

02 JUL 2020

FORMATO A DE PROGRAMA DE CUMPLIMIENTO SIMPLIFICADO PARA INFRACCIÓN
POR FALTA DE MEDICIONES

OFICINA DE PARTES
RECIBIDO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre empresa o persona natural:	SOCIEDAD MASMADERA LTDA
Rut empresa o persona natural:	79.802.690-9
Nombre representante legal:	CRISTIAN MACKAY HEDERRA
Domicilio representante legal:	PANAMERICANA SUR KM 410, CHILLAN VIEJO
Rol Procedimiento Sancionatorio:	F-030-2020
Identifique el PPDA respectivo:	D.S. N°48/2015.
Indique si desea ser notificado mediante correo electrónico: en caso afirmativo, favor proponga una dirección de correo electrónico a la cual se debiesen enviar los actos administrativos que correspondan.	Deseo ser notificado, al siguiente electrónico: fmr@masmadera.cl

2. HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN:

Transcriba el texto de la infracción, que se encuentra en el Resuelvo I de la formulación de cargos.

No haber realizado la medición de sus emisiones de MP, mediante un muestreo isocinético que permita acreditar el cumplimiento de los límites de emisión establecidos en el artículo 40 del D.S. N° 48/2015, para la caldera a leña, con número de registro SSÑUB-234 en el Ministerio de Salud y con una potencia térmica mayor a 75 kWt para el año 2020.

3. EFECTOS NEGATIVOS:

Indicar los efectos que ha producido la infracción.

No se han producido efectos negativos debido a que la unidad de abatimiento indicada anteriormente no ha estado habilitada para estar en funcionamiento.

4. ACCIONES COMPROMETIDAS:

N° Identificador	1
Acción y descripción de la acción	Realizar una PRIMERA medición isocinética, cuyos resultados deberán cumplir con el límite de MP establecido en el D.S. N°48/215, Artículo 40.
Plazo de ejecución de la acción	1 mes, plazo máximo 31 de Julio (Depende de las condiciones climáticas)
Costo estimado	\$1.500.000 Mas IVA.
Comentarios	Forma de implementación: La medición será realizada por una empresa acreditada por la Superintendencia del Medio Ambiente y se dará aviso de la fecha de realización de la misma con 48 horas de anticipación al correo electrónico: cristian.lineros@sma.gob.cl .
Medios de verificación (boletas y/o facturas de pago de prestación de servicios; fotografías fechadas y georreferenciadas)	<ul style="list-style-type: none"> -Oferta Técnica Proyecto Control Emisiones. -Oferta Económica Proyecto Control Emisiones. -Memoria de Cálculo Proyecto. -Planos Proyecto. - Boletas N° 29 y N°34 Sr Hidalgo - Comprobantes pago Boletas Proyecto. -Presupuesto Obra de Mano construcción Proyecto y Plataforma Medición Isocinética. - Comprobantes de Pagos de Mano de Obra Proyecto. - Planilla con resumen de detalle de Gastos Proyectos. - Fotos Sistema de Filtro. - Fotos Plataforma Medición. - Presupuesto Medición Isocinética.

N° Identificador		2
Acción y descripción de la acción	1- Realizar las mejoras que permitan cumplir con los parametros indicados en PPDA. 2- Realizar una SEGUNDA medición, cuyos resultados deberán cumplir con el límite de MP establecido en el D.S. N°48/215, Artículo 40.	
Plazo de ejecución de la acción	3 meses, desde realizada la primera medición.	
Costo estimado	\$5.000.000 Mas IVA.	
Comentarios	<p>1. Forma de implementación: La medición será realizada por una empresa acreditada por la Superintendencia del Medio Ambiente y se dará aviso de la fecha de realización de la misma con 48 horas de anticipación al correo electrónico: cristian.lineros@sma.gob.cl.</p> <p>2. Impedimentos: Obtener un resultado del contaminante MP superior al límite establecido en el Plan.</p> <p>3. Acción alternativa: Si se obtiene un resultado con un valor superior a la normativa vigente, se tomarán las medidas suficientes para dar cumplimiento a la normativa medioambiental, tales como la modificación del sistema de filtro, mejorar o transformar el sistema de alimentación de combustible, entre otros, enviando fotografías fechadas y georreferenciadas que acrediten dichas acciones.</p>	
Medios de verificación (boletas y/o facturas de pago de prestación de servicios; fotografías fechadas y georreferenciadas)	Factura y cotizaciones proveedores.	
N° Identificador		3
Acción y descripción de la Acción (Acción obligatoria).	Cargar en el SPDC el Programa de Cumplimiento aprobado por la Superintendencia del Medio Ambiente. Para dar cumplimiento a dicha carga, se entregará la clave para acceder al sistema en la misma resolución que aprueba dicho programa, debiendo cargar el programa en el plazo de 5 días hábiles contados desde la notificación de la resolución que aprueba el Programa de Cumplimiento, de conformidad a lo establecido en la Resolución Exenta N° 116/2018 de la SMA.	
Plazo de Ejecución de la acción.	5 días hábiles contados desde la notificación de la resolución que aprueba el Programa de Cumplimiento.	
Costo Estimado Neto (\$).	Sin costo.	
Medios de Verificación.	No aplica.	
Comentarios.	En relación a los indicadores de cumplimiento y medios de verificación asociados a esta nueva acción, por su naturaleza, no requiere un reporte o medio de verificación específico. Por otra parte, como Impedimentos eventuales, se contemplarán aquellos problemas exclusivamente técnicos que pudieren afectar el funcionamiento del sistema digital en el que se implemente el SPDC, y que impidan la correcta y oportuna carga de la información. Por tanto, en caso de ocurrencia, se dará aviso inmediato a la SMA, vía correo electrónico, especificando los motivos técnicos por los cuales no fue posible cargar el Programa de Cumplimiento en el portal SPDC, remitiendo comprobante de error o cualquier otro medio de prueba que acredite dicha situación. La entrega del Programa de Cumplimiento se realizará a más tardar al día siguiente hábil al vencimiento del plazo correspondiente, en la Oficina de Partes de la Superintendencia del Medio Ambiente.	
N° Identificador		4
Acción y descripción de la Acción (Acción obligatoria).	Cargar en el portal SPDC de la Superintendencia del Medio Ambiente, en un único reporte final, todos los medios de verificación comprometidos para acreditar la ejecución de las acciones comprendidas en el PdC, de conformidad a lo establecido en la Resolución Exenta N° 116/2018 de la SMA.	
Plazo de Ejecución de la acción.	10 días hábiles contados desde la fecha de ejecución de la medición final obligatoria.	

Costo Estimado Neto (\$).	Sin costo.
Medios de Verificación.	No aplica.
Comentarios.	<p>1. Impedimentos: se considerarán como tales, los problemas exclusivamente técnicos que pudieren afectar el funcionamiento del sistema digital en el que se implemente el SPDC, y que impidan la correcta y oportuna entrega de los documentos correspondientes;</p> <p>2. Acción y plazo de aviso en caso de ocurrencia, se dará aviso inmediato a la SMA, vía correo electrónico, señalando los motivos técnicos por los cuales no fue posible cargar los documentos en el sistema digital en el que se implemente el SPDC, remitiendo comprobante de error o cualquier otro medio de prueba que acredite dicha situación; y</p> <p>3. Acción alternativa: en caso de impedimentos, la entrega de los reportes y medios de verificación será a través de Oficina de Partes de la Superintendencia del Medio Ambiente.</p>
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/> <p>Francisco Molina Rivas Masmadera Ltda.</p>	



OFERTA TECNICA

**PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA DE VAPOR
PLANTA DE SECADO MASMADERA LTDA.**

Propietario: Sr. Cristian Andres Mackay Heredia

Ciente Mandante: Sr. Francisco Molina (Administrador)

Realizador del Estudio: Oscar Hidalgo Diaz

Ing. Civil Mec

Especialista en Combustión y Control de Emisiones

Agosto 14 de 2019

OFERTA TECNICA

DESARROLLO PROYECTO DE EMISIONES PLANTA MASMADERA

1. Antecedentes:

Planta **MASMADERA Ltda.**; ubicada en Panamericana Sur Km 410, Comuna Chillan Viejo, posee para su proceso productivo una caldera para producir vapor de baja presión utilizado en la etapa de secado de madera, la cual utiliza biomasa como combustible (solo Rollizos y despuntes)

Las características de la caldera son:

- Marca: Gebruder Wagner-vapor industrial s.a.
- Año de Fabricacion: 1962 (reacondicionada el año 2000)
- Tipo de Caldera: Ignitubular Horizontal de 3 pasos
- Producción de vapor: 3.800 kg/hora
- Presión de vapor: 8 bar
- N° de registro de Fabricacion: 6524-1962
- Presión de Diseño: 10 atm = 1013.25 kpa = 10,33 kgf/cm²

2. Configuración de la planta térmica

La Caldera está constituida por:

- Un Ventilador de Tiro Inducido Conectado directamente a la salida de los gases de la Caldera y descarga a la chimenea de manera vertical, encontrándose la chimenea, sobre el ducto de descarga del ventilador
- Ventilador Forzado (Operativo pero solo se usa durante el proceso encendido de la Caldera)
- Planta de Tratamiento de Agua de Alimentacion con su correspondiente sistema de impulsión
- Válvulas de Seguridad

La caldera no cuenta con ningún Sistema de abatimiento de emisiones de particulado ni de gases, como así mismo no posee sistemas de captación, tales como:

- Calentador de aire
- Multiciclones
- Otros elementos de captación

Dadas las condiciones antes señaladas, la caldera no está dotada de los elementos y equipos que le permitan operar adecuadamente para cumplir con los estándares de emisión requeridos por la Norma

3. Desarrollo del proyecto

De acuerdo a lo requerido por la normativa vigente se requiere por tanto diseñar los sistemas que una vez implementados permitan superar las brechas hechas notar por la autoridad

Actualmente no se cuenta con información referente a la Caracterización del material particulado emitido ni de la concentración del mismo, sin embargo bajo las condiciones actuales de diseño se asume los valores de particulado emitido es alto y disperso

Por tanto, la eficiencia de recolección se hace más compleja, situación que demanda contar con mecanismos mucho más eficaces para lograr el nivel de captura adecuado

Por tal razón, y con el propósito de superar el actual estado de deficiencia de la Planta generadora de vapor, se ha solicitado un estudio Técnico que considere tanto la situación operativa de la caldera como del proceso mismo

Este estudio permitirá visualizar y definir acciones de mejora, tanto en lo que concierne a la operación de la caldera desde el punto de vista de la combustión, como de los equipos auxiliares necesarios de implementar para lograr el control eficiente de las emisiones

Es necesario destacar que las actuales falencias también afectan la eficiencia de la combustión de la caldera, lo cual genera un círculo vicioso que no sería posible superar si es que no se realiza un cambio radical en términos de diseño de equipos de mitigación con la capacidad adecuada y aquellos que permitan reducir las emisiones por la vía de mejorar la combustión

Los cambios principales propuestos en este Proyecto son implementar los siguientes equipos como parte del sistema de mejora

- Un Calentador de Aire con una mayor superficie de intercambio de calor para subir la temperatura del aire de combustión de la caldera
- Un Ciclón de alta eficiencia
- Un depurador tipo Venturi con inyección de agua atomizada
- Un ciclón eliminador de niebla.

El cálculo, diseño y dimensionamiento del nuevo sistema, estará basado en el flujo real de gases generado en el proceso de combustión de la Caldera, la incorporación de dos nuevos equipos como lo son, un depurador tipo Venturi con inyección de agua atomizada y un ciclón eliminador de niebla, permitirán una alta capacidad de captura de material fino

Al mismo tiempo la incorporación de un Calentador de Aire, permitirá mejorar la capacidad de intercambio térmico, con lo cual se mejorara tanto su eficiencia térmica al aumentar la temperatura del aire de combustión, como así mismo la capacidad de captura.

Lo anterior permitirá el uso permanente del Ventilado Forzado existente para mejorar la capacidad de combustión y eventualmente bajar el consumo de combustible

También se contempla un ciclón de alta eficiencia (sobre 80%), calculado para capturar partículas de hasta 5 micrones

Por último, y completando el proceso de eliminación de particulado, a continuación del Ciclón se realizara un lavado físico con agua, del gas proveniente del proceso de combustión de la caldera en un dispositivo Tipo Venturi, el cual permitirá retener compuestos contaminantes tales como: HCl, HF, NH₃, HCN y parcialmente H₂S y CO₂, así como las partículas sólidas no extraídas en la etapa de captación del Ciclón

El lavador Venturi incorporado en el proceso a través de este Proyecto, es un equipo que corresponde a un diseño de alta energía y por tanto de alta eficiencia, especialmente diseñado para capturar particulado fino, por tanto el equipo a incorporar posee la capacidad de remover partículas mayores a 0.5 µm de diámetro y menores de 2,5 µm con una eficiencia de hasta un 98%.

Lo más relevante de este Proyecto, es que, en base a la evaluación de la condición de combustión de la caldera, se evitara la producción de una cantidad importante de humo negro y particulado, con lo cual se podrá cumplir los niveles de emisión por debajo de lo requerido por la norma

En definitiva el Proyecto permitirá:

- Mejorar la combustión de la caldera
- La implementación del nuevo sistema de abatimiento permitirá capturar el material particulado para bajar las emisiones PM₁₀ y PM_{2.5}
- Diversificar el uso de otras formas del combustible (Serrín, Virutas y Corteza)

Todos estos equipos se han diseñado para lograr que los parámetros de particulado a emitir, estén bajo los valores establecidos por la Norma

Lo más relevante de los objetivos de este Proyecto, es que, en base a la evaluación de la condición de combustión de la caldera, se mejorara la combustión de la misma, junto con la implementación de un sistema de abatimiento que permita capturar el material particulado para bajar las emisiones PM₁₀ y PM_{2.5}

4. Equipos estimados Instalar a priori

Siendo el objetivo de este Proyecto la implementación de un sistema de Abatimiento para la reducción del MP emitido, se prevé que será necesario instalar los siguientes equipos como parte del sistema

- Un calentador de Aire
- Un Ciclón de alta eficiencia

- Un depurador tipo Venturi
- Un ciclón eliminador de niebla.

Los parámetros a lograr en cuanto a emisión de particulado con este sistema, estarán bajo lo requerido por la Norma, (bajo PM 2.5)

5. Objetivos Específicos del Proyecto:

1. Mejorar la combustión en la caldera para el cumplimiento de las normas sobre emisiones
2. Mejorar el rendimiento y producción de vapor de la caldera
3. Implementación de los equipos necesarios para cumplir con los parámetros ambientales requeridos por la Normativa vigente

6. Presentación Esquemática del Proyecto Propuesto:

A continuación se presenta un esquema a priori de lo que podría ser necesario implementar en Planta MASMADERA

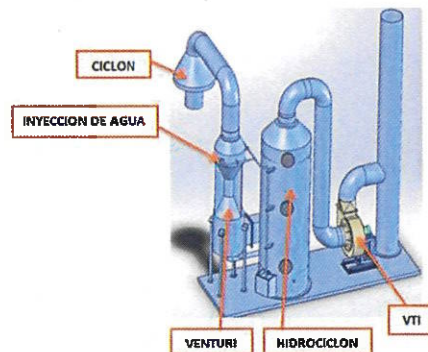


Fig.1. Sistema de control de emisiones propuesto

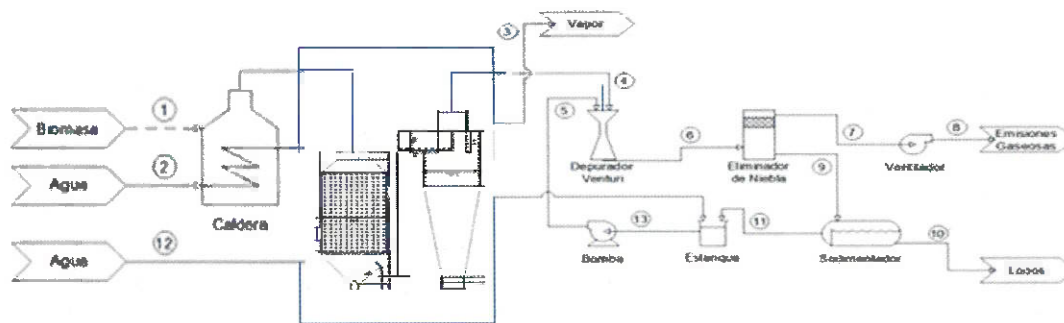


Fig. 2. Diagrama de Sistema de Control de emisiones Propuesto

Ing. Civil Mec.
Especialista en Combustión y Sistemas
De Control de Emisiones



OFERTA ECONOMICA

**PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA DE VAPOR
PLANTA DE SECADO MASMADERA LTDA.**

Propietario: Sr. Cristian Andres Mackay Heredia

Ciente Mandante: Sr. Francisco Molina (Administrador)

Realizador del Estudio: Oscar Hidalgo Diaz

Ing. Civil Mec

Especialista en Combustión y Control de Emisiones

Agosto 14 de 2019

OFERTA ECONOMICA

DESARROLLO PROYECTO DE EMISIONES PLANTA MASMADERA

1. Antecedentes:

Planta **MASMADERA Ltda.**; ubicada en Panamericana Sur Km 410, Comuna Chillan Viejo, posee para su proceso productivo una caldera para producir vapor de baja presión utilizado en la etapa de secado de madera, la cual utiliza biomasa como combustible (solo Rollizos y despuntes)

Para esta Caldera se ha solicitado un estudio Técnico y el correspondiente Proyecto de diseño de un sistema de abatimiento de emisiones, ya que esta no cuenta con los equipos de captación de particulado ni de gases

La presente Oferta contempla todos los alcances definidos tanto en la oferta técnica como en esta oferta económica atendiendo los antecedentes entregados y vistos en terreno junto con el Administrador de Planta Sr. Francisco Molina

2. Alcances del Proyecto

Este estudio permitirá visualizar y definir acciones para mejorar los siguientes aspectos:

1. Mejorar la operación de la caldera desde el punto de vista de la combustión
2. Mejorar el rendimiento y producción de vapor de la caldera
3. Optimizar el consumo de madera
4. Diseñar los Equipos auxiliares necesarios implementar para lograr el control eficiente de las emisiones, con el objeto de evitar la generación de humo negro y capturar el material particulado para bajar las emisiones PM10 y PM2.5, cumpliendo con los niveles de emisión por debajo de lo requerido por la norma
5. Proporcionar un diseño para diversificar el uso de otras formas del combustible (Serrín, Virutas y Corteza)

3. Oferta de Valor:

El valor contemplado en esta Oferta contempla.

1. Visitas a terreno necesarias durante es desarrollo del Proyecto para inquirir información
2. Visitas de asistencia durante el proceso de fabricación de los equipos para el control de calidad y resolución dudas
3. Disponibilidad telefónica para responder consultas
4. Vistas a la Planta durante el montaje y modificaciones a realizar
5. Disponibilidad para asistir durante las pruebas y/o puesta en marcha
6. La asistencia termina una vez que los sistema han sido probados y funcionado correctamente

4. Entregables:

1. Memoria de cálculo de los Equipos
2. Informe para ser entregado a la autoridad con las condiciones de diseño y los parámetros de emisiones a lograr
3. Planos de Diseño de los equipos
4. Planos de Fabricacion de los equipos
5. Planos de Montaje de los equipos

5. Condiciones Económicas:

5.1. Valor Total: \$ 6.890.000 + 10 % impuestos por boleta de Servicios

5.2. Condiciones de Pago:

1. 50 % Anticipo una vez aceptada la Oferta
2. 50 % Restante una vez entregado el Proyecto

Ing. Civil Mec.
Especialista en Combustión y Sistemas
De Control de Emisiones

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA



"PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA DE VAPOR PLANTA DE SECADO MASMADERA LTDA"

Propietario: Sr. Cristian Andres Mackay Heredia

Cliente Mandante: Sr. Francisco Molina (Administrador)

Realizador del Estudio: Oscar Hidalgo Diaz

Ing. Civil Mec

Especialista en Combustión y Control de Emisiones

Enero 2020

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

SUMARIO

Aserradero MASMADERA ubicada en Panamericana Sur Km 410, Comuna Chillan Viejo, posee para su proceso de secado de madera, una caldera para producir vapor de baja presión, la cual utiliza biomasa como combustible

Esta Caldera no cuenta con equipos de abatimiento, por tanto, el flujo de gases generado en la caldera pasa directamente a la chimenea a través del ventilador de tiro inducido, y por ende la instalación hace propicia la circunstancia para que se genera un arrastre de particulado producto de la combustión

A pesar de no contar con un estudio isocinético de los gases emitidos, las emisiones actuales de la caldera se estiman altas en relación con lo estipulado por la Norma Medioambiental, esto debido a la baja retención de material dentro del hogar de la caldera.

La concentración de material particulado en este tipo de proceso de combustión tiende a ser bastante dispersa, la cual por lo general está en torno a los 500 hasta 2000 mg/Nm³-seco, los que en cualquier caso se consideran valores altos, por tanto, la eficiencia de recolección se hace más compleja, situación que demanda contar con mecanismos mucho más eficaces para lograr el nivel de captura adecuado

Se ha realizado un estudio de la situación operativa de la caldera y del proceso, lo que ha permitido visualizar que existen oportunidades de mejora, tanto en lo que concierne a la operación misma de la caldera desde el punto de vista de la combustión, como de los equipos auxiliares necesarios para controlar las emisiones

El resultado de dicho estudio, arroja como resultado que la ausencia de los equipos no permite cumplir con las condiciones para abatir adecuadamente las emisiones generadas en la caldera

Esta falencia también afecta la combustión de la caldera, lo cual genera un círculo vicioso, que no es posible superar si es que no se realizan mejoras a través de la implementación de equipos con el diseño adecuado para superar la situación actual

Los cambios principales propuestos en este Proyecto son implementar los siguientes equipos como parte del sistema de mejora

- Un Calentador de Aire con una superficie de intercambio de calor adecuada para subir la temperatura del aire de combustión de la caldera
- Un Ciclón de alta eficiencia
- Un depurador tipo Venturi con inyección de agua atomizada
- Un ciclón depurador eliminador de niebla.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

El cálculo, diseño y dimensionamiento del nuevo sistema, estará basado en el flujo de gases generado en el proceso de combustión de la Caldera

El proyecto contempla la incorporación de los nuevos equipos antes señalados como lo son el ciclón de alta eficiencia (sobre 80%), calculado para capturar partículas de hasta 5 micrones y un depurador tipo Venturi con inyección de agua atomizada, el cual permitirá capturar particulado de hasta 1 micrón, ya que se trata de un equipo de alto poder de captura, especialmente diseñado para retener particulado fino.

