Rhodium (Rh), Silica (SiO₂), Tin (Sn), Vanadium (V).

¹⁷ Considera como Clase 1: 1,1,1-Trichloroethane, 1,1,2,2-Tetrachloroethane, 1,1,2-Trichloroethane, 1,1-Dichloroethene, 1,2-Dichlorobenzene, 1,4-Dioxane, 2-Furaldehyde, 2-Propenal, 4-Methyl-m-phenylene diisocyanate, Acetaldehyde, Acrylic, Alkyl lead compounds, Aniline, Biphenyl, Bromomethane, CFCs, chlorofluorocarbons, fully halogenated, with up to 3C atoms, Chloroacetaldehyde, Chloroacetic acid, Chloroethane, Chloromethane, Cresols, Cyclohexanone, Dichloromethane, Dichlorophenols, Diethylamine, Dimethylamine, Ethene, Ethyl acrylate, Ethylamine, Formaldehyde, Formic acid, Halons, bromofluorocarbons, fully halogenated, with up to 3C atoms, HBFCS, hydrobromofluorocarbons, partially halogenated, with up to 3 C atoms, HCFCs, hydrochlorofluorocarbons, partially halogenated, with up to 3C atoms, Maleic anhydride anhydride, Methyl acrylate, Methylamine, Naphthalene, Nitrobenzene, Nitrocresols, Nitrophenols, Nitrotoluenes, except 2-nitrotoluene, Phenol, Pyridine, Tetrachloroethylene, Tetrachloromethane, Thioether, Thiols, Trichloroethylene, Trichloromethane, Trichlorophenols, Triethylamine, Vinyl acetate, Wood dust, respirable (except beech and oak wood dust), Xylenols, except 2,4-xyleneol;

Clase 2: 1,1-Dichloroethane, 2,2'-Iminodiethanol, 2,4-Xylenol, 2,6-Dimethyl-4-heptanone, 2-Butoxyethanol, 2-Chloropropane, 2-Ethoxyethanol, 2-Methoxyethanol, Acetic, Butyraldehyde, Carbon disulphide, Chlorobenzene, Di(2-ethylhexyl)phthalate, Ethylbenzene, Furfuryl alcohol, Isopropenylbenzene, Isopropylbenzene, Methyl acetate, Methyl formate, Methyl methacrylate, Methylcyclohexanone, N,N-Dimethylformamide, Propionaldehyde, Propionic acid, Styrene, Tetrahydrofuran, Toluene, Trimethylbenzenes, Xylenes;

Clase 3: 1,2-Dichloroethene, 2-Butanone, 4-Hydroxy-4-methyl-2-pentanone, 4-Methyl-2-pentanone, Acetone, Alkanes, except methane, Alkenes, except 1,3-butadiene and ethene, Alkyl alcohols, Butyl acetate, Dibutyl ether, Diethyl ether, Diisopropyl ether, Dimethyl ether, Ethyl acetate, Ethylene glycol, Methyl benzoate, N-Methyl pyrrolidone, Pinenes.



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

4.4 Estados Unidos

- La industria de la pulpa y papel consiste en instalaciones dedicadas a la producción de pulpa y / o papel / cartón. Esta categoría incluye, pero no se limita a: fábricas integradas (donde pulpa y papel o cartón se fabrican in situ), fábricas no integradas (donde se fabrican papel / cartón o pulpa, pero no ambos), y fábricas de fibra secundaria (donde los residuos de papel se utiliza como la principal materia prima).
- Los Estándares Nacionales de Emisión de contaminantes atmosféricos peligrosos (NESHAP) para las fuentes de producción de pulpa y papel fue propuesta originalmente en 1993 y promulgada en 1998. En estas acciones, la EPA identificaron metanol, acetaldehído, formaldehído y otros contaminantes peligrosos del aire fueron emitidos en gran cantidades de estas fuentes. Como resultado, esta subparte¹⁸, Mact II, regula las emisiones totales "HAP" en la recuperación de productos químicos en fuentes de combustión de las Plantas de celulosa Kraft, soda, sulfito o semiquímica.
- El proceso de recuperación química en las plantas de celulosa consiste en la recuperación de los productos químicos en el licor de cocción gastado, la reconstitución de esos productos químicos, y la generación de energía a partir de la incineración de los residuos orgánicos. Esta MACT II regula las emisiones de las fuentes de combustión de plantas de celulosa, que son los hornos de recuperación, los estanques de disolución y los hornos de cal, de la manera que indica la **Tabla 6**.
- Estas normas no se refieren a las emisiones de las fábricas de pulpa de madera química que usan procesos kraft, semi-químicos, sulfito, que como se hace referencia MACT I y la MACT III que considera procesos mecánicos de la pulpa de madera, o las fibras de pulpa de fibra secundaria, estos dos MACTs están regulados de manera independiente.