A lo anterior se agrega un ciclón eliminador de niebla para capturar el arrastre de agua y eventuales partículas finas

Lo más relevante de este Proyecto, es que, junto con permitir una alta capacidad de captura de material fino, permitirá mejorar la eficiencia térmica de la caldera a través del aumento de la temperatura del aire de combustión, producto de la incorporación del nuevo Calentador de Aire, el cual mejorará el intercambio de calor hacia el aire de combustión a través del ventilador de aire primario bajo parrilla

En definitiva, el nuevo Proyecto de Abatimiento permitirá:

- Mejorar la combustión de la caldera
- Capturar el material particulado para bajar las emisiones PM10 y PM2.5 para cumplir con los valores de particulado establecidos por la Norma (<50 mg/m³).

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

1. DESARROLLO DEL PROYECTO DE ABATIMIENTO DE PARTICULADO

1.1. Antecedentes

Planta MASMADERA Ltda.; ubicada en Panamericana Sur Km 410, Comuna Chillan Viejo, posee para su proceso productivo una caldera para generar vapor de baja presión, usado en la etapa de secado de madera, la cual utiliza desechos de madera (Biomasa como combustible

Para esta Caldera se ha solicitado un estudio Técnico, el que incluye un Proyecto de diseño de un sistema de abatimiento de emisiones, ya que el sistema no cuenta con los equipos necesarios para la captación de particulado

Las características existentes son:

- Fabricante: Gebruder Wagner-vapor industrial S.A.
- Numero de fabrica:6.524
- Año de Fabricacion: 1962 (reacondicionada el año 2000)
- Superficie de calefacción:160 m²
- Presión máxima: 115 Lbs/Pulg²
- Tipo de Caldera: Ignitubular Horizontal de 3 pasos
- Producción de vapor: 3.800 kg/hora - Presión de vapor: 8 bar
- N° de registro de Fabricacion: 6524-1962
- Presión de Diseño: 10 atm = 1013.25 kpa =10,33 kgf/cm²
- Tipo de Parrilla: Fija refrigerada por agua-manual
- Diámetro Fogón: 950 mm, largo: 4.580

1.1. Configuración de la planta térmica:

La Caldera está constituida por los siguientes equipos periféricos:

- Un Ventilador de Tiro Inducido Conectado directamente a la salida de los gases de la Caldera, el cual descarga a la chimenea de manera vertical, encontrándose la chimenea, sobre el ducto de descarga del ventilador
- Ventilador Forzado (Operativo, solo se usa durante el proceso encendido de la Caldera)
- Planta de Tratamiento de Agua de Alimentacion con su correspondiente sistema de bombas impulsión
- Válvulas de Seguridad

Como ya se mencionó, la caldera no cuenta con un sistema de captura de emisión de particulado. La ausencia de una implementación adecuada de los elementos y equipos, no

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

permiten que pueda operar adecuadamente para cumplir con los estándares de emisión requeridos por la Norma

El presente estudio y proyecto, contempla todos los alcances definidos en la oferta técnica atendiendo de acuerdo a los antecedentes entregados y vistos en terreno junto con el Administrador de Planta Sr. Francisco Molina

1.2. Objetivos del Proyecto

Este estudio permitirá visualizar y definir acciones para mejorar los siguientes aspectos:

1. Mejorar la operación de la caldera desde el punto de vista de la combustión
2. Mejorar el rendimiento y producción de vapor de la caldera
3. Optimizar el consumo de madera
4. Diseñar los Equipos auxiliares necesarios implementar para lograr el control eficiente de las emisiones, con el objeto de evitar la generación de humo y capturar el material particulado para bajar las emisiones PM10 y PM2.5, cumpliendo con los parámetros ambientales y niveles de emisión requeridos por la Normativa vigente
5. Proporcionar un diseño para diversificar el uso de otras formas del combustible (Aserrín, Virutas y Corteza)

2. Alcances del Proyecto

De acuerdo con lo requerido por la normativa vigente se requiere, por tanto, diseñar los sistemas que una vez implementados permitan superar las brechas notificadas por la autoridad

Actualmente no se cuenta con información referente a la Caracterización del material particulado emitido ni de la concentración de este, sin embargo, bajo las condiciones actuales de diseño se asume los valores de particulado emitido es alto y disperso

Por tanto, la eficiencia de recolección se hace más compleja, situación que demanda contar con mecanismos mucho más eficaces para lograr el nivel de captura adecuado

Por tal razón, y con el propósito de superar el actual estado de deficiencia de la Planta generadora de vapor, se ha solicitado un estudio Técnico que considere tanto la situación operativa de la caldera como del proceso mismo

Este estudio permitirá visualizar y definir acciones de mejora, tanto en lo que concierne a la operación de la caldera desde el punto de vista de la combustión, como de los equipos auxiliares necesarios de implementar para lograr el control eficiente de las emisiones

Es necesario destacar que las actuales deficiencias tienen efectos sobre la combustión de la caldera, lo cual no sería posible superar si es que no se realiza un cambio radical en términos de diseño de equipos de mitigación con la capacidad adecuada y aquellos que permitan reducir las emisiones por la vía de mejorar la combustión

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

El cálculo, diseño y dimensionamiento del nuevo sistema, estará basado en el flujo real de gases generado en el proceso de combustión de la Caldera

Entre los cambios principales propuestos en este Proyecto se contempla la implementación de los siguientes equipos como parte del sistema de mejora

- Un Calentador de Aire con una mayor superficie de intercambio de calor para subir la temperatura del aire de combustión de la caldera
- Un Ciclón de alta eficiencia
- Un depurador tipo Venturi con inyección de agua atomizada
- Un ciclón eliminador de niebla.

Los cambios anteriores permitirán una alta capacidad de captura de material fino, en tanto la incorporación de un Calentador de Aire, permitirá mejorar la capacidad de intercambio térmico, con lo cual se mejorará tanto su eficiencia térmica al aumentar la temperatura del aire de combustión, lo anterior permitirá el uso permanente del Ventilado Forzado existente para mejorar la capacidad de combustión y eventualmente bajar el consumo de combustible

La inclusión de un ciclón de alta eficiencia (sobre 80%), está calculado para capturar partículas de hasta 5 micrones

Por último, y completando el proceso de eliminación de particulado, a continuación del Ciclón se realizará un lavado con agua del gas proveniente del proceso de combustión de la caldera a través de un dispositivo Tipo Venturi, el cual permitirá retener compuestos contaminantes tales como: CO y CO₂, así como las partículas sólidas no extraídas en la etapa de captación del Ciclón

El lavador Venturi incorporado en el proceso a través de este Proyecto, es un equipo que corresponde a un diseño de alta energía, y por tanto de alta eficiencia, especialmente diseñado para capturar particulado fino. Este equipo posee la capacidad de remover partículas mayores a 0.5 μm de diámetro y menores de 2,5 μm con una eficiencia de hasta un 98%.

Lo más relevante de este Proyecto, es que, en base a la evaluación de la condición de combustión de la caldera, se evitará la producción de una cantidad importante de humo y particulado, con lo cual se podrá cumplir los niveles de emisión por debajo de lo requerido por la norma

En definitiva, el Proyecto permitirá:

- Mejorar la combustión de la caldera
- La implementación del nuevo sistema de abatimiento permitirá capturar el material particulado para bajar las emisiones PM₁₀ y PM_{2.5}
- Diversificar el uso de otras formas del combustible (Serrín, Virutas y Corteza)

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

2. CALCULO DE EMISIONES DE PARTICULADO

Las emisiones de la caldera están compuestas por dos factores:

- Las cenizas que se logran retener en la caldera (Ceniza Gruesa) y
- Las que salen suspendidas en el flujo de gases (Particulado fino)

Es decir:

$MT =$ Descarga de ceniza gruesa ($M1$) + Descarga de gases con particulado fino ($M2$), según se muestra en el siguiente dibujo esquemático

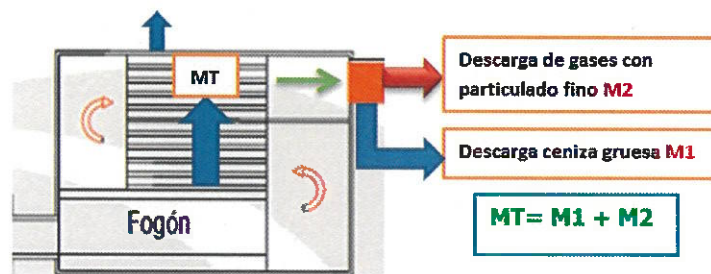


Figura 1. Clasificación de Material Particulado en la Caldera

3. OPCIONES Y COMPARACION DE TECNOLOGÍAS DE CONTROL DE PARTICULADO

3.1. Analisis de alternativas

Existen cuatro formas de captura de particulado.

- Separación mecánica (Ciclón)
- Lavado (Venturi)
- Precipitación electrostática
- Filtración (Filtro de magas)

Después de realizar un análisis, en este estudio no se considerarán las dos últimas opciones por razones tanto de costo de inversión como por las desventajas que presentan en cuanto a operación y mantenimiento durante su funcionamiento

Para estas opciones se realizó un análisis detallado considerando factibilidad técnica económica para elegir el sistema de control más apropiado.

Como resultado de este análisis después de comparar entre las diferentes tecnologías para sistemas de control de emisiones atmosféricas, se establecieron dos opciones para reducir la concentración de material particulado:

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

- a. El Ciclón de alta eficiencia
- b. Lavador de gases tipo Venturi con torre de absorción

A continuación, se presenta un resumen con las ventajas y desventajas que presenta cada una de estas alternativas posibles de implementar, considerando las características de la caldera existente en la Planta MASMADERA

A continuación, en la tabla 1., se presenta el análisis antes señalado

TABLA 1. CUADRO COMPARATIVO DE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS POSIBLES			
N°s	Tecnología	Ventajas	Desventajas
1	Multiciclón Vertical	Bajo Rendimiento, bajo costo de mantenimiento	Muy baja eficiencia de recolección (50% 70%)
2	Multiciclón + Filtro de mangas	Cumplimiento de norma, sin rotura de bolsas	Bolsas fallan con frecuencia, alto costo de reposición
3	Scrubber (Captura con agua)	Costo inicial medio (1 a 2)	Eficiencias variables, consumos de agua altos
4	Multiciclón Vertical (De alta caída de presión)	Mayor eficiencia (1)	Alto consumo energético, eficiencia variable
5	Precipitador electrostático	Cumplimiento de norma (sin falla electrónica)	Alto costo inicial, alto nivel técnico de operadores y mantenedores, alto costo de mantenimiento, alto costo energético
6	Multiciclón axial con extracción de ceniza por eyectores tipo Venturi	Costo inicial menor a (2,4 y 5). Eficiencia mayor a (1 y 3). Cumple norma- 150 mg/m ³ . Permite control de eficiencias variando inyección de agua, consumiendo <20% de (3)	No logra cumplir control de emisiones para 50 Mg/m ³
7	Combinación de Ciclón de alta eficiencia con Venturi e Hidrociclón	Permite cumplir con todos los parámetros logrados con los equipos del Ítem 6, pero además con mayor capacidad de captura de P.M	Alta eficiencia, logra cumplir control de emisiones para 50 Mg/m³ y captura de PMA hasta 2,5 µm

Como se puede apreciar en el cuadro anterior la mejor opción a implementar es la que corresponde a la alternativa 7 (Combinación de Ciclón de alta eficiencia con Venturi e Hidrociclón)

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

4. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA

A continuación, se hace una descripción del principio de funcionamiento de los dos métodos a implementar en planta MASMADERA

4.1. Combinación de ciclón de Alta Eficiencia con Separador Venturi e Hidrociclón.

La razón de elegir implementar este sistema se justifica en el hecho de que el separador venturi, es capaz de separar partículas menores de $< 1\mu$, lo cual no puede lograr el ciclón por sí solo.

Las principales ventajas de un Sistema Venturi son las siguientes:

- Diseño simple y compacto
- Alto grado de separación para partículas de polvo finas y aerosoles
- Insensible a obturaciones
- Absorción simultanea de gases contaminantes

Esta unidad combina los efectos de ciclón e Hidrociclón. Es en este último donde se realiza la separación de las microgotas de agua que contienen el material particulado y los contaminantes por medio de la fuerza centrífuga, esta se emplea también como torre de lavado por aspersión. El líquido es drenado por la parte inferior y conducido al sistema de tratamiento.

El Hidrociclón estará conectado al Venturi a través de una transición, este también contará en la parte superior con un sistema eliminador de niebla, cuyo objetivo será evitar que la mezcla de gases con líquido salga por la parte superior hacia el VTI y la chimenea respectivamente.

El material tanto del Venturi como del ciclón será acero inoxidable calidad AISI 304

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

5. INFORMACION REQUERIDA PARA EL CALCULO Y DISEÑO

5.1. Procedimiento general de diseño

En este ítem se describe el procedimiento general de diseño, el cual comprende los siguientes puntos.

Selección del tipo de ciclón, y el tipo de venturi, dependiente del funcionamiento y necesidades requeridas, entre las cuales se contemplan:

- Caudal generado por el tipo de ventilador. m³ /hora.
- Peso específico del producto a transportar. Kg/m³
- Tamaño de partículas a separar. μm
- Fluido de transporte.
- Caudal de producto a transportar por la corriente gaseosa. Kg/m³

TABLA 2. INFORMACION DE LA CALDERA MAS MADERA		
Ítem	Parámetros Informativos de la caldera	Datos
1	Consumo de madera para la combustión de la caldera a máxima carga	0,45 m ³ /hora= 10,8 m ³ /día, 3.996 kg/día=166,5 kg/hora
2	Dimensiones del ducto de salida de la caldera (es succión del ventilador)	Rectangular 23"x17" = 0,5842 m x 0,4318 m, Área = 0,253 m ²
3	Características del Ventilador, ojalá tomar los datos de placa, también diámetro de succión	Ventilador centrifugo 48" de diámetro = 1,2192 m x 19" de ancho, diámetro impulsor= 900 mm x 120 mm de ancho. Diámetro de succión 15" = 0,381 m
4	Potencia y consumo del motor eléctrico del ventilador actualmente	22 kW, consumo 40 amp
5	Dimensiones de la chimenea	Diámetro: 600 mm = 0,6 m, Altura: 12 mts sobre el ventilador.
6	Dimensiones del hogar: Largo, ancho, altura	Largo 5.50 mts, ancho 1.70 mts, alto 1.70 mts en la parte central.
7	Tipo de material que alimentara la correa Transportadora a la Caldera	Normalmente viruta, despunte y leña.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

6. CONSIDERACIONES DISEÑO LAVADOR DE GASES TIPO VENTURI

Se elegira un ciclón de alta eficiencia, Venturi y Torre de Aspersión basado en los parámetros que se indican en la Tabla 3 y 4

TABLA 3. ESTIMACION DE EMISIONES CONTROLADAS POR LOS EQUIPOS A IMPLEMENTAR						
Parámetro	Capacidad de captura de Particulado Combustión aserrín, corteza y viruta			Eficiencia de remoción		
				PST	PM10	PM 2,5
Diámetro menor a	2,5 [μm]	6 [μm]	10 [μm]	-	-	-
Ciclón de alta efic. [$\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$]	124	148	162	80-99	60-95	20-70
Venturi [$\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$]	14	16	16	70% a 99% para partículas mayores a 1 μm de diámetro		
Torre de aspersión [$\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$]	110	118	120			

TABLA 4. CARACTERISTICAS DE EFICIENCIA DE LOS DEPURADORES HUMEDOS A IMPLEMENTAR		
Parámetro	Venturi	Torre de Aspersión
Eficiencia	0 a 2,5 [μm]: 90 % 2,5 a 6 [μm]: 95% 6 a 10 [μm]: 99 %	0 a 2,5 [μm]: 20 % 2,5 a 6 [μm]: 80% 6 a 10 [μm]: 90 %
Concentración de MP (Cargas contaminantes) [$\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$]	1 a 115, a condiciones estándar	No evaluable
Caída de presión [kPa]	2,5 a 7,5	Muy baja
Caudal de gas	0.2 a 47 Nm ³ /s	

6.1. Lavador de gases tipo venturi:

6.1.1. Analisis descriptivo:

En este tipo de lavador la remoción partículas se lleva a cabo por impacto y difusión, mientras que los gases se remueven por absorción en el líquido. El sistema de lavado está compuesto principalmente por una columna Venturi, un colector centrífugo y un sistema de recirculación y tratamiento de líquido de lavado.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

Se consideraron las siguientes características para la selección de este equipo para su implementación

- Venturi de abertura fija.
- Construcción sencilla.
- Diseño simple y compacto.
- Alto grado de separación para partículas de polvo
- Insensible a las obturaciones.
- Bajo costo mantenimiento.
- Permite el tratamiento de caudales variables de aire.

Los lavadores tipo venturi son particularmente adecuados para retener material particulado húmedo o pegajoso, así como remover gases contaminantes como SOX, remoción de materiales contaminantes inflamables o altamente corrosivos.

Para llevar a cabo el diseño del equipo de abatimiento se tomaron en cuenta las siguientes variables de operación:

- Volumen de los gases de combustión
- Temperatura de los gases de combustión
- Caída de presión en el ventilador de tiro inducido para soportar la caída de presión en el venturi.

6.1.2. Formación de las gotas en un lavador Venturi

Los lavadores Venturi son dispositivos que proveen por si mismos la formación de las gotas de líquido, pues la energía requerida para la atomización del líquido de lavado la proveerá la corriente gaseosa acelerada en la garganta del dispositivo. Esta atomización neumática de doble fluido (gas y agua), puede presentarse en dos formas: atomización tipo gota y atomización tipo nube.

La primera se lleva a cabo cuando por medio de toberas de diámetro interno menor a 1 mm, el líquido es inyectado en la corriente gaseosa que fluye a gran velocidad, resultando así el rompimiento de la tensión superficial del agua y la formación de pequeñas gotas, mientras que para la segunda se utiliza toberas de mayor tamaño, generando diminutas gotas agrupadas en forma de una pequeña nube.

Una vez que la descarga gaseosa proveniente del ciclón ha sido enfriada hasta unos 69 °C, ésta pasará al sistema de remoción de partículas, el cual consistirá en un lavador húmedo tipo Venturi.

En un lavador Venturi (figura 2), se identifican tres zonas, que son:

- Zona convergente,
- Garganta
- Zona divergente

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

El gas cargado con partículas ingresa a la zona convergente, donde debido al cambio gradual en la sección transversal por donde fluye, se producirá un incremento en la velocidad del gas hasta alcanzar un valor máximo en la zona que se conoce como garganta.

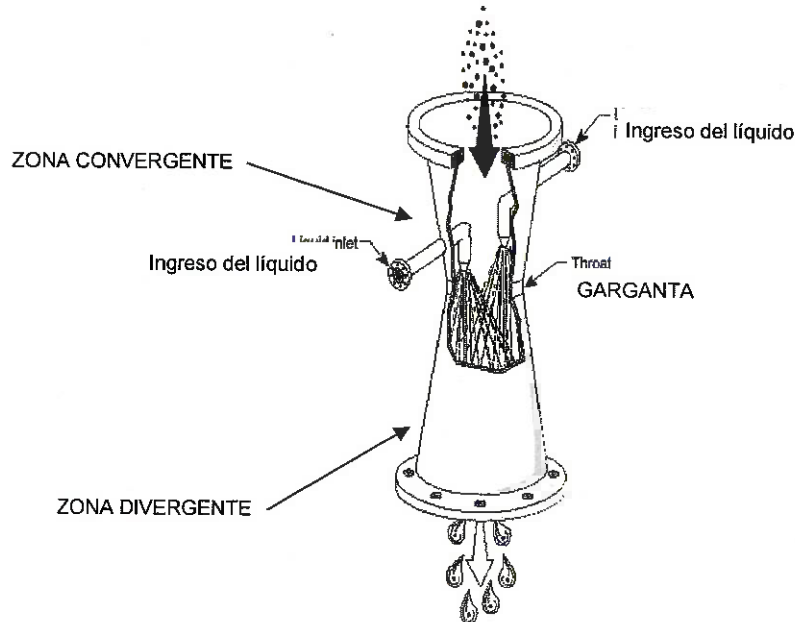


Figura 3. Identificación de zonas y principio de operación de un lavador Venturi

Para llevar a cabo la captación de partículas, se inyectará agua en la zona donde el gas fluye, y por lo tanto las partículas alcanzaran su mayor velocidad, produciéndose así el rompimiento de la tensión superficial del agua y dando lugar a la formación de pequeñas gotas del líquido.

Esto resultará en el contacto físico entre las gotas del líquido de lavado y las partículas, de manera que éstas últimas serán removidas de la descarga gaseosa.

La velocidad relativa entre las gotas del líquido de lavado y las partículas a removerse, es el parámetro más importante en todo lavador de gases destinado a la remoción de partículas.

Los mecanismos de colección que intervienen en un lavador de partículas, cualquiera sea su tipo, son:

- a. Impacto inercial
- b. Intercepción
- c. y Difusión.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

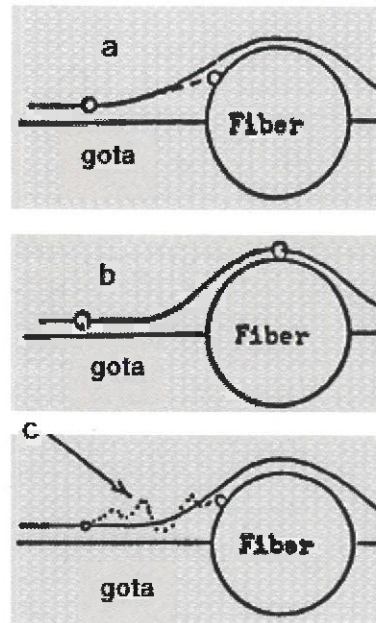


Figura 4. Mecanismos de colección:

De éstos, el principal mecanismo de remoción es el impacto inercial, el cual se lleva a cabo cuando las partículas tienen la inercia suficiente para abandonar la trayectoria de flujo del gas que las transporta, de manera que mientras el gas se desvía alrededor de las gotas del líquido, las partículas impactan contra la superficie de las gotas; colectando partículas con diámetro mayor a $10\ \mu\text{m}$

Las partículas que siguen la trayectoria de las líneas de flujo del gas no serán atrapadas por impacto inercial, a este mecanismo de colección se lo conoce como intercepción y predomina para partículas de $0.1\ \mu\text{m}$ a $10\ \mu\text{m}$.

Partículas menores a $0.1\ \mu\text{m}$ de diámetro, e inclusive aquellas menores a $0.5\ \mu\text{m}$ están sujetas al mecanismo de difusión, el cual se lleva a cabo por el movimiento browniano de las partículas

A mayor velocidad relativa entre las gotas del líquido de lavado y las partículas, mayores serán las posibilidades de que se lleve a cabo la captación de partículas. el lavador Venturi puede inclusive remover partículas del tipo $\text{PM}_{2.5}$.

Los principales parámetros que influyen sobre el desempeño de un lavador Venturi son

- Distribución de tamaño de partícula y cantidad de material particulado
- Temperatura, humedad y flujo de la corriente gaseosa
- Velocidad del gas y caída de presión

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

- Relación líquida a gas
- Tamaño de las gotas del líquido
- Tiempo de residencia

La distribución de tamaño de partícula determinará la eficiencia global de colección que tiene el venturi, y su humedad, determinarán la cantidad del líquido de lavado que se evaporará; a mayor evaporación, mayor será la cantidad del líquido que deba inyectarse para tratar el gas.

La longitud de la garganta y de la zona divergente del lavador Venturi deberá ser tal que permita el contacto suficiente entre las gotas y las partículas

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

MEMORIA DE CALCULO DEL CICLON Y EL LAVADOR VENTURI

1. CALCULO Y DISEÑO DEL CICLON

1.1. Característica que debe cumplir la corriente de emisión en un ciclón

Las siguientes son algunas de las características que debe cumplir la corriente de emisión para utilizar ciclones:

1.1.1. Caudal de aire:

Los caudales típicos de gas para unidades de un solo ciclón son de 0.5 a 12 m³ /s a condiciones de referencia.

1.1.2. Temperatura:

Las temperaturas del gas de entrada están limitadas únicamente por los materiales de construcción del ciclón, las cuales pueden alcanzar hasta 540°C. En nuestro caso la temperatura máxima que se podría alcanzar no sobrepasara los 200 °C

1.1.3. Concentración de partículas:

Las concentraciones típicas de partículas en el gas van de 2,0 a 230 g/m³ a condiciones de referencia.

Datos de Calculo:

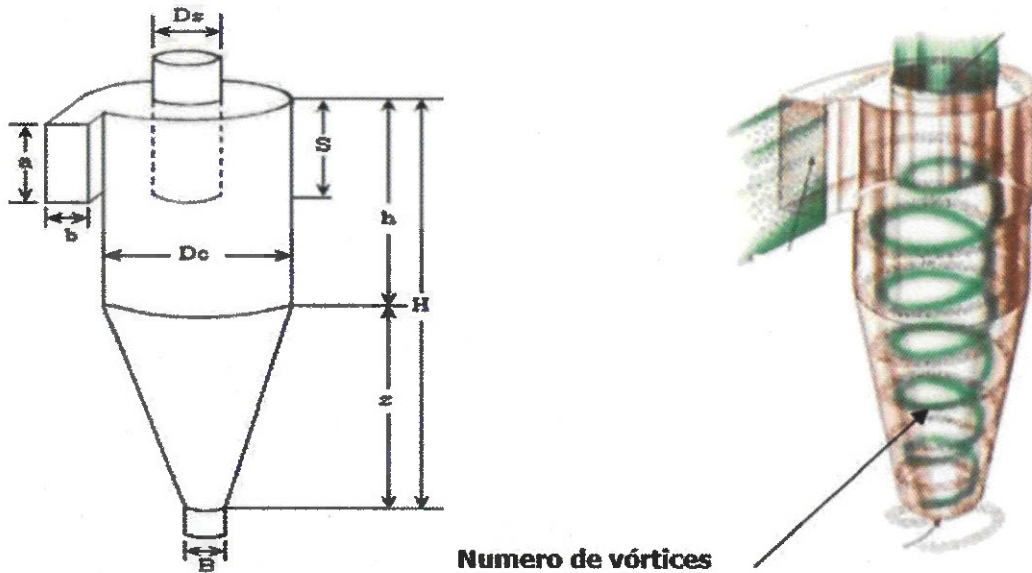
- Caudal de gases: 8.000 m³/hora como máximo= 2,22 m³/seg
- Caudales típicos de gases para unidades de un solo ciclón son de 0,5- 12 m³/seg
- Temperatura de entrada= 170°C
- Concentración de partículas van desde 20 a 230 grs/m³, condiciones de referencia
- Densidad de las partículas= 1.200 Kg/m³
- Eficiencia= 80%
- Diámetro del Ciclón < 1 m
- Caída de presión < 2.488,16 Pa
- Relación de velocidad= (Vi/Vs) < 1,35
- Velocidad de entrada 15,2-27,4 m/seg

1.1.4. Elección del Tipo de diseño para el Ciclón:

Se elegira el diseño de ciclón de alta eficiencia, para lo cual el que cumple con esta condición es el Ciclón Swift, cuya relación de respecto a las dimensiones se muestra en la tabla 5. Siguiente:

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

TABLA 1. RESUMEN DE DIMENSIONES DEL CICLON DE LTA EFICIENCIA			
Dimensión	Parámetro	Relación	Ciclón Swift de alta eficiencia
Diámetro del ciclón	Dc	Dc/Dc	1
Altura de entrada	a	a/DC	0,44
Ancho de entrada	b	b/Dc	0,21
Altura de salda	s	s/Dc	0,5
Diámetro de salida	Ds	Ds/Dc	0,4
Altura parte cilíndrica	h	h/Dc	1,4
Altura parte cónica	z	z/Dc	2,5
Altura total del ciclón	H	H/Dc	3,9
Diámetro de salida de partículas	B	S/Dc	0,4
Numero de vórtices	N		6,0



Figuras 1. Esquema dimensional del Ciclón simple con entrada tangencial y descarga axial

Parámetros de diseño:

- Los rangos de caídas de presión para los ciclones de alta eficiencia son de 2 a 2.5 kPa (0,02 a 0,025 Bar)
- Velocidad seleccionada para el diseño del ciclón= 22 m/s
- Caudal de gases = 2 m³/seg

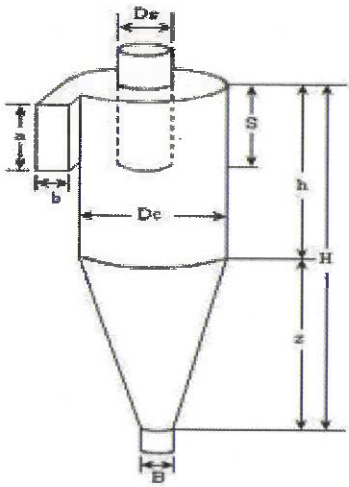
PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

2. REQUERIMIENTOS, CONDICIONES GENERALES DE DISEÑO Y MÉTODOS DE CÁLCULO

Para poder llevar a cabo un buen diseño, y obtener a cabalidad los requerimientos exigidos, es decir, que cumpla el objetivo para el cual será diseñado el ciclón, la caída de presión máxima permisible corresponde a un rango de velocidad de entrada al ciclón dentro del intervalo de 15.2 a 27.4 m/s

Para este caso seleccionamos una velocidad de entrada de 22 m/s. Con este valor se puede determinar el diámetro del ciclón y las otras dimensiones con base en las relaciones establecidas para las familias de ciclones Swift de alta eficiencia (Tabla 1).

Se elegira un Ciclón Swift



Área del ducto de entrada:

$$\text{Área} = \frac{Q}{V_i}$$

$$\text{Área} = \frac{2}{22} = 0,0909 \text{ m}^2$$

Área del ducto de entrada = $a \times b$

Para un ciclón Swift (Tabla 1):

Altura de entrada al ciclón (a): $a = 0,44 D_c$

Ancho de entrada al ciclón (b): $b = 0,44 D_c$

$$a \times b = 0,5 D_c \times 0,25 D_c = 0,0909 \text{ m}$$

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$D_c = \sqrt{0,0909/0,125}$$

$$D_c = 0,853 \text{ m}$$

Entonces: Las otras dimensiones se hallan con base en las proporciones propuestas:

- 1) Altura de entrada al ciclón (a): $a = 0,44 D_c$
 $a = 0,44 \times 0,853 = 0,37532 \text{ m}$
- 2) Ancho de entrada al ciclón (b): $b = 0,21 D_c$
 $b = 0,21 \times 0,853 = 0,17913 \text{ m}$
- 3) Altura de salida del ciclón (S): $S = 0,5 D_c$
 $S = 0,5 \times 0,853 = 0,4265 \text{ m}$
- 4) Diámetro de salida del ciclón (Ds): $D_s = 0,4 D_c$
 $D_s = 0,4 \times 0,853 = 0,3412 \text{ m}$
- 5) Altura parte cilíndrica del ciclón (h): $h = 1,4 D_c$
 $h = 1,4 \times 0,853 = 1,1942 \text{ m}$
- 6) Altura total del ciclón (H): $H = 3,9 D_c$
 $H = 3,9 \times 0,853 = 3,3267 \text{ m}$
- 7) Altura parte cónica del ciclón (z): $z = 2,5 D_c$
 $z = 2,5 \times 0,853 = 2,1325 \text{ m}$
- 8) Diámetro salida del polvo (B): $B = 0,4 \times D_c$
 $B = 0,3412 \times 0,853 = 0,3412 \text{ m}$

TABLA 2. RESUMEN DE DIMENSIONES DEL CICLON DE LTA EFICIENCIAA

Dimensiones	Parámetro	Relación para el calculo	Ciclón Swift de alta eficiencia	Medida mm
Diámetro del ciclón	$D_c = 875$	D_c/D_c	1	875
Altura de entrada	$a = 376$	a/D_c	0,44	376
Ancho de entrada	$B = 180$	b/D_c	0,21	180
Altura de salida	S	S/D_c	0,5	427
Diámetro de salida	D_s	D_s/D_c	0,4	342
Altura parte cilíndrica	h	h/D_c	1,4	1195
Altura parte cónica	z	z/D_c	2,5	2133
Altura total del ciclón	H	H/D_c	3,9	3327
Diámetro de salida de partículas	S	S/D_c	0,4	342
Factor de Configuración	G		381,79	
Numero de vórtices	N		8,0	
Material	Plancha de acero T1 de 3- 4 mm de espesor			

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

2.1 Estimación del número de ciclones necesarios para trabajar en paralelo

Ya que $D_c < 1.0$ m, solo se requiere un ciclón simple, ya que el valor del diámetro del ciclón está relativamente cercano a 1.0 metro. Por otro lado, para caudales entre 0.5 y 12 m³ /s a condiciones de referencia se utilice un solo ciclón.

2.2. Cálculo de la eficiencia del ciclón

Para calcular la eficiencia del ciclón se requiere calcular primero si hay o no resuspensión, ya que de presentarse resuspensión en el ciclón, la ecuación de Leith y Licht estaría sobrestimando la eficiencia del ciclón.

Para hallar la relación de velocidades se requiere primero estimar la velocidad equivalente y luego la velocidad de saltación.

2.3. Eficacia de remoción por tipo de ciclón

Teóricamente, D_p , es el tamaño de la partícula más pequeña que puede ser recolectada, esto significa que todas las partículas de diámetro D_p o mayores pueden ser recolectadas con una eficacia del 100%

$$d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot \mu \cdot W}{\pi \cdot N_e \cdot V_i \cdot (\rho_p - \rho_g)} \right]^{1/2}$$

$$d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot 2,08 \cdot 10^{-5} \cdot 0,342}{\pi \cdot 6 \cdot 22 \cdot (1000 - 0,8)} \right]^{1/2} = 0,00001243\text{m} = 12,43\mu\text{m}$$

El diámetro mínimo de partícula que puede ser recolectada con un 100% de eficacia está directamente relacionado con la viscosidad y con el diámetro del conducto de entrada, y es inversamente proporcional con el número de giros, la velocidad de entrada el gas y la diferencia de densidad entre el gas y la partícula. En la práctica, la eficiencia de recolección de partículas depende de estos parámetros, pero esto predice que tasas las partículas mayores del D_p son recolectadas

Otro parámetro para considerar en el diseño de los ciclones es la pérdida de carga. Existen muchos modelos para dicho diseño, en este caso se ha usado la aproximación de Shepherd y Lapple:

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$H_v = K \cdot \frac{H \cdot W}{D_e^2}$$

Dónde:

- H_v = pérdida de carga
- K = constante que depende de la configuración del ciclón y de las condiciones de operación

Teóricamente, K puede variar considerablemente, pero lo normal es que varíe entre 12 y 18 (Caplan 1962). Licht (1984) recomienda fijar el valor de K en 16, por lo que:

$$H_v = 16 \cdot \frac{0,376 \cdot 0,342}{0,376^2} = 14,55$$

Convirtiéndolo en pérdida de carga:

$$AP = \frac{1}{2} \cdot \rho g \cdot v^2 \cdot H_v$$

$$v = 22 \text{ m/seg}$$

$$AP = \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 22^2 \cdot 14,55 = 2561,037 \text{ Pa} = 2.816,9 \text{ kPa}$$

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

3. DISEÑO Y CALCULO DEL DEPURADOR (LAVADOR) VENTURI

3.1. Objetivo del diseño

El objetivo de la implementación de un depurador tipo Venturi, es la minimización de la concentración de las emisiones de MP en la caldera de biomasa.

La principal característica del depurador tipo Venturi es su sección estrecha, donde se capta la mayor parte de la masa de MP mediante agua.

El modelo de garganta relaciona la captura de MP con las características geométricas y condiciones de operación del equipo, la cual permite determinar el agua necesaria para la depuración, y el diámetro y longitud de la sección estrecha del depurador tipo Venturi

El diseño de la sección convergente y divergente se realizará utilizando parámetros recomendados para sus longitudes y ángulos, mientras que los materiales de construcción del equipo se seleccionaran considerando la erosión y la presión externa sobre éste.

La Tabla 7, describe los valores de diseño a utilizar en esta memoria de cálculo, los cuales corresponden a valores estandarizados y probados

TABLA 3. PARAMETROS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DEL LAVADOR DE PARTÍCULAS

Velocidad del gas en la garganta

$V_G > 4.575 \text{ cm/s}$	Alta eficiencia de remoción de PM
$2000 < V_G < 2300 \text{ cm/s}$	Absorción y remoción de PM simultáneas

Relación Líquido – Gas

$0.26 < L/G < 2.6 \text{ l/m}^3$	Remoción de PM
$5.5 < L/G < 11 \text{ l/m}^3$	Absorción de gases y remoción de PM

Caída de presión

$10 < \Delta P < 150 \text{ in H}_2\text{O}$	Inferior en aplicaciones de absorción
--	---------------------------------------

Dimensiones típicas

Área de entrada / Área de la garganta = 4:1

Ángulo de convergencia = 12. 5°

Ángulo de divergencia = 3. 5°

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

4. IMENSIONAMIENTO DEL VENTURI

Para dimensionar el lavador Venturi, asumiremos una velocidad adecuada en la garganta; de la tabla 3 asumimos que $V_G = 4.600 \text{ cm/s}$.

4.1. Información para el diseño

- I. flujo molar de los gases es 182.750 mol/h
- II. Flujo de gases: 8.000 M3/h

Al incrementarse la humedad del gas en la etapa de enfriamiento, el flujo molar de los gases es 182.750 mol/h; a una temperatura de 85°C (341,48 K) y 1 atm de presión el flujo de los gases sería

$$G = \frac{n R_u T}{P}$$

$$G = \frac{182.750 \frac{\text{mol}}{\text{hora}} \cdot \frac{\text{m}^3 \cdot \text{Pa}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 358 \text{ }^\circ\text{K}}{101.300 \text{ Pa}}$$

$$G = 5.369,6 \text{ m}^3/\text{h} = 1,492 \text{ m}^3/\text{seg}$$

De manera que el diámetro de la garganta D_2 se encuentra de la siguiente forma:

$$G = V_g \cdot A_2$$

$$A_2 = \frac{G}{V_g}$$

$$A_2 = \frac{1,492 \text{ m}^3/\text{seg}}{46 \text{ m}/\text{seg}}$$

$$A_2 = 0,032434 \text{ m}^2$$

$$D_2 = 0,2032 \text{ m}$$

→ $D_2 = 21,5 \text{ cm}$, pero se aumentará a 24 cm para mantener la relación de áreas en 4:1

$$\rightarrow D_2 = 21.5 \text{ cm}$$

El diámetro del ducto a la entrada del lavador será 43 cm, por lo que el lavador de partículas tendrá el mismo diámetro en la entrada a la zona convergente, entonces

$$\rightarrow D_1 = 42,7 \text{ cm}$$

Debido a que el ángulo de convergencia sugerido en la tabla 3, es 12. 5°, entonces la longitud de la zona convergente se encuentra de la manera siguiente

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

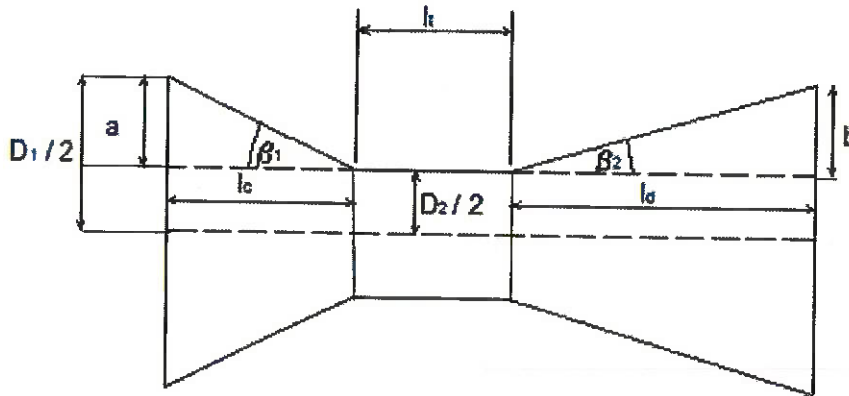


Figura 2. Esquema para dimensionar el lavador de partículas

Según la figura anterior, el valor de "a" es:

$$a = \frac{D_1}{2} - \frac{D_2}{2} = 10,6 \text{ cm}$$

$$a = 10,6 \text{ cm}$$

Por lo tanto, la longitud de la zona convergente l_c se calcula como

$$l_c = \frac{a}{\text{Tg}(\beta_1)}$$

$$l_c = \frac{10,6}{\text{Tg}(12,5)}$$

$$l_c = 47,8 \text{ cm}$$

El diámetro del ducto en la zona divergente lo asumimos en 21,5 cm; con este diámetro se obtiene aproximadamente una relación de área 4:1 como sugiere la tabla 3.

En resumen:

$$\rightarrow D_1 = 42,7 \text{ cm}$$

$$\rightarrow D_2 = 21,5 \text{ cm}$$

$$a = 10,75 \text{ cm}$$

Conociendo el diámetro a la salida, la longitud de la zona divergente se calcula de manera similar a la de la zona convergente:

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$l_d = \frac{b}{\text{Tg}(\beta_2)}$$

$$l_d = \frac{10,6}{\text{Tg } 3,5^\circ}$$

$$l_d = 173,3 \text{ cm}$$

Aunque la longitud de la garganta depende de cálculos posteriores, en esta parte podemos anticipar que su valor es 32 cm, de manera que las dimensiones finales del lavador Venturi son:

- Diámetro en la entrada del Venturi: $D_1 = 427 \text{ mm}$
- Diámetro en la salida del Venturi: $D_3 = 427 \text{ mm}$
- Longitud de la zona convergente: $l_c = 478 \text{ mm}$
- Longitud de la garganta: $l_t = 320 \text{ mm}$
- Longitud de la zona divergente: $l_d = 1.733 \text{ mm}$
- Diámetro de la garganta: $D_2 = 215 \text{ mm}$

Determinación de la eficiencia de remoción

Para hallar la eficiencia de colección global del lavador de partículas es necesario hacer el análisis para cada rango de tamaño de partícula. Para el rango comprendido entre 10 y 100 μm (tabla 15), el diámetro aerodinámico promedio de las partículas es 55 μm , y el porcentaje de la masa total que corresponde a ese rango es 35%.

Antes de hacer los cálculos es necesario asumir el factor L/G, por lo cual a partir de la tabla 3, escogemos que dicho valor será 1.02 litros/ m^3 (0.00102 m^3/m^3).

Entonces

$$\frac{L}{G} = 0,0015$$

$$\rightarrow Q_L = 0.00102 \cdot Q_G$$

$$Q_L = 0.00102 \cdot 1,492 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\rightarrow Q_L = 2.238 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (38 gpm)}$$

Cálculo del diámetro medio de Sauter:

Las propiedades del gas a 68°C son: densidad del gas: $\rho_G = 1.03 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$, viscosidad del gas: $\mu_G = 2.04 \times 10^{-4} \text{ poise}$.