Por otra parte, en el 2014 se publicó la revisión final de la Norma para las fábricas de pasta kraft¹⁹, que incluyen el límite de emisión de partículas para los hornos de recuperación, estanque de disolución y hornos de cal, y los límites de opacidad para hornos de recuperación y hornos de cal equipado con precipitadores electrostático. Estos límites se presentan en la

- **Tabla 7.**

Tabla 6: Límites establecidos en MACT II (Tabla 1, Página 3183)

Subcategoría	Punto de emisión	HAP metálico		HAP orgánico gaseoso	
		Existente	Nuevo	Existente	Nuevo
Kraft y soda	Caldera de recuperación	PM ≤ 0.10 g/dscm (0.044 gr/dscf) al 8% de oxígeno	PM ≤ 0.034 g/dscm (0.015 gr/dscf) al 8% de oxígeno	N.A	HAP orgánico gaseoso ≤ 0.012 Kg/Mg (0.025 lb/ton) BLS (medido como metanol)
	Estanque disolvedor	PM ≤ 0.10 kg/Mg (0.20 lb/ton) BLS	PM ≤ 0.06 kg/Mg (0.12 lb/ton) BLS	N.A	N.A
	Horno de cal	PM ≤ 0.15 g/dscm (0.064 gr/dscf) al 10% de oxígeno	PM ≤ 0.023 g/dscm (0.01 gr/dscf) al 10% de oxígeno	N.A	N.A
Sulfito	Unidades de combustión de sulfito	PM ≤ 0.092 g/dscm (0.040 gr/dscf) al 8%	PM ≤ 0.046 g/dscm (0.020 gr/dscf) al 8%	N.A	N.A

¹⁸ 40 CFR Part 63 Normas nacionales de emisión de contaminantes atmosféricos peligrosos (NESHAP) para la recuperación de productos químicos en fuentes de combustión de las Plantas de celulosa Kraft, soda, sulfito o semiquímica (MACT II). 12 de Enero de 2001

¹⁹ 40FR Part 60, [EPA-HQ-OAR-2012-0640; FRL-9907-37-OAR], RIN 2060-AR64, Kraft Pulp Mills NSPS Review. AGENCY: Environmental Protection, ACTION: Final rule.

000243 VTA



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

		de oxígeno	de oxígeno	
Semi-química	Unidades de combustión semi-química	N.A	N.A	HAP orgánico gaseoso ≤ 1.49 Kg/Mg (2.97 lb/ton)BLS (medido como THC) o 90% de reducción
<p>N.A: No aplica, las emisiones de HAP orgánico gaseoso desde estas fuentes son reguladas como parte de la NESHAP para fuentes de la fábrica de pulpa y papel BLS: sólidos de licor negro; THC. hidrocarburos totales; g/dscf: gramos por metro cúbico normal seco; gr/dscf: granos por pie cubico normal seco.</p>				

Tabla 7: Límites establecidos de material particulado para fuentes de fábricas de pulpa kraft construidas, modificadas o reconstruidas después del 23 de mayo de 2013

Fuentes afectadas	Material particulado PM (40 CFR 60.282a)		
	Modificado	Nuevo/Reconstruido	ESP
Sistema digestor, evaporador y depurador de condensados.	N.A.	N.A.	N.A.
Caldera recuperadora	0.44 (gr/dscf) al 8% de oxígeno	0.015 (gr/dscf) al 8% de oxígeno	20% de opacidad; y 2% monitoreo de asignación para la opacidad
Estanque disolvedor	0.2 lb/ton BLS	0.12 lb/ton BLS si está asociado con un nuevo o reconstruido horno de recuperación	0.2 lb/ton BLS si no está asociado con un nuevo o reconstruido horno de recuperación
Horno de cal	0.064 (gr/dscf) al 10% de oxígeno	0.010 (gr/dscf) al 10% de oxígeno	20% de opacidad; y 1% monitoreo de asignación para la opacidad
BLS sólidos de licor negro (peso seco)			

4.5 México²⁰

Esta Norma Oficial Mexicana establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas totales (PST), y compuestos de azufre reducido total (ART), en los procesos de recuperación de químicos en la fabricación de celulosa y es de observancia obligatoria para los responsables de las plantas de fabricación de celulosa, que se establecen en las **Tabla 8** y **Tabla 9**:

Tabla 8: Niveles máximos permisibles de emisiones de contaminantes a la atmósfera proveniente de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa al sulfato (kraft).