El agua para utilizarse se la tomará del mismo estanque de recirculación de la cámara de enfriamiento, por lo que tendrá una temperatura aproximadamente igual a la de saturación

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

adiabática, o sea 61°C, (142°F); a esa temperatura las propiedades del agua son: densidad del líquido: $\rho_L = 0.98 \text{ g/cm}^3$

viscosidad del líquido: $\mu_L = 4.88 \times 10^{-3}$ poise, tensión superficial: $\sigma = 65.9$ dinas/cm; de manera que utilizando la ecuación siguiente y asumiendo atomización tipo gota, el diámetro promedio de las gotas es:

$$d_d = \frac{58600}{V_G} \cdot \left(\frac{\sigma}{\rho_L} \right)^{0.5} + 597 \cdot \left(\frac{\mu_L}{(\sigma \cdot \rho_L)^{0.5}} \right)^{0.45} \left(1000 \cdot \frac{Q_L}{Q_G} \right)^{1.5}$$

Donde:

- d_d = diámetro medio de Sauter para las gotas, μm
- V_G = velocidad del gas, cm/s
- σ = tensión superficial del líquido, dinas/cm
- ρ_L = densidad del líquido, g/cm^3
- μ_L = viscosidad del líquido, poise
- Q_L = flujo volumétrico del líquido, m^3/s
- Q_G = flujo volumétrico del gas, m^3/s
- Siendo $Q_L = 1,52184 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}$ y $Q_G = 1,492 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\rightarrow d_d = 116,51 \mu\text{m}$$

Cálculo del parámetro de impacto:

Un valor importante en el diseño de lavadores de partículas es el número de impacto o parámetro de impacto K_p , que se define como

$$K_p = \frac{2 \cdot x_s}{d_d} \quad (4)$$

donde x_s es la distancia de parada de una partícula proyectada en un aire estacionario y d_d es el diámetro de una gota del líquido de lavado que se encuentra en su trayectoria también en estado estacionario.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

El número de impacto K_p describe el comportamiento del impacto inercial, el cual es el principal mecanismo de colección en lavadores húmedos; si K_p es grande entonces un buen número de partículas impactarán las gotas del líquido, en cambio si K_p es pequeño, las partículas tenderán a seguir las líneas de flujo alrededor de las gotas.

Para partículas en el régimen de Stokes ($Re \leq 1$), el reemplazo de la distancia x_s en la ecuación (4) da origen a la siguiente ecuación

$$K_p = \frac{K_c \cdot \rho_p \cdot d_p^2 \cdot V_p}{9 \cdot \mu_g \cdot d_d} = \frac{d_a^2 \cdot V_p}{9 \cdot \mu_g \cdot d_d} \quad (5)$$

Donde:

K_c = factor de corrección de Cunningham

ρ_p = densidad de partícula, g/cm³

d_p = diámetro físico de partícula, cm

V_p = velocidad de partícula (igual a la del gas), cm/s

d_d = diámetro de las gotas, cm

μ_g = viscosidad del gas, Poise

d_a = diámetro aerodinámico de partícula, cm

El factor K_c , se utiliza para incluir los efectos de deslizamiento en partículas muy pequeñas, de tamaño cercano a la trayectoria media libre de las partículas del gas. Esto se da comúnmente en partículas menores a 5 μm

Tomando el diámetro aerodinámico promedio del rango, el parámetro de impacto es:

$$Kp = \frac{Vp}{9 \mu_g d_d} (da)^3$$

donde

V_p = velocidad de partícula (igual a la del gas), cm/s

d_d = diámetro de las gotas, cm

μ_g = viscosidad del gas, Poise

d_a = diámetro aerodinámico de partícula, cm

Esto se da comúnmente en partículas menores a 5 μm .

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$K_p = \frac{[(55 \times 10^{-4}) \text{ cm}]^2 \times 4600 \text{ cm/seg}}{9 \cdot 2,04 \times 10^{-4} \cdot 116,51 \cdot 10^{-4} \text{ cm}}$$

$$\rightarrow K_p = 6.505$$

Cálculo de la penetración:

Se han desarrollado varias ecuaciones para predecir la penetración y por tanto la eficiencia de colección en un lavador venturi, la más completa es la de Calvert, la que considera el tamaño de las gotas, el parámetro de impacto, la concentración de las gotas a través de la garganta del Venturi, y el cambio continuo de velocidad entre las partículas y las gotas

Por tanto, la penetración para un diámetro de partícula dado se calculó a partir de la relación siguiente:

K_p = Parámetro de impacto calculado anteriormente para la velocidad del gas a la entrada de la garganta (6.505)

d_d : en cm, corresponde al diámetro de Sauter

f' = Factor empírico

El factor f' se tomó como 0,25 para partículas hidrofóbicas y 0,50 para partículas hidrofílicas. Sin embargo, un lavador Venturi es esencialmente eficiente para partículas mayores a 5 μm , y la penetración para partículas menores a este valor, se relaciona con la caída de presión (en pulgadas de H₂O) a través del dispositivo por medio de la siguiente relación:

$$P_t = \text{EXP} \left\{ \frac{Q_L \cdot V_G \cdot \rho_L \cdot d_d}{55 \cdot Q_G \cdot \mu_G} \cdot \left[-0,7 - K_p \cdot f' + 1,4 \cdot \text{LN} \left(\frac{K_p \cdot f' + 0,7}{0,7} \right) + \frac{0,49}{0,7 + K_p \cdot f'} \right] \frac{1}{K_p} \right\} \quad (4.7)$$

$$P_t = \text{Exp} \left\{ \left(\frac{1,521 \cdot 10^{-4}}{55 \cdot 1,4915 \cdot 2,04 \cdot 10^{-4}} \cdot 4.600 \cdot 0,98 \cdot 116,51 \cdot 10^{-4} \right) [-0,7 - 6.505 \cdot 0,5 + 1,4 \cdot \text{Ln} \left(\frac{6.505 \cdot 0,5 + 0,7}{0,7} \right) + \frac{0,49}{0,7 + 6.505 \cdot 0,5}] \cdot \frac{1}{6.505} \right\}$$

$$P_t = 0.10816$$

Debido a que la eficiencia de remoción de un equipo de control varía de un rango a otro, es necesario expresar tal eficiencia para cada uno de los rangos. Por ello, para una distribución de tamaño de partícula con j rangos, la eficiencia global de colección η_0 será igual a la sumatoria de las eficiencias fraccionales de cada rango, o sea

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$\eta_o = \sum \eta_j \cdot m_j \quad (1)$$

donde

η_j = eficiencia de colección para el j-ésimo rango

m_j = masa en porcentaje del j-ésimo rango

De esta forma, la cantidad total de material particulado que puede removerse con el equipo de control está relacionada con su eficiencia global por medio de la siguiente relación

$$\eta_o = \frac{m_i - m_o}{m_i} \cdot 100 \quad (2)$$

Donde m es el flujo másico de la carga de partículas, y los subíndices i y o se refieren a los valores a la entrada y salida del equipo.

La penetración P_t , se define como la fracción de partículas de un diámetro específico que no son capturadas y que por lo tanto logran atravesar el equipo de remoción; se relaciona con la eficiencia de remoción por medio de

$$P_t = 1 - \eta \quad (3)$$

$$\rightarrow \eta = 1 - P_t = 1 - 0.10816 = 0.8918$$

Por medio de la ecuación siguiente, la eficiencia fraccional se calcula como:

$$\eta_{\text{fraccional}} = \eta_j \cdot m_j = 0.8918 \cdot 35\% = 31,22\% \rightarrow \eta_{\text{fraccional}}$$

De manera similar se procede con los rangos de tamaño de partícula restantes, con la diferencia de que para partículas menores a $5 \mu\text{m}$ se utilizará la ecuación 4.8 para el cálculo de la penetración; en ese rango no se requiere calcular el parámetro de impacto K_p pues la penetración es función de la caída de presión que, para las dimensiones dadas, y según los cálculos que se hacen más adelante, su valor es 1,657 pulgadas de H_2O .

Es decir, la penetración resulta para esos rangos de tamaño:

$$P_t = 3.47 \cdot (\Delta P)^{-1.43} \quad \text{ec 4.8}$$

$$P_t = 3,47 \cdot (1,657)^{-1.43} = 1,685$$

Los resultados se presentan en la tabla 8, en la cual se puede ver que el lavador de partículas tendrá una eficiencia global η_o de 85,563%, que es superior al valor requerido según los cálculos realizados

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

TABLA 4

EFICIENCIA DE REMOCION DE L LAVADOR DE PARTICULAS						
Rango (μm)	dpm(μm)	M (%)	Kp	Pt	η	nNj •mj
0 - 0,625	0,3125	31,1	-	1,657	0,6832	24,3728
0,625 - 1	0,8125	4,3	-		0,6832	3,8735
1 - 2,5	1,75	7,9	-		0,6832	6,3245
2,5 - 5	3,75	8,7	-		0,6832	6,8834
5 - 10	7,5	13	-		0,8893	11,7843
10 - 100	55	35	6505	0,9998	0,8918	32,32
					η= 85,56	

Por lo cual la carga de partículas en los gases a la salida del lavador será:

$$C_o = C_i \cdot (1 - 0.856)$$

$$C_o = 148.94 \text{ mg/scm} \cdot 0.144$$

→ **C_o = 21.44 mg/scm (concentración de partículas a la salida del lavador Venturi)**

Caída de presión

Para hallar la caída de presión a través del dispositivo, primero evaluamos el número de Reynolds en función del diámetro promedio de las gotas del líquido de lavado

$$Re_D = \frac{\rho_G \cdot V_G \cdot d_d}{\mu_G}$$

$$Re_D = \frac{1,03 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3 \cdot 4.600 \text{ cm/seg} \cdot 116,52 \cdot 10^{-4} \text{ cm}}{2,04 \cdot 10^{-4} \text{ P}}$$

→ **Re_D = 270.6**

Por lo tanto, el coeficiente de arrastre para las gotas es

$$C_D = \frac{24}{Re_D} + \frac{4}{Re_D^{1/3}}$$

$$C_D = \frac{24}{270,6} + \frac{270,6}{270,6^{1/3}}$$

→ **C_D = 0.707**

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

A su vez, la longitud de la garganta l_t debe ser suficiente para proveer la eficiencia de remoción deseada, sin embargo, si es demasiado larga, existirá un desperdicio de energía innecesario en el dispositivo.

La longitud optima de la garganta puede ser calculada con:

$$l_t = \frac{2 \cdot d_d \cdot \rho_L}{C_D \cdot \rho_G}$$

$$l_t = \frac{2 \cdot 116,51 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot 0,98 \text{ g/cm}^3}{0,707 \cdot 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3}$$

$$\rightarrow l_t = 32 \text{ cm}$$

Finalmente, es necesario conocer la caída de presión a través del venturi, ya que de ello dependerá la demanda de energía requerida para mover el gas a través del dispositivo,

Donde ΔP es la caída de presión en (dinas/cm²), y los demás factores y sus unidades son los mismos utilizados en las ecuaciones anteriores

Esta se determina por medio de las siguientes relaciones

$$\Delta P = 2 \cdot \rho_L \cdot V_G^2 \cdot \left(\frac{Q_L}{Q_G} \right) \cdot \left(1 - X^2 + \sqrt{X^4 - X^2} \right) \quad (4.9)$$

El valor de x será calculado por medio de la relación:

$$X = \frac{3 \cdot l_t \cdot C_D \cdot \rho_G}{16 \cdot d_d \cdot \rho_L} + 1$$

Donde:

X = longitud adimensional de la garganta

l_t = longitud de la garganta, cm

C_D = coeficiente de arrastre para las gotas en función del diámetro de Sauter

$$X = \frac{3 \cdot 32 \text{ cm} \cdot 0,707 \cdot 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3}{16 \cdot 116,51 \cdot 10^{-4} \cdot 0,98 \text{ g/cm}^3} + 1$$

$$\rightarrow X = 1,375$$

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$\Delta P = 2 \cdot 0,98 \text{ g/cm}^3 \cdot (4.600 \text{ cm/seg})^2 \left[\frac{0,00152133 \text{ m}^3/\text{seg}}{1,4915 \text{ m}^3/\text{seg}} \right] \cdot$$

$$\left[1 - 1,375^2 + \sqrt{(1,375^4) - 1,375^2} \right]$$

$$\Delta P = 4147,36 \text{ dinas/cm}^2$$

$$\Delta P = 1,657 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$\rightarrow \Delta P = 414.73 \text{ Pa}$$

La caída de presión a través del dispositivo, 414.73 Pa, es más que aceptable en este tipo de lavadores de partículas, por lo tanto, podemos concluir que el diseño es satisfactorio.

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN VENTURI Y TORRE DE ASPERSIÓN (HIDROCICLÓN)

5.1. Diseño del sistema de depuración

El funcionamiento de un depurador tipo Venturi requiere la presencia de algunos equipos secundarios, relacionados de la forma indicada en la Figura 4, y que cumplen las siguientes funciones:

- **Bomba:** impulsa el agua que actúa en el depurador, captando el MP.
- **Eliminador de niebla:** permite separar el agua atomizada del flujo gaseoso.
- **Ventilador:** extrae gases desde la caldera, a través del depurador y del eliminador de niebla.
- **Estanque Sedimentador:** permite disminuir la concentración de partículas en el agua residual, para su reutilización, contiene el agua que se suministrará al depurador.

5.2. Aspersores

El Venturi cuenta con un aspersor para realizar el proceso de decantación del particulado. Utilizando un aspersor especial tipo Spiral Jet SPJ-FX 316 L (abertura amplia) para inyección de líquido de lavado, proporcionando un patrón de aerosol sólido en forma de cono, con área de impacto circular.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA



Figura 6. Aspersores

5.3. Eliminador de nieblas –Demister del Hidrociclón (Separación del líquido de lavado)

El principio básico de operación del Demister del Hidrociclón es el de favorecer la retención de líquidos, mediante mecanismos físicos de impactación, coalescencia y drenaje de las gotas de líquido sobre los componentes del eliminador.

El eliminador de niebla atrapa gotas del líquido de lavado que son arrastradas por el flujo de gases de combustión. Estas gotas generalmente contienen sólidos en suspensión o disueltos.

Si bien el cálculo de las dimensiones del ciclón aminora el efecto, de todas formas es necesario instalar un eliminador de niebla (gotas) en la parte superior del ciclón, el que tiene por objeto la separación del líquido con sólidos inmersos en el gas, es decir el eliminador de neblina del tipo zigzag, ayudara a que se separe el líquido con el gas, haciendo que se formen gotas en la superficie del eliminador de neblina y caigan a la parte inferior del ciclón

Para separar el polvo del gas, se administra el líquido de lavado al flujo de gas bajo presión.

Bajo el efecto de la fuerza centrífuga las partículas de polvo y las gotas de líquido se precipitan en las paredes del separador y se evacuan del separador en forma de lodo

El diseño de placa chevron consiste en placas en forma de zig-zag, el cual reduce el taponamiento y facilita la limpieza. La ventaja de este diseño es que se obtiene una mayor eficiencia de colección y mejor estabilidad en la construcción.

La figura siguiente muestra un diseño del eliminador de niebla que será implementado en el ciclón, el cual estará conformado por pletinas y ángulos de acero inoxidable en las dimensiones que se indican

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

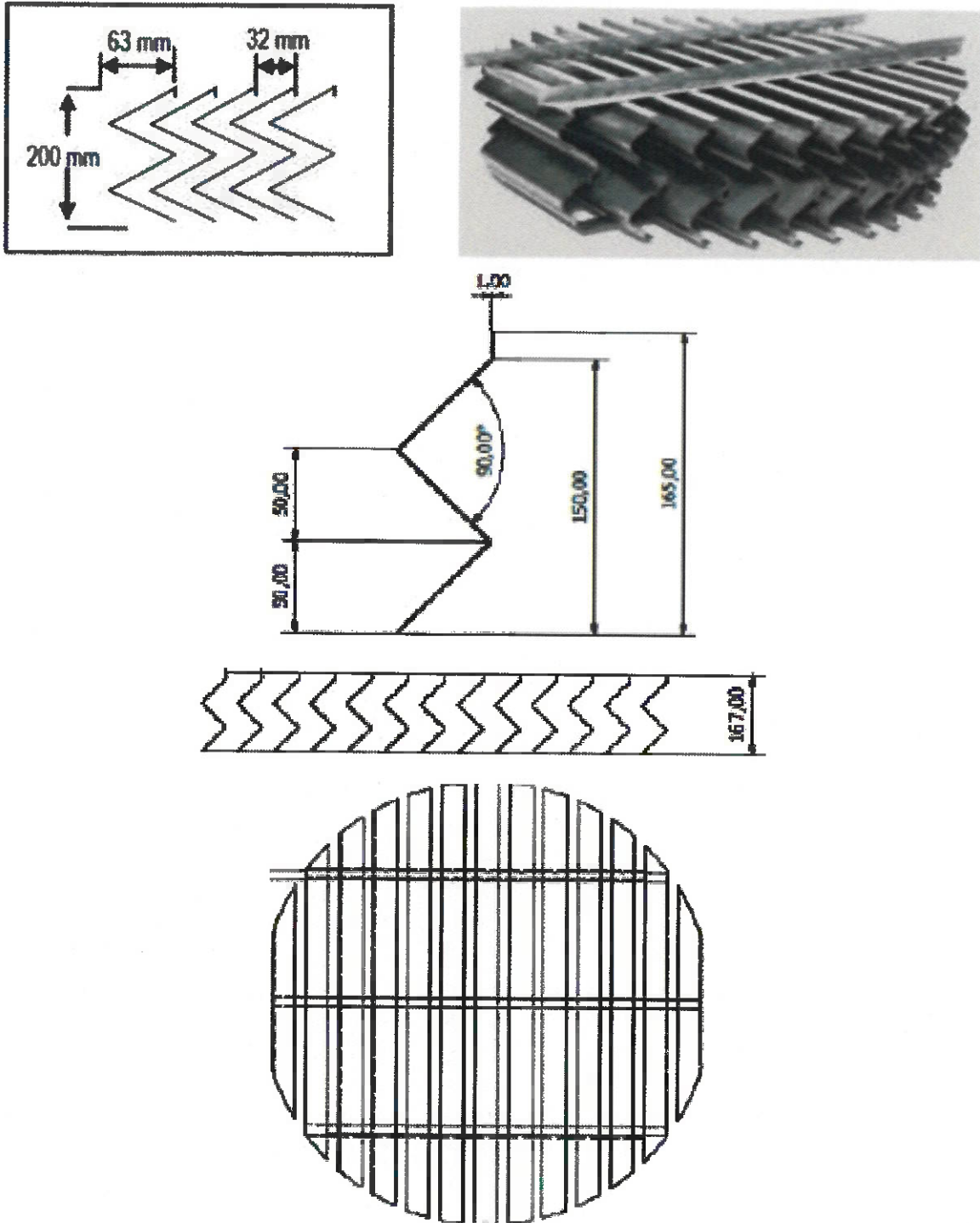


Figura 3. Eliminador de neblina deflector tipo zig zag o placa chevron.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

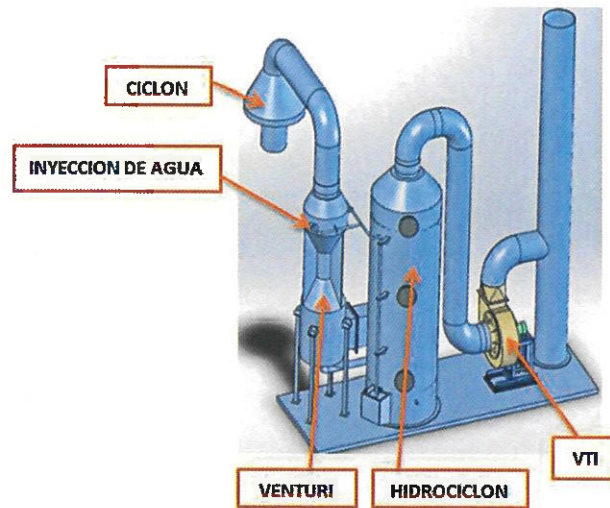


Figura 4: Esquema en 3D del Sistema Lavador de Gases Venturi con Hidrociclón

6. ESTANQUE SEDIMENTADOR

Para el manejo de las aguas de lavado de los gases se diseñó un sistema de tratamiento, el que consiste en un sedimentador en acero inoxidable de 3 compartimientos con láminas de sedimentación de alta tasa para acelerar la separación de los lodos que depositan en el fondo del tanque.

El agua clarificada se bombea nuevamente al sistema permitiendo ahorros en el consumo y se hace reposición únicamente del agua evaporada. El lodo sedimentado debe ser evacuado periódicamente para evitar la saturación del estanque de sedimentación. Detalles en Plano de Fabricación

7. CÁLCULO DE LA CHIMENEA

- Velocidad de los gases = 8 m/seg
- Temperatura de los gases= 82°C
- Diámetro de la chimenea actual=0,6 m
- Altura de la chimenea actual= 12 m

Velocidad de salida de los gases en la boca de la chimenea (m/seg) considerando un diámetro de la chimenea de 600 mm y un flujo de gases de 8.000 (m³/seg), se tiene:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{8.000 \frac{m^3}{h}}{3,14 \frac{(0,6 m)^2}{4}} ;$$

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$v = 7,863 \text{ m/seg}$$

Altura de la chimenea:

La sección interior mínima de la boca de salida de la chimenea expresada en m² es:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot (0,6)^2}{4}$$

$$v = 0,2826 \text{ m}^2$$

Para que se cumpla la expresión anterior, la altura de la chimenea deberá ser superior a:

$$H > \sqrt{\frac{188 \cdot V^2 \cdot \sqrt{S^2}}{\text{IncT}}}$$

IncT = Temperatura promedio de los gases – Temperatura ambiente promedio

$$\text{IncT} = (80 - 20) \text{ °C} = 60 \text{ °C}$$

$$H > \sqrt{\frac{188 \cdot (7,863)^2 \cdot \sqrt{(0,286)^2}}{60}}$$

$$H > 10,15 \text{ m}$$

Dado que la chimenea actualmente tiene 12 m de altura no es necesario modificarla

Por otra parte, la velocidad recomendada para los gases para este tipo de caldera con un flujo de vapor < 20 ton/h, es de 6 m/seg, por tanto:

$$A = 0,278 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{\frac{4 \cdot 0,278}{3,14}}$$

$$D = 59,5 \text{ m}$$

Por tanto, la chimenea funciona para ambos casos

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

8. VERIFICACION DEL VENTILADOR – EXTRACTOR INSTALADO

Información del ventilador actual:

- Diámetro del Rotor: 900 mm
- Ancho del Rotor: 120 mm
- Diámetro interior: 450 mm
- N° de alabes: 16
- Potencia absorbida: 22 KW
- Amperaje absorbido: 40 Amperes

Tomando en consideración las dimensiones del ventilador actual, indicadas anteriormente, se prevé que este se encuentra muy ajustado para las condiciones requeridas, sin embargo y en pro de no realizar una inversión innecesaria, se recomienda realizar las pruebas con los equipos de abatimiento instalados, y una vez verificada su capacidad real, tomar una decisión en cuanto a aumentar su velocidad o realizar el cambio del VTI.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró diseñar un sistema de depuración, cuyos niveles estimados de emisión de MP se encuentran bajo los límites previstos de 50 mg/m³.

Se seleccionó el depurador tipo Venturi sobre las otras tecnologías disponibles debido a las ventajas de su operación y seguridad.

El diseño del depurador se realizó en base a emisiones gaseosas y del MP de la caldera, teniendo como objetivo la minimización de la concentración de MP y la simplicidad en su operación.

Finalmente, se realizan las siguientes recomendaciones:

- En lo posible utilizar madera con baja humedad, debido a su relación con las emisiones de MP y su mayor poder calorífico. Con respecto a esto último, el utilizar menos combustible, también produce una reducción en los costos de operación, ya que disminuiría la extensión de los periodos de flujo máximo.
- Caracterizar los residuos industriales líquidos emitidos en el sedimentador, debido a que, aunque las estimaciones indican que la concentración de sólidos sedimentales respetan las normas, podrían existir sustancias no indicadas para ser descargadas a algún sistema de alcantarillado.

a. Se contempla en definitiva instalar:

- Nuevo Calentador de Aire
- Ciclón de Alta Eficiencia

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

- Venturi con Hidrociclón, incluida bomba de agua, spray jet y estaque decantador
- b. Con la incorporación de los nuevos equipos se logrará obtener valores de emisión de particulado PM, por debajo de lo establecido por la norma y adicionalmente neutralizar la emisión de CO y CO₂
- c. Con la incorporación de los nuevos equipos también se logrará mejorar el rendimiento de la caldera, en cuanto a:
 - Mejoramiento de la Combustión
 - Reducción del consumo de combustible
 - Reducción del consumo de energía eléctrica
 - Bajar las Emisiones a niveles bajo PM 2.5
 - Bajar las emisiones bajo 50mg/m³

OSCAR LEONARDO HIDALGO DIAZ

**BOLETA DE HONORARIOS
ELECTRONICA**

N ° 29

RUT: 5.700.014-7

**GIRO(S): SERVICIOS PROFESIONALES DE INGENIERIA Y ACTIVIDADES
CONEXAS DE CONSULT,**

**SERVICIOS DE INGENIERIA PRESTADOS POR
PROFESIONALES NCP**

**GLASGOW 9739 Villa/Pob. CERRO VERDE ALTO , HUALPEN
TELEFONO: 961718248**

Fecha: 20 de Diciembre de 2019

Señor(es): MASMADERA LTDA

Rut: 79.802.690- 9

Domicilio: PANAMERICANA SUR KM 410A, CHILLAN VIEJO

Por atención profesional:

PROYECTO DE INGENIERIA AMBIENTAL CALDERA DE VAPOR	3.827.777
Total Honorarios \$:	3.827.777
10.00 % Impto. Retenido:	382.778
Total:	3.444.999

Fecha / Hora Emisión: 20/12/2019 12:48



0570001400029300B972

Res. Ex. N° 83 de 30/08/2004

Verifique este documento en www.sii.cl

El contribuyente para el cual está destinada esta boleta, es el encargado de retener el 10%.

11201912201302

Fecha / Hora Impresión: 20/12/2019 13:02

BOLETA DE HONORARIOS ELECTRONICA

OSCAR LEONARDO HIDALGO DIAZ

RUT: 5.700.014-7

**GIRO(S): SERVICIOS PROFESIONALES DE INGENIERIA Y ACTIVIDADES
CONEXAS DE CONSULT,
SERVICIOS DE INGENIERIA PRESTADOS POR
PROFESIONALES NCP
GLASGOW 9739 Villa/Pob. CERRO VERDE ALTO , HUALPEN
TELEFONO: 961718248**

**BOLETA DE
HONORARIOS
ELECTRONICA**

N ° 34

Fecha: 12 de Febrero de 2020

**Señor(es): MASMADERA LTDA
Domicilio: PANAMERICANA SUR KM 410A, CHILLAN VIEJO**

Rut: 79.802.690- 9

Por atención profesional:

PROYECTO DE INGENIERIA AMBIENTAL CALDERA DE VAPOR	3.859.943
Total Honorarios \$:	3.859.943
10.75 % Impto. Retenido:	414.944
Total:	3.444.999

Fecha / Hora Emisión: 12/02/2020 21:01



0570001400034CC5BA6C

Res. Ex. N° 83 de 30/08/2004

Verifique este documento en www.sii.cl

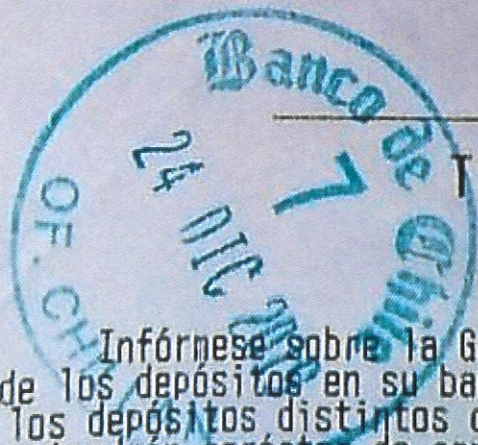
El contribuyente para el cual está destinada esta boleta, es el encargado de retener el 10%.

Banco de Chile

COMPROBANTE DE LA OPERACIÓN

Fecha-Hora : 24/12/2019 - 13:55:34
Sucursal : 220 - CHILLAN
Cajero : kXXXXXXanc

Transacción : Depósito
Número Formulario: 4608967
Tipo de Depósito : Documento Mismo Banco
Número de Cuenta : 000740537008
Nombre Titular : Oscar Leonardo Hidalgo
Diaz
Moneda : Pesos
Monto : \$ 3.586.498
Número de Cheques: 1



Timbre Caja

Infórmese sobre la Garantía
estatal de los depósitos en su banco o en www.sbif.cl
Nota: los depósitos distintos de efectivo que se
hagan tendrán carácter de condicionales y no
constituirán fondos disponibles sino una vez
cobrados y percibidos los valores por el Banco

Banco de Chile

COMPROBANTE DE LA OPERACIÓN

Fecha-Hora : 28/02/2020 - 14:00:30
Sucursal : 220 - CHILLAN
Cajero : kXXXXXXanc

Transacción : Depósito
Número Formulario: 2250353
Tipo de Depósito : Efectivo
Número de Cuenta : 000740537008
Nombre Titular : Oscar Leonardo Hidalgo
Diaz
Moneda : Pesos
Monto : \$ 3.444.999
Número de Cheques:



Timbre Caja

Infórmese sobre la Garantía
estatal de los depósitos en su banco o en www.sbif.cl
Nota: los depósitos distintos de efectivo que se
hagan tendrán carácter de condicionales y no
constituirán fondos disponibles sino una vez
cobrados y percibidos los valores por el Banco

D. 34

TEC
MEXI
e carga - Desb
ALCATEL
Ariel
Galería T
Accónexiones
acónex



ANDRES CERDA JARA

11.808.226-5

ESTRUCTURAS METALICAS Y SOLDADURAS

TRABAJOS EN TORNO

PSJE CORRALEROS 281, STA BEATRIZ

CHILLAN

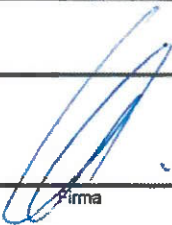
COTIZACION

SEÑORES: MASMADERA LTDA AT. Sr/a : Francisco Molina Rivas Dirección: Panamericana sur km. 410 Ciudad : Chillan Viejo Fono: 42-2870710	Fecha: 20-01-2020 N° Solicitud: 12
--	---

Por lo siguiente:

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
	Construcción, montaje y puesta en marcha de: Proyecto de Control de Emisiones, según Proyecto elaborado por el Ingeniero Civil Mecánico Especialista en Combustión y Sistemas de Control de Emisiones Sr Oscar Hidalgo Diaz Para caldera: - Marca: Gebruder Wagner-vapor Industrial S.A. - Año de Fabricación: 1962 (reacondicionada el año 2000) - Tipo de Caldera: Igneotubular Horizontal de 3 pasos - Producción de vapor: 3.800 kw/hora - Presión de vapor: 8 bar - N° de registro de Fabricación: 6524-1962 - Presión de Diseño: 10 atm = 1013.25 kpa = 10,33 kgf/cm ²	5.500.000	
	Construcción y montaje de Plataforma para Medición Isocinética.	1.500.000	
	Valores Mas Iva		
	Plazo de Ejecución aproximado: 70 días corridos, una vez aprobado el presupuesto.		

Observaciones Los materiales deben ser aportados por la empresa mandante.


Firma

Comprobante de Transferencia

Estimado(a): Jose Bernardo Saldias Vergara

Le informamos que usted ha efectuado una transferencia de fondos a Andres Cerda Jara, el día 20 de marzo de 2020, desde su **Cuenta Corriente 2200051608**. El detalle puede revisarlo a continuación:

Datos del Destinatario		Datos de la Transferencia	
Nombre	Andres Cerda Jara	Fecha	20 de marzo de 2020
RUT	11.808.226-5	Monto	\$ 2.000.000
Cuenta	140104543	ID de Transacción	TEF_IPE2003201654100702562230
Banco	Scotiabank		
Mensaje	pago masmadera a cta fabricacion filtro caldera		



Comprobante de Transferencia

Estimado(a): Jose Bernardo Saldias Vergara

Le informamos que usted ha efectuado una transferencia de fondos a Andres Cerda Jara, el día 08 de mayo de 2020, desde su **Cuenta Corriente 2200051608**. El detalle puede revisarlo a continuación:

Datos del Destinatario		Datos de la Transferencia	
Nombre	Andres Cerda Jara	Fecha	08 de mayo de 2020
RUT	11.808.226-5	Monto	\$ 2.000.000
Cuenta	140104543	ID de Transacción	TEF_IPE2005081546101009917260
Banco	Scotiabank		
Mensaje	a cta trabajos caldera masmadera 08052020		



Comprobante de Transferencia

Estimado(a): Jose Bernardo Saldias Vergara

Le informamos que usted ha efectuado una transferencia de fondos a Andres Cerda Jara, el día 26 de junio de 2020, desde su **Cuenta Corriente 2200051608**. El detalle puede revisarlo a continuación:

	Datos del Destinatario		Datos de la Transferencia
Nombre	Andres Cerda Jara	Fecha	26 de junio de 2020
RUT	11.808.226-5	Monto	\$ 2.000.000
Cuenta	140104543	ID de Transacción	TEF_IPE2006261527101362509750
Banco	Scotiabank		
Mensaje	cancela a cta trabajos caldera masmadera 26062020		



PROYECTO FILTRO CONTROL EMISIONES CALDERA

INGENIERIA

PROVEEDOR	ITEM	OBJETIVO	N° DOCUMENTO	FECHA	VALOR NETO
Oscar Hidalgo	Proyecto Ingenieria Pago 1		29	20-12-2019	\$3.827.777
Oscar Hidalgo	Proyecto Ingenieria Pago 2		34	12-feb	\$3.859.943
SUBTOTAL					\$7.687.720

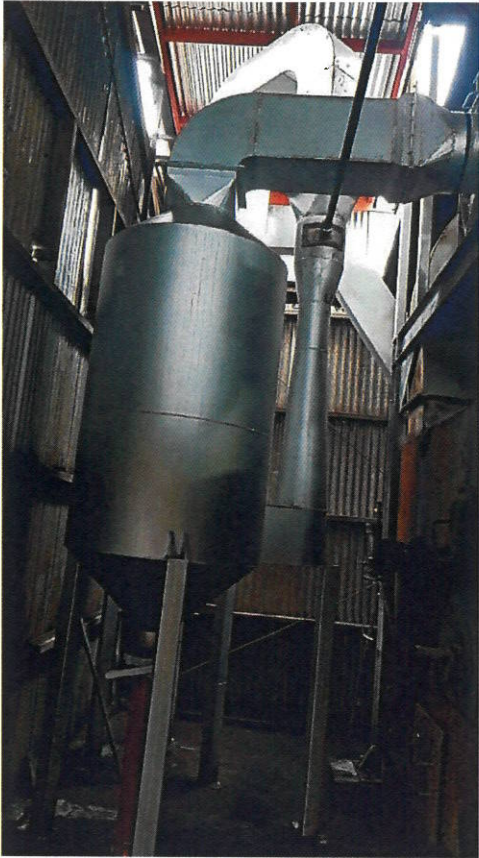
MATERIALES

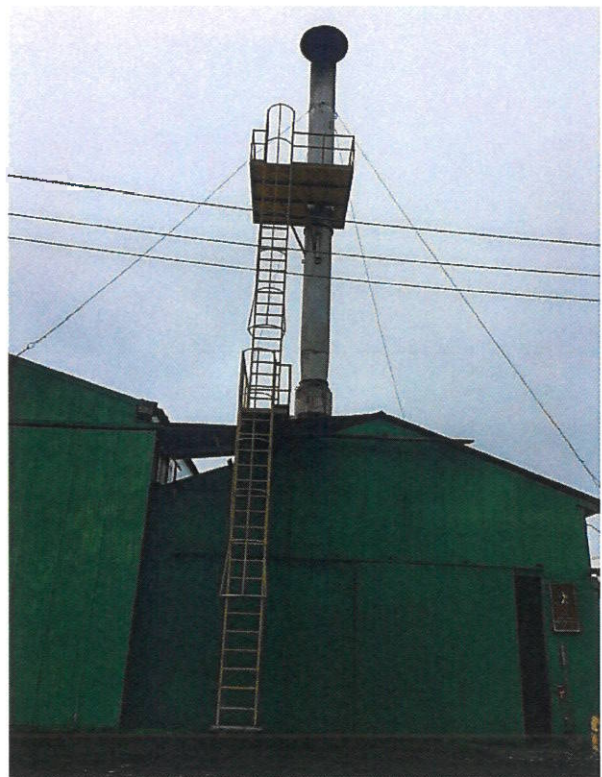
PROVEEDOR	ITEM	OBJETIVO	N° DOCUMENTO	FECHA	VALOR NETO
Kupfer Hermanos	Plancha Acero Inoxidable 4 mm	Venturi y Torre Absorcion	7817864	30-ene	\$ 1.296.000
Kupfer Hermanos	Plancha Acero T1 Diametro 870 mm	Ciclón	7827285	03-feb	\$ 450.660
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Plancha A 36 y Tubos 3"	Calentador de Aire	179789	06-feb	\$ 528.218
Ferreteria Nflores Ltda	Soldadura 7018 1/8"	Ciclón	4054	26-feb	\$ 43.697
Ferreteria Nflores Ltda	Soldadura 7018 3/32"	Ciclón	4054	26-feb	\$ 43.697
Ferreteria Nflores Ltda	Disco de Corte 7"	Ciclón y venturi	4054	26-feb	\$ 41.807
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Plancha A 36 de 4 mm	Ciclón	182105	27-feb	\$ 222.521
Ferreteria Nflores Ltda	Soldadura 316L y 7017	General	4182	06-mar	\$ 102.349
Kupfer Hermanos	Plancha Acero Inoxidable 1 mm	Torre Absorcion (Demister atrapa gotas)	7855392	10-mar	\$ 216.000
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Fe cuadrado, angulos, pletinas	Proyecto	183872	13-mar	\$ 274.790
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Plancha Acero Inoxidable	Torre Absorcion (Demister atrapa gotas)	184526	19-mar	\$ 86.029
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Planchas Fe 4 mm y Angulos 50x50x4 mm	Proyecto	184656	20-mar	\$ 246.151
Coercializadora y Ferret. HRel	Soldaduras, Disco Cort, Besb y Angulos	Proyecto	55029	01-abr	\$ 79.224
Jose Tomas Muñoz	Planchas, Soldaduras, Discos, pernos	Proyecto	131506	08-abr	\$ 290.438
Ferreteria Nflores Ltda	Esmalte Calorkte aluminio	Proyecto	4474	20-abr	\$ 51.900
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Planchas Fe 3 mm y Angulos 65x65x8 mm	Ducto aire caliente	185214	21-abr	\$ 332.387
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Tubulares, plancha diam, tubo red, angulos	Proyecto Escala y Plataforma	185726	29-abr	\$ 503.479
Ferreteria Nflores Ltda	Anticorrosivo, Brochas y Soldadura	Proyecto Escala y Plataforma	4647	06-may	\$ 56.640
Ferreteria Nflores Ltda	Anticorrosivo	Proyecto Escala y Plataforma	4684	11-may	\$ 16.723
Oscar Hidalgo	Valvula mariposa 6"	Venturi y Torre Absorcion	39	22-may	\$ 149.164
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Planchas Fe 6 mm y Cuadrado 75x75x5 mm	Estanque	187401	15-may	\$ 669.539
KSB Chile S.A.	Conjunto Motor bomba	Venturi	234818	29-may	\$ 1.399.996
Tubexa	Cañerías, codos, flanges, etc	Venturi y Estanque	76459	09-jun	\$ 225.631
Tubexa	Union americana 2"	Venturi y Estanque	75578	10-jun	\$ 8.098
Ferreteria Astorga	Cañeria y Flanges	Venturi y Estanque	14091	23-jun	\$ 99.127
Ferreteria Luis Cespedes	Pernos	Venturi y Estanque	4261	24-jun	\$ 53.143
Valfi	Conduit, conector, maguera flexible, etc	Instalacion Bomba Venturi	107087	24-jun	\$ 18.000
SUBTOTAL					\$ 7.505.408

MANO DE OBRA

PROVEEDOR	ITEM	OBJETIVO	N° DOCUMENTO	FECHA	VALOR NETO
Andres Cerda	Proyecto Filtro				\$5.250.000
Andres Cerda	Proyecto Plataforma				\$1.500.000
Gonzalo Muñoz	Albañileria y construccion	Reparacion Antehogar, construccion fosa estanque	303	09-jun	\$300.000
SUBTOTAL					\$6.750.000

TOTAL \$21.943.128







- Laboratorio autorizado de análisis de gases y emisiones atmosféricas.
- Pruebas de evaluación de quemadores, calderas y filtros de gases.
- Mediciones, diagnósticos y optimización de equipos de Termofluidos.

Avenida Inglesa N°55
Pedro de Valdivia
Concepción, Chile

Fono: 41 – 383 82 00
41 - 233 14 12

E-mail proterm@proterm.cl

A : Francisco Molina.
MasMadera

De : Mauricio Mera Araya

Ref. : Propuesta medición emisiones en Caldera

Fecha : 23 de junio de 2020

1. **Número Presupuesto:** PM-20-129 del 23.06.2020
2. **Proyecto:** Medición Emisiones en Caldera de Mas Madera.
3. **Antecedentes:** Se solicita realizar medición de emisiones de los siguientes parámetros:
 - Material Particulado Total (MPT)
4. **Fechas y plazos:** Mediciones: Por definir
Informes: 20 días hábiles finalizada la medición.
5. **Metodologías de medición:**

Las metodologías de medición se basan en Métodos Homologados Oficiales Chilenos y Métodos de Referencia USEPA de acuerdo al siguiente detalle:

 - Material Particulado Total (MPT) CH-5



6. **Costo del servicio:** Valorización de la propuesta según punto 3:

Detalle Valorización:		
1. Traslados y HH personal - equipos		8 UF
2 HH Ingeniero Jefe Medición	1,25 UF/HH	
4 HH 4 Técnicos de Medición	0,50 UF/HH	
1 viajes planta 190 km a	0,020 UF/km	
2. Alojamiento y Viáticos		1 UF
0 días alojamiento 4 personas	3,0 UF/día	
1 días alimentación 4 personas	1,0 UF/día	
3. Costo las mediciones		35 UF
1 Material Particulado	35,0 UF c.u.	
4. Gastos Generales	10 %	4 UF
5. Utilidad	10 %	4 UF
Total Propuesta neto en UF (no incluye IVA)		52 UF

7. **Alcances a la propuesta:**

- a) En el caso de no realizarse las mediciones debido a causas no imputables a Proterm S.A. como por ejemplo la detención de los equipos a medir o producción bajo capacidades exigidas y/o condiciones inseguras de trabajo, se cobrará un valor diario de **30 UF + IVA** estando personal de Proterm en Planta sin realizar mediciones, más los gastos asociados al viaje, estadía, alimentación, etc.

Si las mediciones programadas son suspendidas por responsabilidad de planta, en un plazo menor a 6 días hábiles previo a la medición, se cobrará un valor por lucro cesante de **20 UF + IVA** por suspensión.

- b) No se realizarán mediciones con viento fuerte ni lluvia.



8. Requerimientos a la empresa:

- a) Mantener los equipos en condiciones estables de operación durante todo el periodo de la realización de los ensayos (mínimo 6 horas).
- b) Para garantizar una continuidad del proceso de medición se solicita proporcionar almuerzo en casino o colaciones en terreno para el personal de Proterm S.A. durante los días de medición.
- c) **Enviar Orden de Compra** previo a la iniciación de los servicios solicitados, de acuerdo con propuesta Proterm N° **PM-20-129**.
- d) La empresa deberá instalar puertos de muestreo de 4" y plataformas o andamios de acceso previo a la realización de las mediciones. Estas instalaciones deberán ser realizadas conforme a recomendaciones de personal técnico de Proterm S.A. (Ver Anexo N°1)
- e) La empresa deberá decidir e informar a Proterm si las mediciones tendrán el carácter de OFICIALES, aceptando el procedimiento establecido para estas mediciones. (Ver Anexo N°2).