Proceso y período de cumplimiento	Plantas existentes				Plantas nuevas	
	Partículas (mg/m ³) (2)		H ₂ S (mg/m ³) (2)		Partículas (mg/m ³) (2)	H ₂ S (mg/m ³) (2)
	NIVELES					
	I	II	I	II		
Caldera de recuperación (1)	500	350	279	70	150	56
Horno de cal	600	420	223	70	180	56
Período de cumplimiento	5 años (*)	6to año (*)	5 (*)	(*)	(*)	(*)

²⁰ Normas Oficiales Mexicanas para la Protección Ambiental, Control de la Contaminación Atmosférica (Industria) NOM-105-ECOL-1996, 2 de abril de 1998 http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/normas/cont_at/industria/index.html



700244

Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

- | |
|--|
| 1) El horno de recuperación incluye, si se tiene, el evaporador de contacto directo.
2) Los valores de emisiones expresados en mg/m ³ se deben calcular en base seca y en condiciones normalizadas, corregidas al 8% (ocho por ciento) de oxígeno en volumen para el horno de recuperación y 10% (diez por ciento) de oxígeno en volumen para el horno de cal.
(*) Desde el inicio de la norma |
|--|

Tabla 9: Niveles máximos permisibles de emisiones de contaminantes a la atmósfera proveniente de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa a la sosa.

Proceso y período de cumplimiento	Partículas (mg/m ³) (2)		Plantas nuevas
	Plantas existentes		
	Niveles		
	I	II	
Caldera de recuperación (1)	500	350	150
Horno de cal	600	420	180
Período de cumplimiento	5 años a partir de la entrada en vigor de la norma	A partir del 6o. Año de vigencia de la norma	A partir de la vigencia de la norma

- | |
|---|
| 1) El horno de recuperación incluye, si se tiene, el evaporador de contacto directo.
2) Los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera expresados en mg/m ³ se deben calcular en base seca y en condiciones normalizadas corregidas al 8% (ocho por ciento) de oxígeno en volumen para el horno de recuperación y 10% (diez por ciento) de oxígeno en volumen para el horno de cal. |
|---|

- Las plantas nuevas deben contar con la tecnología más avanzada al momento de su operación, tanto de proceso, como de control de emisiones a la atmósfera. Tanto para horno de recuperación como el horno de cal, la frecuencia de medición se establece una vez por año para partículas y de medición continua para el H₂S y O₂.

5. Fuentes existentes a nivel nacional

A nivel nacional el proceso utilizado corresponde a la pasta kraft y existen dos grandes empresas que producen celulosas: Celulosa Arauco Constitución y CMPC Celulosa S.A.

5.1 CMPC Celulosa S.A

Según la página web²¹, CMPC Celulosa es una unidad de negocios de Empresas CMPC, grupo forestal integrado, con base en Chile y filiales en Brasil, Argentina, Uruguay, Perú, Colombia y México. La compañía es el cuarto mayor proveedor de celulosa en el mundo. La capacidad total de producción de sus cuatro fábricas (tres ubicadas en el sur de Chile y una en el Estado de Río Grande do Sul, en Brasil) alcanza a 4,0 millones de toneladas anuales. La descripción de las plantas ubicadas en Chile se presenta en la **Tabla 10**.

En 2015, CMPC Celulosa consolidó ventas por US\$ 1.956 millones, incluyendo la operación en Brasil, incorporada en diciembre de 2009. El 83% de su producción en Chile fue exportada, principalmente a Asia, América y Europa.

²¹ <http://www.cmpccelulosa.cl/CMPCCELULOSA/>

000244 VTA



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Tabla 10: Descripción de Plantas de CMPC Celulosa S.A

N°	Planta	Comuna	Capacidad productiva anual	Capacidad
1	Santa Fe	Nacimiento	1.500.000 (ADt/año), Celulosa Kraft Blanca de Eucalipto (BEKP)	Línea 1: 380,000 ADt/año Línea 2: 1.120,000 ADt/año
2	Pacífico	Angol	500.000 (ADt/año), Celulosa Kraft Blanca de Pino Radiata (BSKP)	500.000 ADt/año
3	Laja	Laja	330.000 (ADt/año), Celulosa Kraft Blanca de Pino Radiata(BSKP) UKP Papeles Sack Kraft	260.000 ADt/año de celulosa 70.000 ton/año de papeles

En la **Tabla 12** se muestra el detalle de fuentes existentes para cada planta.

5.2 Celulosa Arauco y Constitución

Según la página web²², ARAUCO es una compañía forestal que cuenta con 47 años de historia, produciendo y gestionando recursos forestales. Durante el último tiempo globalizó las operaciones y se transformó en una de las cinco mayores empresas productoras de recursos forestales renovables del planeta, con más de 13 mil trabajadores, 30 plantas productivas en Chile, Argentina, Brasil, Uruguay, Estados Unidos y Canadá, y presencia comercial en más de 80 países. Tiene 5 plantas que se distribuyen en 5 regiones tal como presenta la **Tabla 11**.

Tabla 11: Descripción de Plantas de Celulosa Arauco Constitución

N°	Planta	Región	Capacidad productiva anual
1	Licancel	Maule	150.000 toneladas métricas de celulosa kraft cruda de pino
2	Constitución	Maule	355.000 toneladas métricas de celulosa kraft cruda de pino radiata.
3	Nueva Aldea	Bío Bío	1.027.000 toneladas métricas de celulosa kraft blanqueada de pino y eucalipto, en partes iguales
4	Arauco	Bío Bío	790.000 toneladas métricas de celulosa kraft blanqueada (500 mil de pino y 290 mil de eucalipto)
5	Valdivia	Los Ríos	550.000 toneladas métricas de celulosa kraft blanqueada de pino y/o eucalipto

En la **Tabla 13** se muestra el detalle de fuentes existentes para cada planta.

²² IFC Grupo del Banco Mundial, Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad, Fábricas de Pasta y Papel, 2007, <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/b44dae8048855a5585ccd76a6515bb18/General%2BEHS%2B-%2BSpanish%2B-%2BFinal%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES>

Tabla 12: Descripción de Plantas de CMPC Celulosa

Planta	Fuente	Producción de vapor (Ton/hr)	Combustible	Equipo de control	Mediciones
Laja ²³	Caldera recuperadora ²⁴	180 (Ton vapor/hr)	Licor negro		
	Caldera recuperadora N°6 ^{25, 26}	423,72 (Ton vapor/hr)	Licor negro	2 precipitador electrostático	SO ₂ 1,9 (mg/m ³ N) NO _x 161,8 (mg/m ³ N) CO 7,8 (mg/m ³ N)
	Estanque disolvidor	No aplica	No aplica	Conectado a Caldera Recuperadora N°6	No aplica ²⁷
	Caldera ²⁸	12,7 MW, 45 (Ton vapor/hr)	Biomasa	s.i	s.i
	Caldera de Biomasa N°3 ^{29, 30}	175 (Ton vapor/hr)	Biomasa	2 precipitador electrostático	SO ₂ 347,2 (mg/m ³ N) NO _x 84,8 (mg/m ³ N) CO 401,0 (mg/m ³ N)
	Horno de cal 1 ^{31, 32}	70 ton cal/día	Petróleo N°6	1 precipitador electrostático	SO ₂ 11,6 (mg/m ³ N) NO _x 305,9 (mg/m ³ N) CO 50,0 (mg/m ³ N)
	Horno de cal 2 ^{31, 32}	140 ton cal/día	Petróleo N°6		
	Turbogenerador (MAN)	60,756 MW	s.i	s.i	s.i
	Turbogenerador (Alstom)	39,4 MW	s.i	s.i	s.i
	Incinerador 1 ³³	No aplica	Gas Natural/TRS	s.i	s.i

²³ Informe Estudio Ambiental Modernización de Planta Laja, 13 de noviembre de 2008, CMPC CELULOSA S.A.

²⁴ Este equipo se encuentra fuera de servicio

²⁵ Registro Seremi de Salud VIII Región N°SPBIOBIO/264.

²⁶ INFORME INTERNO, Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Monóxido de Carbono (CO), Fuente emisora Caldera Recuperadora de CMPC Celulosa S.A., Planta Laja, 4 de noviembre

2015, AIRON Inf N°804A-2015. Durante la etapa de construcción del proyecto MPL no se tiene la obligación de medir en esta fuente, RCA 203/2009.

²⁷ Este equipo no descarga emisiones de gases a la atmósfera. Los gases son conducidos como aire de combustión a la Caldera recuperadora N°6.

²⁸ Este equipo se encuentra fuera de servicio.

²⁹ Registro Seremi de Salud VIII Región N°SPBIOBIO/272.

³⁰ INFORME INTERNO, Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Monóxido de Carbono (CO), Fuente emisora Caldera Biomasa de CMPC Celulosa S.A., Planta Laja, 5 de noviembre 2015,

AIRON Inf N°805A-2015. Durante la etapa de construcción del proyecto MPL no se tiene la obligación de medir en esta fuente, RCA 203/2009.

³¹ Los hornos de cal 1 y 2 poseen una chimenea común.

³² INFORME INTERNO, Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Monóxido de Carbono (CO), Fuentes emisoras Hornos de Cal 1 y 2 de CMPC Celulosa S.A., Planta Laja, 6 de noviembre

2015, AIRON Inf N°806A-2015. Durante la etapa de construcción del proyecto MPL no se tiene la obligación de medir en esta fuente, RCA 203/2009.