9. Certificación de las mediciones:

Proterm S.A. posee la autorización como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental de acuerdo a Resolución Exenta N° 39 emitida por la Superintendencia el Medio Ambiente del Gobierno de Chile y acreditación NCh ISO17025:2017.

De igual manera, Proterm S.A. cuenta con la autorización oficial emitida por medio de la Resolución N° 00014 del SEREMI de Salud del Bío - Bío para proceder a realizar mediciones y análisis de emisiones de material particulado y de emisiones gaseosas según lo estipulado en el Decreto Supremo N° 2468/1994 del Ministerio de Salud. (Ver Anexo N°3).



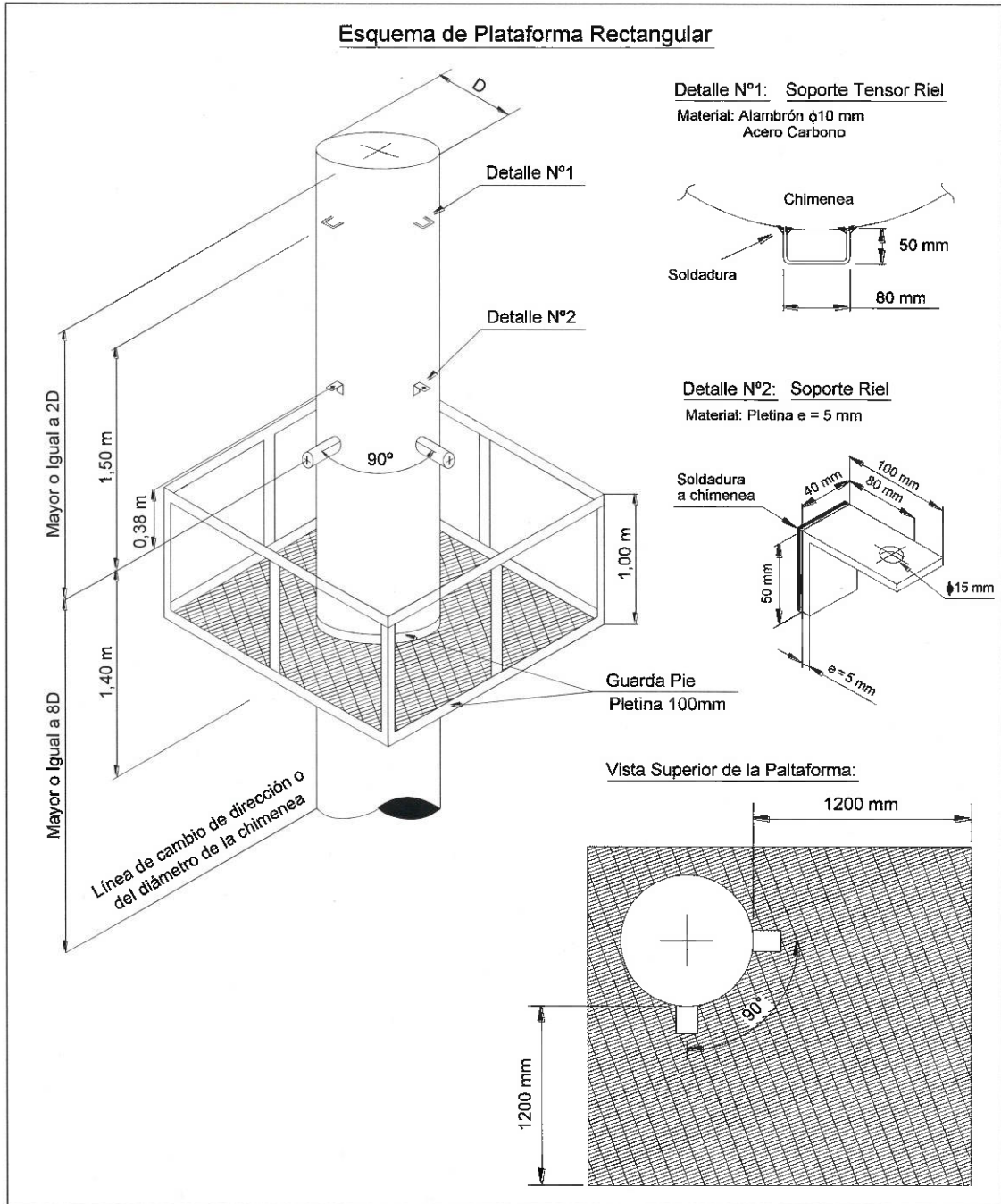
-
10. **Contactos:** Para contactos referente a solicitud de servicios, propuestas, órdenes de compra, contratos, estados de pagos y facturación comunicarse con:
- Mauricio Mera (mmera@proterm.cl)
 - Claudia Vásquez (cvasquez@proterm.cl)
- Para coordinación de ejecución de servicios con:
- Guido Poza (gpoza@proterm.cl).
- Informes y entrega de resultados con:
- Fernando Castillo (fcastillo@proterm.cl).
11. **Validez oferta:** 30 días, posteriormente Proterm S.A. se reserva el derecho de modificar el alcance, los plazos y el valor de la presente propuesta.
12. **Forma de pago:** Contado, contra entrega y aceptación del informe.
13. **Datos empresa:**
- | | |
|---------------|---|
| Razón Social: | Proterm S.A. |
| R.U.T. : | 78.155.540-1 |
| Giro : | Servicios en Ingeniería Mecánica |
| Dirección : | Inglesa 55, Concepción |

Mauricio Mera Araya
Gerente Mediciones

Proterm S.A. se compromete a mantener la absoluta reserva y confidencialidad de todo antecedente, que no sea de dominio público o acordado por ambas partes, y que tenga relación con los negocios de la empresa y de las actividades de muestreo, medición y/o análisis desarrollados dentro del contrato.



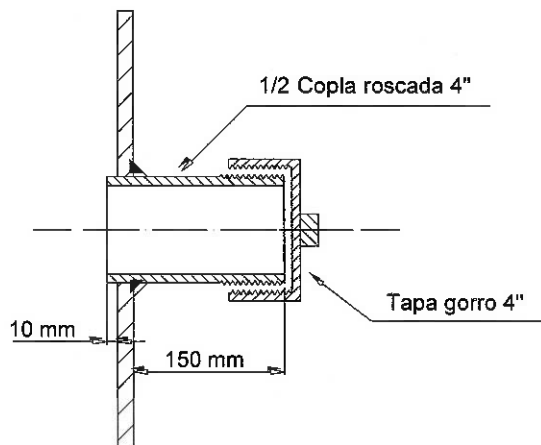
Alternativa N°2:



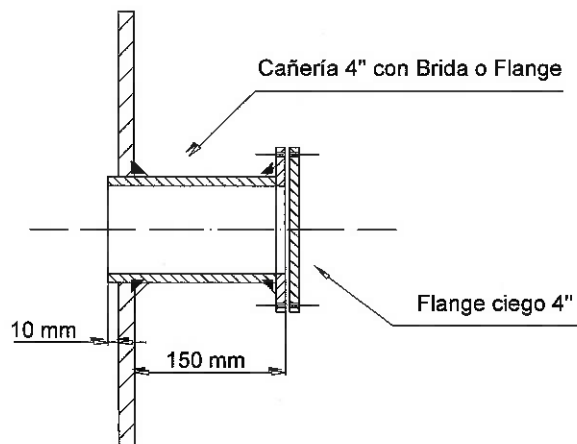


Detalle Instalación Puertos de Muestreo

Alternativa N°1



Alternativa N°2



Dibujó	M.M.A.	Detalle Instalación Puertos de Muestreo	N° de Plano 2
Revisó	A.C.C.		
Aprobó	A.C.C.		
Fecha	14.04.05		
Escala	S/E		



Anexo N°2: Notificación a la Superintendencia de Medio Ambiente y a la Autoridad Sanitaria.


- Proterm dará aviso a la Superintendencia de Medio Ambiente con 6 días de anticipación de la realización de las mediciones. La SMA tendrá posteriormente la facultad de asistir a la Empresa para fiscalizar la correcta ejecución de las mediciones.

Las mediciones de carácter OFICIAL tienen el siguiente tratamiento y requisitos según el DS. 2467:


- Proterm dará aviso a la Autoridad Sanitaria con 48 horas de anticipación de la realización de las mediciones. La Autoridad Sanitaria tendrá posteriormente la facultad de asistir a la Empresa para fiscalizar la correcta ejecución de las mediciones.
- La empresa dispondrá de los puertos de medición y de plataformas según los requerimientos de las metodologías oficiales.
- Las mediciones se realizarán a plena capacidad de los equipos en cuanto a producción y consumo de combustible. Mantener esta condición será responsabilidad de la Empresa, caso contrario Proterm podrá suspender la realización de las mediciones.
- La empresa deberá proporcionar todos los datos técnicos y de proceso requeridos para ser incorporados al informe oficial de las mediciones.
- Una vez concluidas las mediciones Proterm elaborará un informe en formato tipo, el cual será enviado en conjunto a la Empresa y a la Autoridad Sanitaria, independiente al resultado de las mediciones.



Anexo N°3: Certificaciones



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE SALUD
REGIÓN DE VALDÍVIA
DESARROLLO ACCIÓN SANEAMIENTO
UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL



Contigo mejor salud

RESOLUCIÓN EXENTA N° 00014

CONCEPCIÓN, 08.SEP.2008

VISTOS: Los Antecedentes, la solicitud de actualización de fecha 28.MAR.2008 y los antecedentes complementarios de fecha 02.JUL.2008 de la empresa PROTERM S.A.; Rut. 78.155.540-1, con domicilio en Avenida Sanhueza 1825 Oficina B, Sector Pedro de Valdivia, comuna de Concepción, representada por Dn. Manfred Hellwig Franckenhoff, Rut.: 6.394.243-K; y considerando lo dispuesto en el D.S. N° 725/67 "Código Sanitario" y sus reglamentos; D.F.L. N° 1/89 Art. 1° número 20; D.S. N° 2.467/1993, D.S. N° 594/2000 y sus modificaciones, D.S. N° 144/1961 y D.S. N° 185/1991 todos del MINSAL; D.S. N° 167/1999 MINSEGPRES; Res. Ex. N° 2071.206 de 1996 del Servicio de Salud Concepción-Arauco y Res. Ex. 205/938 del 08.JUL.2005 de la SEREMI de Salud Región del BíoBío; Artículo 30° y siguientes del D.S. N° 136/2004 y el D.S. N° 72/2007 ambos del MINSAL; Resolución Exenta N° 5.312/2008 de la SEREMI de Salud Región del BíoBío y Resolución N° 520/1996 de la Contraloría General de la República, dicto la siguiente:

RESOLUCIÓN

1. **AUTORIZASE** a la empresa PROTERM S.A., Rut.: 78.155.540-1, ubicada en Avenida Sanhueza 1825 Oficina B, Sector Pedro de Valdivia, Comuna de Concepción, representada legalmente por Dn. Manfred Hellwig Franckenhoff, Rut.: 6.394.243-K, para efectuar mediciones y análisis de emisiones de Material Particulado, Gases y Compuestos de Sulfuro de Hidrogeno y Mercaptanos (Gases TRS), de acuerdo a los siguientes Métodos Oficiales y Referenciales:

- o Métodos Homologados Oficiales
 - a. Método CH-1 Determinación de Punto de Medición
 - b. Método CH-1A Determinación de Tranversas de Muestreo y Velocidad para Chimeneas o Ductos pequeños
 - c. Método CH-2 Determinación de Velocidad y Flujo Volumétrico en Gases Chimenea mediante Tubo Pitot tipo S
 - d. Método CH-2A Medición Directa de Volumen Gas en Chimenea y Ductos pequeños
 - e. Método CH-2C Determinación Velocidad y Flujo Volumétrico en Chimeneas pequeñas y ductos mediante Tubo Pitot estándar
 - f. Método CH-2D Mediciones del Flujo Volumétrico del Gas en Chimeneas y Ductos pequeños
 - g. Método CH-3 Análisis de Gas para Determinación de Peso Molecular seco
 - h. Método CH-3A Determinación de Concentraciones de Oxígeno, Anhídrido Carbónico y Monóxido de Carbono en Fuentes Estacionarias (mediante analizador instrumental)
 - i. Método CH-3B Análisis del Gas para determinación de Factor de Corrección de la Velocidad de Emisión y Exceso de Aire para determinar concentraciones de CO₂, O₂ y CO.
 - j. Método CH-4 Determinación del contenido de Humedad en Gases de Chimeneas mediante método de referencia
 - k. Método CH-5 Determinación de emisiones de material particulado desde Fuente Estacionaria mediante gravimetría en seco
 - l. Método CH-6 Medición Dióxido de Azufre mediante analizador instrumental
 - m. Método CH-7E Medición Óxidos de Nitrógeno
 - n. Método CH-10 Medición Monóxido de Carbono
 - o. Método CH-16A Medición TRS (Técnica Impinger)
 - p. Método CH-18 Medición Compuestos Orgánicos Volátiles
 - q. Método CH-25A Medición Hidrocarburos Totales

Contigo. Mejor Salud



- o Métodos No Homologados de Muestreo y Medición a la fecha de esta resolución:
- r. Método EPA 8 Medición Dióxido de Azufre, SO₂ y H₂SO₄
- s. Método EPA 17 Determinación de emisiones de Material Particulado desde Fuentes estacionarias
- t. Método EPA 23 Muestreo Dioxinas y Furanos desde Fuentes de combustión de residuos
- u. Método EPA 26 Medición Compuestos Halogenados (Cloro y Flúor)
- v. Método EPA 29 Medición Metales Pesados
- w. Método EPA 0030 Medición Orgánicos Volátiles según EPA 30
- x. Método EPA 201-A Muestreo y Medición PM₁₀ en Material Particulado
- y. Método EPA 202 Medición Material Particulado Condensable

Esta autorización es complementaria a la contenida en la Resolución N° 205/6938 del 08.JUL.2005, que autoriza a la empresa PROTERM S.A. para realizar mediciones de TRS de acuerdo a lo estipulado en el Método CH-16A homologado de US EPA.

2. **DÉJESE SIN EFECTO** la Resolución N° 201/206 del 13.JUN.1996 del Servicio de Salud Concepción-Arauco, que autorizó a la empresa PROTERM LTDA.
3. La Empresa deberá ceñirse estrictamente a lo dispuesto en los Artículos 9° al 10° del D.S. N° 2.467/1993 del MINSAL.
4. La Empresa deberá cumplir con lo señalado en el Art. 11° del D.S. N° 2.467/1993 del MINSAL, en lo que respecta a la mantención y calibración de sus equipos e instalaciones con la siguiente frecuencia:
 - ☞ Cada 3 series de mediciones, una mantención completa;
 - ☞ Cada cincuenta series de mediciones, una Calibración por Laboratorio Autorizado, y
 - ☞ Cada 1 año, una revisión de los equipos y métodos en el Instituto de Salud Pública (ISP) de Chile.
5. Toda modificación de los Antecedentes a que se refiere el Artículo 6° del D.S. N° 2.467/1993 del MINSAL, deberá ser informada por escrito a la Autoridad Sanitaria (ASR) de la Región del Bío Bío.

Respecto de los procedimientos de Mantención y Calibración de los equipos empleados en las mediciones y análisis, la Empresa deberá notificar por escrito a la ASR del BíoBío, el Cronograma de Certificación, Calibración y Mantención para el año correspondiente, antes del 31 de Diciembre del año precedente.
6. Toda medición efectuada en Fuentes Fijas autorizadas sanitariamente, deberá ser informada con 48 horas de antelación a la ASR respectiva, a objeto de coordinar la auditoría de la medición respectiva.

Dicha notificación podrá ser efectuada vía correo electrónico a las direcciones: juan.granzow@redsalud.gov.cl y hugo.rojasb@redsalud.gov.cl, pertenecientes a la Unidad de Gestión Ambiental de la Autoridad Sanitaria Región del Bío Bío.

Dentro de los 10 días hábiles siguientes a la elaboración de un Informe de una Medición, la Empresa deberá remitir copia oficial y digital a la Oficina de la ASR más cercana a la Fuente evaluada.
7. Tanto el Programa de Aseguramiento de Calidad, como el Manual de Operaciones y Control de Calidad, y el Libro Registro de las Calibraciones y Certificaciones de los equipos e instalaciones, deberá estar en todo momento disponible para su auditoría por funcionarios de la Autoridad Sanitaria.
8. La presente Resolución tendrá una validez de tres (3) años, plazo que se entenderá automáticamente renovado por períodos iguales y sucesivos, en caso de no mediar una Resolución Sanitaria que indique lo contrario.
9. Notifíquese la presente resolución por Intermedio del personal del Departamento de Acción Sanitaria de la Secretaría Regional Ministerial de Salud, y déjese copia de ella al interesado.

Contigo, Mejor Salud



ANÓTESE Y COMUNÍQUESE



[Handwritten signature]
ANDREA ASTE VON BENNEWITZ
JEFA DEPARTAMENTO DE ACCIÓN SANITARIA
SEREMI DE SALUD REGIÓN DEL BIOBIO

Por Facultad Delegada

TRANSCRITO FIELMENTE
MINISTRO DE FE

Unidad de UGAM
Res. Int. N° 0014 del 08.09.2008

DISTRIBUCIÓN

- Destinatario
- Unidad de Gestión Ambiental
- Archivo Seremi de Salud
- Oficina Partes (2)
- ID: 2C801/0308
- Derechos Copiados por la cantidad de \$ 368.222 según Comprobante de Recaudación N° 176225 del 10.09.2008



677.
**RENEVA AUTORIZACIÓN DE PROTERM S.A.
COMO ENTIDAD TÉCNICA DE FISCALIZACIÓN
AMBIENTAL, RESPECTO DE LA SUCURSAL QUE
INDICA.**

RESOLUCIÓN EXENTA N° 39

Santiago, 10 ENE 2020

VISTO:

Lo dispuesto en el Decreto con Fuerza de Ley N° 1/19.653, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; en la Ley N° 19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, fijada en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N° 38, de 15 de octubre de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta N°424, de 12 de mayo de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que fija la Organización Interna de la Superintendencia del Medio Ambiente; en las Resoluciones Exentas N°559, de 14 de mayo de 2018, N°438, de 28 de marzo y N°1619, de 21 de noviembre, ambas de 2019, que modifican la resolución exenta N°424, de 2017; en la Resolución Exenta N°126, de 25 de enero de 2019, que dicta instrucción de carácter general que establece los requisitos para la autorización de las entidades técnicas de fiscalización ambiental e inspectores ambientales; en la Resolución Exenta N°127, de 25 de enero de 2019, que dicta instrucción de carácter general que establece directrices generales para la operatividad de las entidades técnicas de fiscalización ambiental e inspectores ambientales y en la Resolución N°7, de 2019 y sus modificaciones, de la Contraloría General de la República.

CONSIDERANDO:

1º. Que, con fecha 11 de enero de 2018, a través de la resolución exenta N°51—notificada el día 12 del mismo mes y año, mediante correo electrónico, la Superintendencia del Medio Ambiente traspasó al régimen normal y homologó alcances a **Proterm S.A.**, RUT N° 78.155.540-1, autorizándola para actuar como entidad técnica de fiscalización ambiental (en adelante e indistintamente, ETFA) respecto de su sucursal Proterm S.A., código ETFA 014-01, en los alcances indicados en el informe final de evaluación que forma parte de ese acto administrativo.

2º. Que, el artículo 10 del reglamento ETFA dispone que la renovación de la autorización que se otorgue a una entidad técnica de fiscalización ambiental se registrará, en lo que corresponda, por lo señalado en los artículos 5° a 9° del mismo cuerpo normativo. Igualmente el citado artículo indica que, la renovación de la autorización que se otorgue



a la entidad técnica de fiscalización ambiental tendrá una duración de cuatro años, contados desde su notificación.

3º. Que, mediante la resolución exenta N°126, de 2019, publicada en el Diario Oficial, el 31 de enero de 2019, se dictó la instrucción de carácter general que establece los requisitos para la autorización de las entidades técnicas de fiscalización ambiental e inspectores ambientales, donde se establecen los requisitos que deben cumplir las ETFA para renovar su autorización.

4º. Que, con fecha 22 de julio de 2019, la ETFA Proterm S.A. solicitó la renovación de su autorización.

5º. Que, por memorando N°46456, de 26 de julio de 2019, la División de Fiscalización solicitó a la Fiscalía un informe de evaluación de cumplimiento legal de los antecedentes presentados por la ETFA, el cual fue emitido con fecha 18 de diciembre de 2019, mediante memorando N°368, indicándose que esta última había cumplido con lo dispuesto en el artículo 3º del reglamento ETFA y con lo previsto en los puntos 5.6.ii de la resolución exenta N°126, de 2019.

6º. Que, conforme a lo dispuesto en el artículo 10 del reglamento ETFA, con fecha 8 de enero de 2020, el Departamento de Análisis Ambiental, a través del memorando N°2377, adjuntó el "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA", de esa misma fecha, en el que recomendó la renovación de la autorización de la ETFA.

7º. Que, el fundamento para renovar la autorización de la ETFA se encuentra en el "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA", el cual será notificado en conjunto con la presente resolución y posteriormente publicado en el Registro Nacional de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental, junto con ésta, por lo que dicto la siguiente

RESOLUCIÓN:

1. **RENUÉVASE** la autorización conferida a **Proterm S.A.**, para actuar como entidad técnica de fiscalización ambiental, respecto de la sucursal que se indica a continuación, por un lapso de 4 años, a partir del 13 de enero de 2020:

FECHA DE SOLICITUD	22 julio de 2019	RUT	78.155.540-1
NOMBRE SUCURSAL	Proterm S.A.		
DIRECCIÓN SUCURSAL	Avda. Sanhueza N°1825-B, comuna de Concepción, región del Biobío		

2. **PREVIÉNESE** que la presente renovación se otorga para todos los alcances autorizados mediante la resolución exenta N°51, de 2018, según indica el "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA", que forma parte integrante de esta.