000245 YTA

Planta	Fuente	Producción de vapor (Ton/hr)	Combustible	Equipo de control	Mediciones
Santa Fe ^{35 36}	Incinerador 2 ³⁴	No aplica	Gas Natural/TRS	s.i	s.i
	Caldera de Biomasa (Línea 1) ^{37,38}	80 (Ton vapor/hr)	Biomasa Petróleo N°6	1 precipitador electrostático	MP 14,3 (mg/m ³ N) SO ₂ 0,928 (mg/m ³ N) NO _x 152,7 (mg/m ³ N) CO 100,47 (mg/m ³ N)
	Caldera recuperadora (Línea 1) ^{17,38}	180 (Ton vapor/hr)	Licor negro Petróleo N°6	2 precipitador electrostático	PPT2-Sur MP 11,9 (mg/m ³ N) SO ₂ 0,279 (mg/m ³ N) NO _x 161,3 (mg/m ³ N) CO 1,639 (mg/m ³ N) PPT1-Norte MP 11,5 (mg/m ³ N) SO ₂ 0,434 (mg/m ³ N) NO _x 149,6 (mg/m ³ N) CO 4,693 (mg/m ³ N)
	Estanque disolvedor de la Caldera recuperadora (línea 1) ³⁹	No aplica	No aplica	Limpieza en scrubber y posterior quemado en caldera recuperadora (línea 1)	No aplica

³³ Equipo de respaldo de quemado de CNCG, de acuerdo a DS 37/2013.

³⁴ Equipo de respaldo de quemado de CNCG, de acuerdo a DS 37/2013.

³⁵ Informe Cumplimiento Plantas de Celulosas reguladas por el DS N°167/99, Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Nacimiento, 2007

³⁶ Informe Cumplimiento Norma emisión de gases TRS DS37/2013, Planta Santa Fe, año 2015

³⁷ Esta caldera de Biomasa y la Caldera recuperadora ambas de la línea 1, tienen una chimenea común. Fuente: RCA N°039/2010 Califica ambientalmente Declaración de Impacto Ambiental del proyecto "Optimización Operacional Planta Santa Fe - Línea 2".

³⁸ INFORME OFICIAL, Medición isocinética de la emisión de Material Particulado Total (MPT), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Monóxido de Carbono (CO), Fuentes emisoras L1 y L2 de CMPC Celulosa S.A., Planta Santa Fe, Nacimiento, 30 de septiembre y 7 de octubre de 2014, SERPRAM Inf 14.09.198 e Inf 14.09.197.

³⁹ Este equipo no descarga emisiones de gases TRS a la atmósfera. Los gases son conducidos como aire de combustión hacia el hogar de la Caldera recuperadora (línea 1).

Planta	Fuente	Producción de vapor (Ton/hr)	Combustible	Equipo de control	Mediciones
	Horno de cal (línea 1) ¹⁸	230 ton Cal/d (producción de cal) ⁴⁰	Petróleo N°6/Gas natural	1) 1 lavador 1 precipitador	MP 15,8 (mg/m ³ N) SO ₂ 1,998(mg/m ³ N) NO _x 256,0 (mg/m ³ N) CO 4,09 (mg/m ³ N)
	Caldera recuperadora (Línea 2) ¹⁸	690 (Ton vapor/h)	Licor negro Petróleo N°6	4 precipitadores electrostáticos	MP 32,2 (mg/m ³ N) SO ₂ 2,106 (mg/m ³ N) NO _x 199,7 (mg/m ³ N) CO 25,21 (mg/m ³ N)
	Estanque disolvedor de la Caldera recuperadora (línea 2)	No aplica	No aplica	Limpieza en scrubber y posterior quemado en caldera recuperadora (línea 2)	No aplica ⁴¹
	Incinerador 1	9 (Ton vapor/hr)	Propano/ Metanol/gases TRS	1 torre de absorción	No hay registros ⁴²
	Incinerador 2	No produce vapor	Gas natural	No tiene	No hay registros
	Caldera de poder (línea 2) ⁴³	55 (Ton vapor/h)	Petróleo N°6	No tiene	No hay registros
	Caldera Biomasa 2 ¹⁸	250 (Ton vapor/h)	Biomasa Petróleo N°6 (en partidas)	1 precipitador electrostático	MP 21,7 (mg/m ³ N) SO ₂ 3,394 (mg/m ³ N) NO _x 272,0 (mg/m ³ N) CO 6,42 (mg/m ³ N)

⁴⁰ Este equipo no genera vapor, sino cal.

⁴¹ Este equipo no descarga emisiones de gases TRS a la atmósfera. Los gases son conducidos como aire de combustión hacia el hogar de la Caldera recuperadora (línea 2). Fuente: RCA N°039/2010 Califica ambientalmente Declaración de Impacto Ambiental del proyecto "Optimización Operacional Planta Santa Fe - Línea 2".

⁴² La emisión se direcciona a la chimenea común con Caldera recuperadora (línea 2), por tanto su emisión está incluida en la emisión indicada para el equipo Caldera recuperadora (Línea 2). Fuente: RCA N°039/2010 Califica ambientalmente Declaración de Impacto Ambiental del proyecto "Optimización Operacional Planta Santa Fe - Línea 2".

⁴³ Este equipo se encuentra en estado inactivo (declaración Formulario 138).