3. **PUBLÍQUESE Y ACTUALÍCESE** en el Registro Nacional de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental, la presente resolución, los alcances



específicos renovados y los demás antecedentes que correspondan, conforme lo dispuesto en el artículo 14 del reglamento ETFA.

4. **NOTIFÍQUESE** a la interesada esta resolución junto con el respectivo informe final de evaluación, los cuales forman parte integrante de la misma, conforme dispone el artículo 30 de la ley N° 19.880.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE.


SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE
RUBÉN VERDUGO CASTILLO
SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE (S)


RRM/MVG/MVS

ADI: "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA"

Notificación por correo electrónico:
- cward@proterm.cl

Distribución:

- Gabinete
 - Fiscalía
 - División de Fiscalización
 - División de Sanción y Cumplimiento
 - Oficinas Regionales
 - Departamento de Análisis Ambiental
 - Oficina de Partes y Archivo
- Exp. 677/20



SCOPE OF ACCREDITATION TO ISO/IEC 17025:2017

PROTERM S.A.
Av Inglesa 55
Concepcion, Chile
Christine Ward Phone: 56-412-838-200
cward@proterm.cl

ENVIRONMENTAL

Valid To: December 31, 2020

Certificate Number: 5088.01

In recognition of the successful completion of the AZLA evaluation process, including an evaluation of the organization's compliance with The NELAC Institute's National Environmental Field Activities Program (NEFAP) Field Sampling and Measurement Organization Volume 1 Standard (TNI FSMO V1 2014 Rev 2.0), accreditation is granted to this organization to perform recognized methods using the following testing technologies and in the analyte categories identified below:

FSMO Type:
Environmental Sampling, Analysis and Field Measurement

Mobile Units: Trucks for transport of equipment

Sampling:

Matrix	Technology and Analyte	Procedure(s)	Reference Method(s)
Particulate Matter	Isokinetic Train	CH-5; EPA 5B	EPA 5, EPA 5B
Particulate Matter	Isokinetic Train	EPA 17	EPA 17
Gases	Impinger, absorbing solutions – Sulfur Dioxide (SO ₂)	CH-6	EPA 6
Gases	Absorbing solutions – Nitrogen Oxide (NO _x)	CH-7; ISO-11564	EPA 7; ISO-11564
Gases, Particulate Matter	Isokinetic train, probe, filter, absorbing solutions – Sulfur Dioxide, Sulfuric Acid, Sulfur Trioxide (SO ₂ , H ₂ SO ₄ , SO ₃)	EPA 8	EPA 8
Gases	Impinger, absorbing solutions – Total Reduced Sulphur (Impinger)	EPA 16A	EPA 16A
Gases	Bag sampling system – VOC's: Volatile Organic Compounds (Chromatography)	CH-18	EPA 18
Gases, Particulate Matter	Isokinetic train, resins XAD-2 – Dioxins and Furans	EPA 23	EPA 23
Gases, Particulate Matter	Isokinetic train, filter, and absorbing solutions – Total Erosine, Hydrogen Bromide (HBr), Hydrogen Chloride (HCl), Hydrogen Fluoride (HF), Chlorine (Cl ₂), Erosine (Er-)	EPA 26A	EPA 26A

(AZLA Cert. No. 5088.01) 03/25/2020

Page 1 of 3

5202 Presidents Court, Suite 220 | Frederick, MD 21703-8298 | Phone: 301 644 3248 | Fax: 240 454 9449 | www.AZLA.org



<u>Matrix</u>	<u>Technology and Analyte</u>	<u>Procedure(s)</u>	<u>Reference Method(s)</u>
Gases	Isokinetic train, filter, and absorbing solutions – Ammonia	CTM-027	CTM-027
Gases, Particulate Matter	Isokinetic train, probe, filter, and absorbing solutions – Heavy Metals: Sb, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Hg, Ni, P, Se, Ag, Ti, Zn	EPA 29	EPA 29
Gases	Absorbing solutions in Tenax-Tenax and Anasorb – VOC's: Volatile Organic Compounds (GC/MS): Acrylonitrile, Benzene, Bromodichloromethane, Carbon disulfide, Carbon tetrachloride, Chlorodibromomethane, Chloroform, Chloroprene, Dibromomethane, Dichloroethane, Dichloropropane, Methylene chloride, Tetrachloroethane, Toluene, Trichloroethane, Trichlorofluoromethane	EPA 0031	EPA 0031
Particulate Matter	Isokinetic train, glass fiber filter – Particulate Matter Emissions (PM) 10, PM 2.5 (Constant Sampling Rate)	EPA 201A	EPA 201A
Particulate Matter	Isokinetic train, glass fiber filter, dry Impinger, absorbing solutions – Condensable Particulate Matter	EPA 202	EPA 202
Gases	Isokinetic train, filter, and absorbing solutions – Formaldehyde Emissions	EPA -316	EPA-316

Measurement (Field):

<u>Matrix</u>	<u>Technology and Analyte/Analyte Categories</u>	<u>Procedure(s)</u>	<u>Reference Method(s)</u>
Gases; Particulate Matter	Sampling Points/Speed Selection of sampling ports and Traverse points	CH-1	EPA 1
Gases; Particulate Matter	Transverse Speed	CH-1A	EPA 1A
Gases; Particulate Matter	Speed and Flow, Pitot tube	CH-2; EPA 2F	EPA 2; EPA 2F
Gases; Particulate Matter	Volume Flow meter equipment	CH-2A	EPA 2A
Gases; Particulate Matter	Flow Rate/Speed, Pitot tube	CH-2C	EPA 2C
Gases; Particulate Matter	Volumetric Flow, Flow meter equipment	CH-2D	EPA 2D
Gases; Particulate Matter	Dry Molecular Weight Orsat analyzer	CH-3	EPA 3
Gases; Particulate Matter	Weight Concentration (CO, CO ₂ , O ₂) Instrumental analyzer	CH-3A	EPA 3A

(A2LA Cert. No. 5088.01) 03-25-2020

Page 2 of 3



Matrix	Technology and Analyte/Analyte Categories	Procedure(s)	Reference Method(s)
Gases; Particulate Matter	Correction Factor/Excess of Air Orsat analyzer	CH-3B	EPA 3B
Gases; Particulate Matter	Humidity, Volumetric/gravimetric	CH-4	EPA 4
Gases	Sulfur Dioxide (SO ₂) Instrumental analyzer	CH-6C	EPA 6C
Gases	Nitrogen Oxide (NO _x) Instrumental analyzer	CH-7E	EPA 7E
Gases	Carbon Monoxide (CO) Instrumental analyzer	CH-10	EPA 10
Gases	Total Reduced Sulphur Instrumental Analyzer	EPA 16C	EPA 16C
Gases	Total Gaseous Organic Concentration Flame Ionization Analyzer-FID	CH-25-A	EPA 25A

Analysis (Laboratory Facility):

Matrix	Technology and Analyte/Analyte Categories	Procedure(s)	Reference Method(s)
Particulate Matter	Particulate Matter – Gravimetric	CH-5; EPA 5B	EPA 5; EPA 5B
Particulate Matter	Particulate Matter – Gravimetric	EPA 17	EAP 17
Particulate Matter	Particulate Matter 10, PM _{2.5} Gravimetric	EPA 201A	EPA 201A
Particulate Matter	Condensable Particulate Matter Gravimetric	EPA 202	EPA 202
Gases	Sulfur Dioxide (SO ₂), Titrimetric	CH-6	EPA 6
Gases	Sulfur Dioxide, Sulfuric Acid, Sulfur Trioxide (SO ₂ , H ₂ SO ₄ , SO ₃) Titrimetric	EPA 8	EPA 8
Gases	Total Reduced Sulphur, Titrimetric	EPA 16A	EPA 16A

Sampling and Measurement for Air Quality

Matrix	Technology and Analyte/Analyte Categories	Procedure(s)	Reference Method(s)
Air	Air Quality – Static Sampling for Olfactometry	NCh3386:2015	VDI 3880:2011-10
Air	Measurement of the Impact Frequency of Recognizable Odors: Part 1: Grid Method Part 2: Plume Method	NCh3533:2017	VDI 3940 Blatt 1:2006 VDI 3940 Blatt 2:2006
Air	Air Quality – Determination of Odor Concentration by Dynamic Olfactometry	NCh1190:2010	EN 13725:2004



Accredited Laboratory

A2LA has accredited

PROTERM S.A.

Concepcion, CHILE

for technical competence in the field of

Environmental Testing

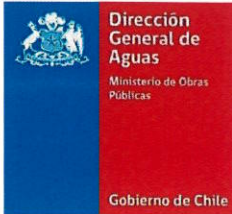
This laboratory is accredited in accordance with the recognized international standards ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. This laboratory also meets A2LA R210 - Specific Requirements - The Field Sampling and Measurement Organization Accreditation Program. This accreditation demonstrates technical competence for a defined scope and the operation of a laboratory quality management system [refer to Joint ISO-ILAC-IAF Communiqué dated April 2017].



Presented this 6th day of February 2017.

Vice President, Accreditation Services
For the Accreditation Council
Certificate Number 5088.01
Valid to December 31, 2020

For the tests to which this accreditation applies, please refer to the laboratory's Environmental Scope of Accreditation.



ORD. DGA REGIÓN DE ÑUBLE N° 552/

ANT.: Visita inspectiva al río Diguillín practicada con fecha 24 de febrero de 2020 con personal de la SMA.

MAT.: Aporta antecedentes complementarios aportados por la Junta de Vigilancia del río Diguillín.

INCL: Fotografías de la actividad extractiva de materia pétreo desde el cauce del río Diguillín sector Los Tilos.

CHILLÁN, 2 de julio de 2020

**DE : WALDO LAMA TORRES
DIRECTOR REGIONAL DE AGUAS, REGIÓN DE ÑUBLE**

**A : CRISTIAN ANDRÉS LINEROS LUENGO
JEFE OFICINA REGIONAL DE ÑUBLE
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE**

De nuestra consideración,

Por medio de la presente y en atención a la actividad realizada el 24 de febrero de 2020, adjunto antecedentes complementarios para denuncia SIDEN 16 – XVI-2020 donde se da cuenta por medio de imágenes aéreas que el proyecto denunciado continua realizando actividades de extracción en el interior del río Diguillín en la comuna de Bulnes.

Por otra parte, cabe señalar que en este servicio no existe registro de la tramitación de un permiso sectorial de acuerdo al Art. 89 del antiguo DS 95/01, lo anterior en el marco de lo indicado en la Resolución de calificación ambiental N°161 del 2008 en el considerando 4.

Se adjunta email y fotos de referencia para fines pertinentes.

Sin otro particular, le saluda

**WALDO
MATEO LAMA
TORRES**
Firmado digitalmente
por WALDO MATEO
LAMA TORRES
Fecha: 2020.07.03
09:29:41 -04'00'

WLT/MOL/mol
DISTRIBUCIÓN:

- Destinatario
Libertad N° 790, Chillán. Email oficina.nuble@sma.gob.cl
- Secretaría y oficina de Partes

N° de Proceso SSD: 14118323



María Graciela Salas Reyes <maria.salas@sma.gob.cl>

RV: Remire Res. 13 de fecha 17 julio de 2020

1 mensaje

Cristian Andrés Lineros Luengo <cristian.lineros@sma.gob.cl>
Para: María Graciela Salas Reyes <maria.salas@sma.gob.cl>

3 de julio de 2020, 10:18

De: DOH Partes <doh.partes@mop.gov.cl>
Enviado el: jueves, 2 de julio de 2020 18:28
Para: doh.partes.nuble <doh.partes.nuble@mop.gov.cl>
CC: cristian.lineros@sma.gob.cl
Asunto: RV: Remire Res. 13 de fecha 17 julio de 2020

Estimados,

Derivo documento correspondiente a su región.

Atte;

Mauricio Valdivia López

Oficina de Partes
Departamento de Gestión y Desarrollo de Personas y
Administración
Dirección de Obras Hidráulicas

Ministerio de Obras Públicas | Gobierno de Chile
+562 24494495

De: Oficina de partes Subsecretaría OOPP
Enviado el: jueves, 02 de julio de 2020 16:07
Para: cristian.lineros@sma.gob.cl
CC: DOH Partes
Asunto: RV: Remire Res. 13 de fecha 17 julio de 2020

Buenas tardes:

Derivo mail a Oficina Partes DOH

Saludos

De: Cristian Andrés Lineros Luengo [<mailto:cristian.lineros@sma.gob.cl>]
Enviado el: jueves, 2 de julio de 2020 15:22
Para: Oficina de partes Subsecretaria OOPP
CC: María Graciela Salas Reyes
Asunto: Remire Res. 13 de fecha 17 julio de 2020

De nuestra consideración,

Por la presente remitimos Res. N° 13 de fecha 07 de julio de 2020, para DOH Región de Ñuble.

Slds,

**Cristian Andrés Lineros Luengo**
Jefe Oficina Regional de Ñuble
Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

cristian.lineros@sma.gob.cl

Libertad 790, Chillán, Chile

www.sma.gob.cl

 Antes de imprimir piensa en tu compromiso con el MEDIOAMBIENTE

Este mensaje está destinado sólo a la/s persona/s o entidad/es a quien ha sido dirigido. El uso por parte de terceros no autorizados, de la información contenida en este correo, podrá ser sancionado de conformidad con la ley chilena. Si usted ha recibido este correo electrónico por error, le pedimos eliminarlo junto con los archivos adjuntos y avisar inmediatamente al remitente, respondiendo este mensaje.

CONFIDENCIALIDAD: La información contenida en este mensaje y/o en los archivos adjuntos es de carácter confidencial o privilegiada y está destinada al uso exclusivo del emisor y/o de la persona o entidad a quien va dirigida. Si usted no es el destinatario, cualquier almacenamiento, divulgación, distribución o copia de esta información está estrictamente prohibido y sancionado por la ley. Si recibió este mensaje por error, por favor infórmenos inmediatamente respondiendo este mismo mensaje y borre todos los archivos adjuntos. Gracias.

CONFIDENTIAL NOTE: The information transmitted in this message and/or attachments is confidential and/or privileged and is intended only for use of the person or entity to whom it is addressed. If you are not the intended recipient, any retention, dissemination, distribution or copy of this information is strictly prohibited and sanctioned by law. If you received this message in error, please reply us this same message and delete this message and all attachments. Thank you.



Res SMA 13 de fecha 07 de julio de 2020.pdf
159K

**FORMATO A DE PROGRAMA DE CUMPLIMIENTO SIMPLIFICADO PARA INFRACCIÓN
POR FALTA DE MEDICIONES**

1. IDENTIFICACIÓN

▪ Nombre empresa o persona natural:	SOCIEDAD MASMADERA LTDA
▪ Rut empresa o persona natural:	79..802.690-9
▪ Nombre representante legal:	CRISTIAN MACKAY HEDERRA
▪ Domicilio representante legal:	PANAMERICANA SUR KM 410, CHILLAN VIEJO
▪ Rol Procedimiento Sancionatorio:	F-030-2020
▪ Identifique el PPDA respectivo:	D.S. N°48/2015.
▪ Indique si desea ser notificado mediante correo electrónico: en caso afirmativo, favor proponga una dirección de correo electrónico a la cual se debiesen enviar los actos administrativos que correspondan.	Deseo ser notificado, al siguiente electrónico: fmr@masmadera.cl

2. HECHO QUE CONSTITUYE LA INFRACCIÓN:

Transcriba el texto de la infracción, que se encuentra en el Resuelvo I de la formulación de cargos.

No haber realizado la medición de sus emisiones de MP, mediante un muestreo isocinético que permita acreditar el cumplimiento de los límites de emisión establecidos en el artículo 40 del D.S. N° 48/2015, para la caldera a leña, con numero de registro SSÑUB-234 en el Ministerio de Salud y con una potencia térmica mayor a 75 kWt para el año 2020.

3. EFECTOS NEGATIVOS:

Indicar los efectos que ha producido la infracción.

No se han producido efectos negativos debido a que la unidad de abatimiento indicada anteriormente no ha estado habilitada para estar en funcionamiento.

4. ACCIONES COMPROMETIDAS:

N° Identificador	1
Acción y descripción de la acción	Realizar una PRIMERA medición isocinética, cuyos resultados deberán cumplir con el límite de MP establecido en el D.S. N°48/215, Artículo 40.
Plazo de ejecución de la acción	1 mes, plazo máximo 31 de Julio (Depende de las condiciones climáticas)
Costo estimado	\$1.500.000 Mas IVA.
Comentarios	Forma de implementación: La medición será realizada por una empresa acreditada por la Superintendencia del Medio Ambiente y se dará aviso de la fecha de realización de la misma con 48 horas de anticipación al correo electrónico: cristian.lineros@sma.gob.cl .
Medios de verificación (boletas y/o facturas de pago de prestación de servicios; fotografías fechadas y georreferenciadas)	<ul style="list-style-type: none"> -Oferta Técnica Proyecto Control Emisiones. -Oferta Económica Proyecto Control Emisiones. -Memoria de Cálculo Proyecto. -Planos Proyecto. - Boletas N° 29 y N°34 Sr Hidalgo - Comprobantes pago Boletas Proyecto. -Presupuesto Obra de Mano construcción Proyecto y Plataforma Medición Isocinética. - Comprobantes de Pagos de Mano de Obra Proyecto. - Planilla con resumen de detalle de Gastos Proyectos. - Fotos Sistema de Filtro. - Fotos Plataforma Medición. - Presupuesto Medición Isocinética.

N° Identificador	2
Acción y descripción de la acción	1- Realizar las mejoras que permitan cumplir con los parámetros indicados en PPDA. 2- Realizar una SEGUNDA medición, cuyos resultados deberán cumplir con el límite de MP establecido en el D.S. N°48/215, Artículo 40.
Plazo de ejecución de la acción	3 meses, desde realizada la primera medición.
Costo estimado	\$5.000.000 Mas IVA.
Comentarios	1. Forma de implementación: La medición será realizada por una empresa acreditada por la Superintendencia del Medio Ambiente y se dará aviso de la fecha de realización de la misma con 48 horas de anticipación al correo electrónico: cristian.lineros@sma.gob.cl . 2. Impedimentos: Obtener un resultado del contaminante MP superior al límite establecido en el Plan. 3. Acción alternativa: Si se obtiene un resultado con un valor superior a la normativa vigente, se tomarán las medidas suficientes para dar cumplimiento a la normativa medioambiental, tales como la modificación del sistema de filtro, mejorar o transformar el sistema de alimentación de combustible, entre otros, enviando fotografías fechadas y georreferenciadas que acrediten dichas acciones.
Medios de verificación (boletas y/o facturas de pago de prestación de servicios; fotografías fechadas y georreferenciadas)	Factura y cotizaciones proveedores.
N° Identificador	3
Acción y descripción de la Acción (Acción obligatoria).	Cargar en el SPDC el Programa de Cumplimiento aprobado por la Superintendencia del Medio Ambiente. Para dar cumplimiento a dicha carga, se entregará la clave para acceder al sistema en la misma resolución que aprueba dicho programa, debiendo cargar el programa en el plazo de 5 días hábiles contados desde la notificación de la resolución que apruebe el Programa de Cumplimiento, de conformidad a lo establecido en la Resolución Exenta N° 116/2018 de la SMA.
Plazo de Ejecución de la acción.	5 días hábiles contados desde la notificación de la resolución que aprueba el Programa de Cumplimiento.
Costo Estimado Neto (\$).	Sin costo.
Medios de Verificación.	No aplica.
Comentarios.	En relación a los indicadores de cumplimiento y medios de verificación asociados a esta nueva acción, por su naturaleza, no requiere un reporte o medio de verificación específico. Por otra parte, como Impedimentos eventuales, se contemplarán aquellos problemas exclusivamente técnicos que pudieren afectar el funcionamiento del sistema digital en el que se implemente el SPDC, y que impidan la correcta y oportuna carga de la información. Por tanto, en caso de ocurrencia, se dará aviso inmediato a la SMA, vía correo electrónico, especificando los motivos técnicos por los cuales no fue posible cargar el Programa de Cumplimiento en el portal SPDC, remitiendo comprobante de error o cualquier otro medio de prueba que acredite dicha situación. La entrega del Programa de Cumplimiento se realizará a más tardar al día siguiente hábil al vencimiento del plazo correspondiente, en la Oficina de Partes de la Superintendencia del Medio Ambiente.
N° Identificador	4
Acción y descripción de la Acción (Acción obligatoria).	Cargar en el portal SPDC de la Superintendencia del Medio Ambiente, en un único reporte final, todos los medios de verificación comprometidos para acreditar la ejecución de las acciones comprendidas en el PdC, de conformidad a lo establecido en la Resolución Exenta N° 116/2018 de la SMA.
Plazo de Ejecución de la acción.	10 días hábiles contados desde la fecha de ejecución de la medición final obligatoria.

Costo Estimado Neto (\$).	Sin costo.
Medios de Verificación.	No aplica.
Comentarios.	<p>1. Impedimentos: se considerarán como tales, los problemas exclusivamente técnicos que pudieren afectar el funcionamiento del sistema digital en el que se implemente el SPDC, y que impidan la correcta y oportuna entrega de los documentos correspondientes;</p> <p>2. Acción y plazo de aviso en caso de ocurrencia, se dará aviso inmediato a la SMA, vía correo electrónico, señalando los motivos técnicos por los cuales no fue posible cargar los documentos en el sistema digital en el que se implemente el SPDC, remitiendo comprobante de error o cualquier otro medio de prueba que acredite dicha situación; y</p> <p>3. Acción alternativa: en caso de impedimentos, la entrega de los reportes y medios de verificación será a través de Oficina de Partes de la Superintendencia del Medio Ambiente.</p>
<hr/> Francisco Molina Rivas Masmadera Ltda.	