000246

Planta	Fuente	Producción de vapor (Ton/hr)	Combustible	Equipo de control	Mediciones
Pacífico	Horno de cal (línea 2) ¹⁸	856 ton Cal/d (producción de cal) ⁴⁴	Petróleo N°6/Gas natural	1 precipitador electrostático	MP 84,7 (mg/m ³ N) SO ₂ 1,453 (mg/m ³ N) NO _x 215,1 (mg/m ³ N) CO 34,16 (mg/m ³ N)
	Caldera de biomasa ⁴⁵	150 (Ton vapor/hr)	Biomasa, Petróleo N°6, Petróleo N°5	1 Precipitador Electrostático	MP 46,8 (mg/m3) SO ₂ 43,8 (mg/m3) NOx 285 (mg/m3)
	Caldera recuperadora ⁴⁶	405 t vapor/h	Licor negro, Petróleo N°6	2 Precipitador electrostático	MP 33,4 (mg/m3) SO ₂ 2,18 (mg/m3) NOx 182 (mg/m3)
	Horno de cal ⁴⁷	390 t cal/día	Petróleo N°6, Propano, Hidrogeno y Metanol	1 Precipitador electrostático	MP 104 (mg/m3) SO ₂ 27,4 (mg/m3) NOx 233 (mg/m3)
	Estanque disolvedor ⁴⁸	No aplica	No aplica	Limpieza en scrubber y posterior quemado en caldera	No aplica
	Incinerador	No aplica	Propano y Metanol	Lavador de gases (Scrubber)	No hay registros

s.i: sin información

⁴⁴ Este equipo no genera vapor, sino cal.

⁴⁵ INFORME OFICIAL, Medición isocinética de la emisión de Material Particulado Total (MPT), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Monóxido de Carbono (CO), Chimenea Caldera de biomasa, CMPC Celulosa S.A., Planta Pacífico, Mininco, 17 de Enero de 2013, Proterm Inf01E1.12-221

⁴⁶ INFORME OFICIAL, Medición isocinética de la emisión de Material Particulado Total (MPT), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Monóxido de Carbono (CO), Chimenea Caldera Recuperadora, CMPC Celulosa S.A., Planta Pacífico, Mininco, 17 de Enero de 2013, Proterm Inf02E1.12-221

⁴⁷ INFORME OFICIAL, Medición isocinética de la emisión de Material Particulado Total (MPT), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Monóxido de Carbono (CO), Chimenea Horno de cal, CMPC Celulosa S.A., Planta Pacífico, Mininco, 17 de Enero de 2013, Proterm Inf04E1.12-221

⁴⁸ Los gases provenientes del estanque disolvedor son conducidos como aire de combustión a la Caldera recuperadora.

Tabla 13: Descripción de Plantas de Celulosa Arauco Constitución

Planta	Fuente	Características	Combustible	Equipo de control	Mediciones
Licancel ⁴⁹	Caldera recuperadora	110 (Ton/hr)	Licor negro	Precipitador Electrostático	s.i
	Horno de cal	4,79 (Ton/hr)	Petróleo N°6	Lavador de gases	s.i
	Caldera de Poder	s.i	Biomasa; Petróleo N° 6 (auxiliar)	Precipitador Electrostático	s.i
	Estanque disolvedor	450 m3/min	s.i	Scrubber	s.i
	Turbo Generador	s.i	s.i	s.i	s.i
	Incinerador	s.i	s.i	s.i	s.i
	Caldera recuperadora	213	Licor negro Fuel oil	s.i	s.i
	Caldera de Poder	s.i	Biomasa, Petróleo N°6 (auxiliar)	Precipitador Electrostático	s.i
	Horno de cal	s.i	Petróleo N°6, Tall oil	Precipitador Electrostático	s.i
	Estanque disolvedor	s.i	s.i	Scrubber	s.i
Nueva Aldea ⁵¹	Turbo Generador(es)	s.i	s.i	s.i	s.i
	Incinerador	s.i	Propano Gases TRS	s.i	s.i
	Caldera de poder	250 ton/h	Biomasa, Diésel	Precipitador electrostático	s.i
	Estanque disolvedor	405 m3/h de licor verde	s.i	Scrubber	s.i
	Turbogenerador	30 MW, 70 MW, 70 MW y 10 MW	s.i	Precipitador electrostático	s.i
	Caldera recuperadora	s.i	Licor negro, Gas	3 precipitadores	s.i

⁴⁹ Informe Cumplimiento Norma emisión de gases TRS DS37/2012, Planta Licancel, año 2015

⁵⁰ Informe Cumplimiento Norma emisión de gases DS37/2012, Planta Constitución, año 2015

⁵¹ Informe Cumplimiento Plantas de Celulosas reguladas por el DS N°167/99, Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Nueva Aldea, 2007

Planta	Fuente	Características	Combustible	Equipo de control	Mediciones
Arauco ⁵²	Horno de cal	700 ton cal/día	natural, petróleo, auxiliar Metanol y Trementina	electroestático	
	Incinerador	5.0 MW	Gas natural, Diésel o Petróleo Nº6	s.i	s.i
	Caldera recuperadora L1	149,4 ton/h Vapor	Propano y gases concentrados CNCG	s.i	s.i
	Caldera de poder L1 (CP1)	11500 Kv/h	Licor negro; Petróleo Nº 6 (auxiliar)	2 precipitadores electroestático	s.i
	Caldera de poder (CP4)	s.i	Biomasa; Petróleo Nº 6 (auxiliar)	1 precipitador electroestático	s.i
	Horno de cal L1	150 ton/día	Biomasa; Petróleo Nº 6 (auxiliar)	1 precipitador electroestático	s.i
	Estanque disolvedor L1	s.i	Tall oil, petróleo Nº6, Gas natural	2 precipitador electrostático	s.i
	Caldera recuperadora L2	423 ton/h Vapor	s.i	Scrubber	s.i
	Estanque disolvedor L2	s.i	Licor negro	3 precipitadores electroestático	s.i
	Calderas de poder L2	150,120 ton/h vapor	s.i	Scrubber	s.i
Valdivia ⁵³	Incinerador CNCG	11 MW	Biomasa; Petróleo Nº 6 (auxiliar)	1 precipitador electroestático	s.i
	Turbogeneradores	TG2, TG3, TG4/5, TG6	Gases CNCG, Propano, metanol	Scrubber de SO2	s.i
	Horno de cal L2	150 ton/día	Petróleo Nº6, Gas natural, Tall oil, Trementina		s.i
	Caldera recuperadora	537 ton/h vapor	Licor negro	1 precipitador electroestático	s.i
	Horno de cal	620 ton/d cal	Fuel oil Nº 6	s.i	s.i
				2 Precipitadores	s.i

⁵² Informe Cumplimiento Plantas de Celulosas reguladas por el DS N°167/99, Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Arauco, 2007

⁵³ Informe Cumplimiento Plantas de Celulosas reguladas por el DS N°167/99, Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Valdivia, 2007

Planta	Fuente	Características	Combustible	Equipo de control	Mediciones
	Caldera de poder	90 ton/h vapor	Biomasa	electrostáticos	s.i
	Estanque disolvedor	340 m3/h licor verde	s.i	2 Precipitador electrostáticos	s.i
	Turbogeneradores	s.i	s.i	s.i	s.i
	Incinerador	s.i	Propano	s.i	s.i

s.i: sin información

33500
000248



ANEXO

1. Instalaciones de combustión medianas (Comunidad Europea)

- La Directiva (UE) 2015/2193⁵⁴ debe aplicarse a las instalaciones de combustión, incluida una combinación formada por dos o más nuevas instalaciones de combustión medianas, cuya potencia térmica nominal sea igual o superior a 1 MW e inferior a 50 MW, con independencia del combustible utilizado. Las instalaciones de combustión individuales cuya potencia térmica nominal sea inferior a 1 MW no deben tenerse en cuenta a efectos del cálculo de la potencia térmica nominal total de una combinación de instalaciones de combustión.
- Considera que las instalaciones de combustión medianas deben desarrollarse y explotarse de modo que se fomente la eficiencia energética y que las medidas adoptadas para limitar las emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas en la atmósfera no deben tener como consecuencia un aumento de las emisiones de otros agentes contaminantes como el monóxido de carbono. Tal como se muestra en la
- **Tabla 14.**

Tabla 14: Límites máximos permisible para instalaciones medianas en Comunidad Europea⁵⁵

Contaminante mg/m3	Tipo caldera	Potencia [MWt]	Rango de límites de emisión según estado de combustible		
			Gas	Líquido	Sólido
MP	Existente	$\geq 1 < 5$	N.A	50	50
	Existente	$\geq 5 < 50$	N.A	30	30
	Nueva	$\geq 1 < 5$	N.A	50	50
	Nueva	$\geq 5 < 20$	N.A	30	30
	Nueva	≥ 20	N.A	20	20
SO ₂	Existente	$\geq 1 < 5$	200	350	200-1100
	Existente	$\geq 5 < 50$	35	350	200-400
	Nueva	≥ 1	35-100	350	200-400
NO _x	Existente	$\geq 1 < 5$	250	200-650	650
	Existente	$\geq 5 < 50$	200-250	650	650
	Nueva	$\geq 1 < 5$	100-200	500	300
	Nueva	$\geq 5 < 50$	100-200	200-300	300

- Respecto al seguimiento de las emisiones, exige la realización de mediciones periódicas cada tres años en el caso de las instalaciones de combustión medianas con una potencia térmica nominal igual o superior a 1 MW e inferior o igual a 20 MW, y todos los años en el caso de las instalaciones de

⁵⁴ DIRECTIVA (UE) 2015/2193 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 25 de noviembre de 2015, sobre la limitación de las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de las instalaciones de combustión medianas <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32015L2193>

⁵⁵ DIRECTIVA (UE) 2015/2193 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 25 de noviembre de 2015, sobre la limitación de las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de las instalaciones de combustión medianas <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32015L2193>

combustión medianas con una potencia térmica nominal superior a 20 MW. Las mediciones solo serán obligatorias en los contaminantes que se establece un valor límite de emisión para la instalación considerada y CO para todas las instalaciones. Como alternativa a las mediciones periódicas, los Estados miembros podrán exigir mediciones en continuo. En el caso de mediciones en continuo, los sistemas de medición automáticos estarán sujetos a control por medio de mediciones paralelas con los métodos de referencia, al menos una vez al año.

- Los valores límite de emisión están determinados a una temperatura de 273,15 K, una presión de 101,3 kPa, previa corrección del contenido en vapor de agua de los gases residuales, y un contenido normalizado de O₂ del 6 % en el caso de las instalaciones de combustión medianas que utilicen combustibles sólidos, del 3 % en el de las instalaciones de combustión medianas, distintas de los motores y las turbinas de gas, que usen combustibles líquidos y gaseosos.

2 Instalación de combustión mayor a 50 MW (Comunidad Europea)

- La Directiva (UE) 2010/275/UE⁵⁶ refunde siete actos legislativos anteriores sobre emisiones industriales, establece normas para prevenir y controlar la contaminación en la atmósfera, el agua y el suelo, y para evitar la generación de residuos procedentes de grandes instalaciones industriales.
- La legislación abarca las siguientes actividades industriales: energía, producción y transformación de metales, minerales, productos químicos, gestión de residuos y otros sectores, como la producción de pulpa y papel, los mataderos y la cría intensiva de aves de corral y cerdos.
- No se aplicará a las actividades de investigación, a las actividades de desarrollo o a la experimentación de nuevos productos y procesos.
- Los límites de emisión de partículas, SO₂ y NO_x que aplican para combustibles sólidos y líquidos correspondientes a las celulosas se presenta en la
- Tabla 14.
- Para los combustibles gaseosos se establece límite de emisión de SO₂ de 35 (mg/Nm³), límite de emisión de MP de 5 (mg/Nm³). En el caso de instalaciones de combustión alimentadas con gas natural, con excepción de las turbinas de gas y los motores de gas, 100 (mg/Nm³) como límite de emisión de NO_x y 100 (mg/Nm³) de límite de emisión de CO; y en las Instalaciones de combustión alimentadas con otros gases, con excepción de las turbinas de gas y los motores de gas 200 (mg/Nm³) como límite de emisión de NO_x.

Tabla 15: Valores Límites de emisión para instalaciones de combustión que utilicen combustibles sólidos o líquidos con excepción de las turbinas de gas y motones de gas en Comunidad Europea

Instalación	Contaminante	Potencia térmica nominal (MW)	Límite de emisión (mg/Nm ³)			
			Hulla, lignito y otros combustibles sólidos	Biomasa	Turba	Combustible líquido
Existente	SO ₂	50-100	400	200	300	350
		100-300	250	200	300	250
		> 300	200	200	200	200
	NO _x	50-100	300-450	300	300	450
		100-300	200	250	250	200

⁵⁶ DIRECTIVA 2010/75/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación)

000249 VTA



Ministerio del Medio Ambiente
División de Calidad del Aire y Cambio Climático
Departamento de Normas y Políticas

Instalación	Contaminante	Potencia térmica nominal (MW)	Límite de emisión (mg/Nm ³)			
			Hulla, lignito y otros combustibles sólidos	Biomasa	Turba	Combustible líquido
		> 300	200	200	200	150
	Partículas	50-100	30	30	30	30
		100-300	25	20	20	25
		> 300	20	20	20	20
Nueva	SO ₂	50-100	400	200	300	350
		100-300	200	200	300-250	200
		> 300	150-200	150	150-200	150
	NO _x	50-100	300-400	250	250	300
		100-300	200	200	200	150
		> 300	150	150	150	100
	Partículas	50-100	20	20	20	20
		100-300	20	20	20	20
		> 300	10	20	20	10

- Todos los valores límite de emisión se calcularán a una temperatura de 273,15 K, una presión de 101,3 kPa y previa corrección del contenido en vapor de agua de los gases residuales y a un porcentaje normalizado de O₂ del 6 % en el caso de combustibles sólidos, del 3 % en instalaciones de combustión, distintas de las turbinas de gas y de los motores de gas, que usan combustibles líquidos y gaseosos y del 15 % de las turbinas de gas y motores de gas.