OFERTA TECNICA

**PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA DE VAPOR
PLANTA DE SECADO MASMADERA LTDA.**

Propietario: Sr. Cristian Andres Mackay Heredia

Cliente Mandante: Sr. Francisco Molina (Administrador)

Realizador del Estudio: Oscar Hidalgo Diaz

Ing. Civil Mec

Especialista en Combustión y Control de Emisiones

Agosto 14 de 2019

OFERTA TECNICA

DESARROLLO PROYECTO DE EMISIONES PLANTA MASMADERA

1. Antecedentes:

Planta **MASMADERA Ltda.**; ubicada en Panamericana Sur Km 410, Comuna Chillan Viejo, posee para su proceso productivo una caldera para producir vapor de baja presión utilizado en la etapa de secado de madera, la cual utiliza biomasa como combustible (solo Rollizos y despuntes)

Las características de la caldera son:

- Marca: Gebruder Wagner-vapor industrial s.a.
- Año de Fabricacion: 1962 (reacondicionada el año 2000)
- Tipo de Caldera: Ignitubular Horizontal de 3 pasos
- Producción de vapor: 3.800 kg/hora
- Presión de vapor: 8 bar
- N° de registro de Fabricacion: 6524-1962
- Presión de Diseño: 10 atm = 1013.25 kpa = 10,33 kgf/cm²

2. Configuración de la planta térmica

La Caldera está constituida por:

- Un Ventilador de Tiro Inducido Conectado directamente a la salida de los gases de la Caldera y descarga a la chimenea de manera vertical, encontrándose la chimenea, sobre el ducto de descarga del ventilador
- Ventilador Forzado (Operativo pero solo se usa durante el proceso encendido de la Caldera)
- Planta de Tratamiento de Agua de Alimentacion con su correspondiente sistema de impulsión
- Válvulas de Seguridad

La caldera no cuenta con ningún Sistema de abatimiento de emisiones de particulado ni de gases, como así mismo no posee sistemas de captación, tales como:

- Calentador de aire
- Multiciclones
- Otros elementos de captación

Dadas las condiciones antes señaladas, la caldera no está dotada de los elementos y equipos que le permitan operar adecuadamente para cumplir con los estándares de emisión requeridos por la Norma

3. Desarrollo del proyecto

De acuerdo a lo requerido por la normativa vigente se requiere por tanto diseñar los sistemas que una vez implementados permitan superar las brechas hechas notar por la autoridad

Actualmente no se cuenta con información referente a la Caracterización del material particulado emitido ni de la concentración del mismo, sin embargo bajo las condiciones actuales de diseño se asume los valores de particulado emitido es alto y disperso

Por tanto, la eficiencia de recolección se hace más compleja, situación que demanda contar con mecanismos mucho más eficaces para lograr el nivel de captura adecuado

Por tal razón, y con el propósito de superar el actual estado de deficiencia de la Planta generadora de vapor, se ha solicitado un estudio Técnico que considere tanto la situación operativa de la caldera como del proceso mismo

Este estudio permitirá visualizar y definir acciones de mejora, tanto en lo que concierne a la operación de la caldera desde el punto de vista de la combustión, como de los equipos auxiliares necesarios de implementar para lograr el control eficiente de las emisiones

Es necesario destacar que las actuales falencias también afectan la eficiencia de la combustión de la caldera, lo cual genera un círculo vicioso que no sería posible superar si es que no se realiza un cambio radical en términos de diseño de equipos de mitigación con la capacidad adecuada y aquellos que permitan reducir las emisiones por la vía de mejorar la combustión

Los cambios principales propuestos en este Proyecto son implementar los siguientes equipos como parte del sistema de mejora

- Un Calentador de Aire con una mayor superficie de intercambio de calor para subir la temperatura del aire de combustión de la caldera
- Un Ciclón de alta eficiencia
- Un depurador tipo Venturi con inyección de agua atomizada
- Un ciclón eliminador de niebla.

El cálculo, diseño y dimensionamiento del nuevo sistema, estará basado en el flujo real de gases generado en el proceso de combustión de la Caldera, la incorporación de dos nuevos equipos como lo son, un depurador tipo Venturi con inyección de agua atomizada y un ciclón eliminador de niebla, permitirán una alta capacidad de captura de material fino

Al mismo tiempo la incorporación de un Calentador de Aire, permitirá mejorar la capacidad de intercambio térmico, con lo cual se mejorara tanto su eficiencia térmica al aumentar la temperatura del aire de combustión, como así mismo la capacidad de captura.

Lo anterior permitirá el uso permanente del Ventilado Forzado existente para mejorar la capacidad de combustión y eventualmente bajar el consumo de combustible

También se contempla un ciclón de alta eficiencia (sobre 80%), calculado para capturar partículas de hasta 5 micrones

Por último, y completando el proceso de eliminación de particulado, a continuación del Ciclón se realizara un lavado físico con agua, del gas proveniente del proceso de combustión de la caldera en un dispositivo Tipo Venturi, el cual permitirá retener compuestos contaminantes tales como: HCl, HF, NH₃, HCN y parcialmente H₂S y CO₂, así como las partículas sólidas no extraídas en la etapa de captación del Ciclón

El lavador Venturi incorporado en el proceso a través de este Proyecto, es un equipo que corresponde a un diseño de alta energía y por tanto de alta eficiencia, especialmente diseñado para capturar particulado fino, por tanto el equipo a incorporar posee la capacidad de remover partículas mayores a 0.5 µm de diámetro y menores de 2,5 µm con una eficiencia de hasta un 98%.

Lo más relevante de este Proyecto, es que, en base a la evaluación de la condición de combustión de la caldera, se evitara la producción de una cantidad importante de humo negro y particulado, con lo cual se podrá cumplir los niveles de emisión por debajo de lo requerido por la norma

En definitiva el Proyecto permitirá:

- Mejorar la combustión de la caldera
- La implementación del nuevo sistema de abatimiento permitirá capturar el material particulado para bajar las emisiones PM₁₀ y PM_{2.5}
- Diversificar el uso de otras formas del combustible (Serrín, Virutas y Corteza)

Todos estos equipos se han diseñado para lograr que los parámetros de particulado a emitir, estén bajo los valores establecidos por la Norma

Lo más relevante de los objetivos de este Proyecto, es que, en base a la evaluación de la condición de combustión de la caldera, se mejorara la combustión de la misma, junto con la implementación de un sistema de abatimiento que permita capturar el material particulado para bajar las emisiones PM₁₀ y PM_{2.5}

4. Equipos estimados Instalar a priori

Siendo el objetivo de este Proyecto la implementación de un sistema de Abatimiento para la reducción del MP emitido, se prevé que será necesario instalar los siguientes equipos como parte del sistema

- Un calentador de Aire
- Un Ciclón de alta eficiencia

- Un depurador tipo Venturi
- Un ciclón eliminador de niebla.

Los parámetros a lograr en cuanto a emisión de particulado con este sistema, estarán bajo lo requerido por la Norma, (bajo PM 2.5)

5. Objetivos Específicos del Proyecto:

1. Mejorar la combustión en la caldera para el cumplimiento de las normas sobre emisiones
2. Mejorar el rendimiento y producción de vapor de la caldera
3. Implementación de los equipos necesarios para cumplir con los parámetros ambientales requeridos por la Normativa vigente

6. Presentación Esquemática del Proyecto Propuesto:

A continuación se presenta un esquema a priori de lo que podría ser necesario implementar en Planta MASMADERA

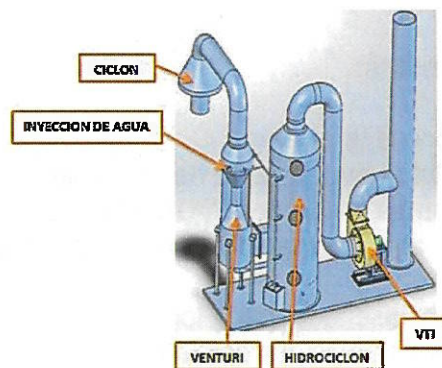


Fig.1. Sistema de control de emisiones propuesto

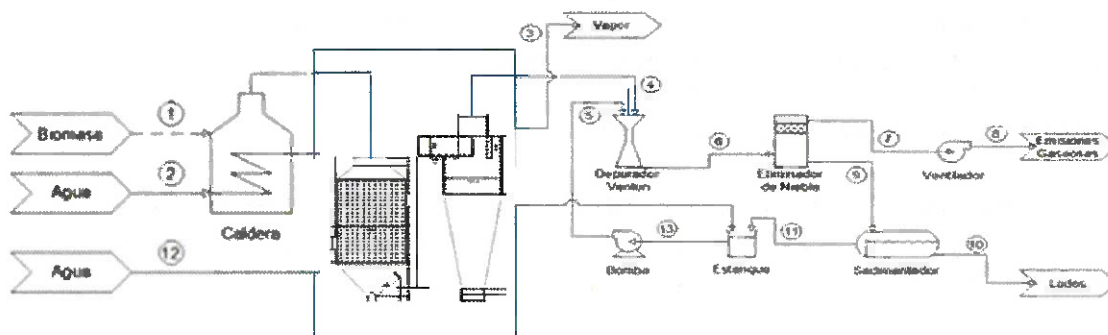


Fig. 2. Diagrama de Sistema de Control de emisiones Propuesto

Ing. Civil Mec.
Especialista en Combustión y Sistemas
De Control de Emisiones



OFERTA ECONOMICA

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA DE VAPOR PLANTA DE SECADO MASMADERA LTDA.

Propietario: Sr. Cristian Andres Mackay Heredia

Ciente Mandante: Sr. Francisco Molina (Administrador)

Realizador del Estudio: Oscar Hidalgo Diaz

Ing. Civil Mec

Especialista en Combustión y Control de Emisiones

Agosto 14 de 2019

OFERTA ECONOMICA

DESARROLLO PROYECTO DE EMISIONES PLANTA MASMADERA

1. Antecedentes:

Planta **MASMADERA Ltda.**; ubicada en Panamericana Sur Km 410, Comuna Chillan Viejo, posee para su proceso productivo una caldera para producir vapor de baja presión utilizado en la etapa de secado de madera, la cual utiliza biomasa como combustible (solo Rollizos y despuntes)

Para esta Caldera se ha solicitado un estudio Técnico y el correspondiente Proyecto de diseño de un sistema de abatimiento de emisiones, ya que esta no cuenta con los equipos de captación de particulado ni de gases

La presente Oferta contempla todos los alcances definidos tanto en la oferta técnica como en esta oferta económica atendiendo los antecedentes entregados y vistos en terreno junto con el Administrador de Planta Sr. Francisco Molina

2. Alcances del Proyecto

Este estudio permitirá visualizar y definir acciones para mejorar los siguientes aspectos:

1. Mejorar la operación de la caldera desde el punto de vista de la combustión
2. Mejorar el rendimiento y producción de vapor de la caldera
3. Optimizar el consumo de madera
4. Diseñar los Equipos auxiliares necesarios implementar para lograr el control eficiente de las emisiones, con el objeto de evitar la generación de humo negro y capturar el material particulado para bajar las emisiones PM10 y PM2.5, cumpliendo con los niveles de emisión por debajo de lo requerido por la norma
5. Proporcionar un diseño para diversificar el uso de otras formas del combustible (Serrín, Virutas y Corteza)

3. Oferta de Valor:

El valor contemplado en esta Oferta contempla.

1. Visitas a terreno necesarias durante es desarrollo del Proyecto para inquirir información
2. Visitas de asistencia durante el proceso de fabricación de los equipos para el control de calidad y resolución dudas
3. Disponibilidad telefónica para responder consultas
4. Vistas a la Planta durante el montaje y modificaciones a realizar
5. Disponibilidad para asistir durante las pruebas y/o puesta en marcha
6. La asistencia termina una vez que los sistema han sido probados y funcionado correctamente

4. Entregables:

1. Memoria de cálculo de los Equipos
2. Informe para ser entregado a la autoridad con las condiciones de diseño y los parámetros de emisiones a lograr
3. Planos de Diseño de los equipos
4. Planos de Fabricacion de los equipos
5. Planos de Montaje de los equipos

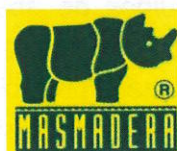
5. Condiciones Económicas:

5.1. Valor Total: \$ 6.890.000 + 10 % impuestos por boleta de Servicios

5.2. Condiciones de Pago:

1. 50 % Anticipo una vez aceptada la Oferta
2. 50 % Restante una vez entregado el Proyecto

Ing. Civil Mec.
Especialista en Combustión y Sistemas
De Control de Emisiones



**“PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA DE VAPOR
PLANTA DE SECADO MASMADERA LTDA”**

Propietario: Sr. Cristian Andres Mackay Heredia

Ciente Mandante: Sr. Francisco Molina (Administrador)

Realizador del Estudio: Oscar Hidalgo Diaz

Ing. Civil Mec

Especialista en Combustión y Control de Emisiones

Enero 2020

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

SUMARIO

Aserradero MASMADERA ubicada en Panamericana Sur Km 410, Comuna Chillan Viejo, posee para su proceso de secado de madera, una caldera para producir vapor de baja presión, la cual utiliza biomasa como combustible

Esta Caldera no cuenta con equipos de abatimiento, por tanto, el flujo de gases generado en la caldera pasa directamente a la chimenea a través del ventilador de tiro inducido, y por ende la instalación hace propicia la circunstancia para que se genera un arrastre de particulado producto de la combustión

A pesar de no contar con un estudio isocinético de los gases emitidos, las emisiones actuales de la caldera se estiman altas en relación con lo estipulado por la Norma Medioambiental, esto debido a la baja retención de material dentro del hogar de la caldera.

La concentración de material particulado en este tipo de proceso de combustión tiende a ser bastante dispersa, la cual por lo general está en torno a los 500 hasta 2000 mg/Nm³-seco, los que en cualquier caso se consideran valores altos, por tanto, la eficiencia de recolección se hace más compleja, situación que demanda contar con mecanismos mucho más eficaces para lograr el nivel de captura adecuado

Se ha realizado un estudio de la situación operativa de la caldera y del proceso, lo que ha permitido visualizar que existen oportunidades de mejora, tanto en lo que concierne a la operación misma de la caldera desde el punto de vista de la combustión, como de los equipos auxiliares necesarios para controlar las emisiones

El resultado de dicho estudio, arroja como resultado que la ausencia de los equipos no permite cumplir con las condiciones para abatir adecuadamente las emisiones generadas en la caldera

Esta falencia también afecta la combustión de la caldera, lo cual genera un círculo vicioso, que no es posible superar si es que no se realizan mejoras a través de la implementación de equipos con el diseño adecuado para superar la situación actual

Los cambios principales propuestos en este Proyecto son implementar los siguientes equipos como parte del sistema de mejora

- Un Calentador de Aire con una superficie de intercambio de calor adecuada para subir la temperatura del aire de combustión de la caldera
- Un Ciclón de alta eficiencia
- Un depurador tipo Venturi con inyección de agua atomizada
- Un ciclón depurador eliminador de niebla.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

El cálculo, diseño y dimensionamiento del nuevo sistema, estará basado en el flujo de gases generado en el proceso de combustión de la Caldera

El proyecto contempla la incorporación de los nuevos equipos antes señalados como lo son el ciclón de alta eficiencia (sobre 80%), calculado para capturar partículas de hasta 5 micrones y un depurador tipo Venturi con inyección de agua atomizada, el cual permitirá capturar particulado de hasta 1 micrón, ya que se trata de un equipo de alto poder de captura, especialmente diseñado para retener particulado fino.

A lo anterior se agrega un ciclón eliminador de niebla para capturar el arrastre de agua y eventuales partículas finas

Lo más relevante de este Proyecto, es que, junto con permitir una alta capacidad de captura de material fino, permitirá mejorar la eficiencia térmica de la caldera a través del aumento de la temperatura del aire de combustión, producto de la incorporación del nuevo Calentador de Aire, el cual mejorará el intercambio de calor hacia el aire de combustión a través del ventilador de aire primario bajo parrilla

En definitiva, el nuevo Proyecto de Abatimiento permitirá:

- Mejorar la combustión de la caldera
- Capturar el material particulado para bajar las emisiones PM10 y PM2.5 para cumplir con los valores de particulado establecidos por la Norma (<50 mg/m³).

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

1. DESARROLLO DEL PROYECTO DE ABATIMIENTO DE PARTICULADO

1.1. Antecedentes

Planta MASMADERA Ltda.; ubicada en Panamericana Sur Km 410, Comuna Chillan Viejo, posee para su proceso productivo una caldera para generar vapor de baja presión, usado en la etapa de secado de madera, la cual utiliza desechos de madera (Biomasa como combustible

Para esta Caldera se ha solicitado un estudio Técnico, el que incluye un Proyecto de diseño de un sistema de abatimiento de emisiones, ya que el sistema no cuenta con los equipos necesarios para la captación de particulado

Las características existentes son:

- Fabricante: Gebruder Wagner-vapor industrial S.A.
- Numero de fabrica:6.524
- Año de Fabricacion: 1962 (reacondicionada el año 2000)
- Superficie de calefacción:160 m²
- Presión máxima: 115 Lbs/Pulg²
- Tipo de Caldera: Ignitubular Horizontal de 3 pasos
- Producción de vapor: 3.800 kg/hora - Presión de vapor: 8 bar
- N° de registro de Fabricacion: 6524-1962
- Presión de Diseño: 10 atm = 1013.25 kpa =10,33 kgf/cm²
- Tipo de Parrilla: Fija refrigerada por agua-manual
- Diámetro Fogón: 950 mm, largo: 4.580

1.1. Configuración de la planta térmica:

La Caldera está constituida por los siguientes equipos periféricos:

- Un Ventilador de Tiro Inducido Conectado directamente a la salida de los gases de la Caldera, el cual descarga a la chimenea de manera vertical, encontrándose la chimenea, sobre el ducto de descarga del ventilador
- Ventilador Forzado (Operativo, solo se usa durante el proceso encendido de la Caldera)
- Planta de Tratamiento de Agua de Alimentacion con su correspondiente sistema de bombas impulsión
- Válvulas de Seguridad

Como ya se mencionó, la caldera no cuenta con un sistema de captura de emisión de particulado. La ausencia de una implementación adecuada de los elementos y equipos, no

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

permiten que pueda operar adecuadamente para cumplir con los estándares de emisión requeridos por la Norma

El presente estudio y proyecto, contempla todos los alcances definidos en la oferta técnica atendiendo de acuerdo a los antecedentes entregados y vistos en terreno junto con el Administrador de Planta Sr. Francisco Molina

1.2. Objetivos del Proyecto

Este estudio permitirá visualizar y definir acciones para mejorar los siguientes aspectos:

1. Mejorar la operación de la caldera desde el punto de vista de la combustión
2. Mejorar el rendimiento y producción de vapor de la caldera
3. Optimizar el consumo de madera
4. Diseñar los Equipos auxiliares necesarios implementar para lograr el control eficiente de las emisiones, con el objeto de evitar la generación de humo y capturar el material particulado para bajar las emisiones PM10 y PM2.5, cumpliendo con los parámetros ambientales y niveles de emisión requeridos por la Normativa vigente
5. Proporcionar un diseño para diversificar el uso de otras formas del combustible (Aserrín, Virutas y Corteza)

2. Alcances del Proyecto

De acuerdo con lo requerido por la normativa vigente se requiere, por tanto, diseñar los sistemas que una vez implementados permitan superar las brechas notificadas por la autoridad

Actualmente no se cuenta con información referente a la Caracterización del material particulado emitido ni de la concentración de este, sin embargo, bajo las condiciones actuales de diseño se asume los valores de particulado emitido es alto y disperso

Por tanto, la eficiencia de recolección se hace más compleja, situación que demanda contar con mecanismos mucho más eficaces para lograr el nivel de captura adecuado

Por tal razón, y con el propósito de superar el actual estado de deficiencia de la Planta generadora de vapor, se ha solicitado un estudio Técnico que considere tanto la situación operativa de la caldera como del proceso mismo

Este estudio permitirá visualizar y definir acciones de mejora, tanto en lo que concierne a la operación de la caldera desde el punto de vista de la combustión, como de los equipos auxiliares necesarios de implementar para lograr el control eficiente de las emisiones

Es necesario destacar que las actuales deficiencias tienen efectos sobre la combustión de la caldera, lo cual no sería posible superar si es que no se realiza un cambio radical en términos de diseño de equipos de mitigación con la capacidad adecuada y aquellos que permitan reducir las emisiones por la vía de mejorar la combustión

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

El cálculo, diseño y dimensionamiento del nuevo sistema, estará basado en el flujo real de gases generado en el proceso de combustión de la Caldera

Entre los cambios principales propuestos en este Proyecto se contempla la implementación de los siguientes equipos como parte del sistema de mejora

- Un Calentador de Aire con una mayor superficie de intercambio de calor para subir la temperatura del aire de combustión de la caldera
- Un Ciclón de alta eficiencia
- Un depurador tipo Venturi con inyección de agua atomizada
- Un ciclón eliminador de niebla.

Los cambios anteriores permitirán una alta capacidad de captura de material fino, en tanto la incorporación de un Calentador de Aire, permitirá mejorar la capacidad de intercambio térmico, con lo cual se mejorará tanto su eficiencia térmica al aumentar la temperatura del aire de combustión, lo anterior permitirá el uso permanente del Ventilado Forzado existente para mejorar la capacidad de combustión y eventualmente bajar el consumo de combustible

La inclusión de un ciclón de alta eficiencia (sobre 80%), está calculado para capturar partículas de hasta 5 micrones

Por último, y completando el proceso de eliminación de particulado, a continuación del Ciclón se realizará un lavado con agua del gas proveniente del proceso de combustión de la caldera a través de un dispositivo Tipo Venturi, el cual permitirá retener compuestos contaminantes tales como: CO y CO₂, así como las partículas sólidas no extraídas en la etapa de captación del Ciclón

El lavador Venturi incorporado en el proceso a través de este Proyecto, es un equipo que corresponde a un diseño de alta energía, y por tanto de alta eficiencia, especialmente diseñado para capturar particulado fino. Este equipo posee la capacidad de remover partículas mayores a 0.5 μm de diámetro y menores de 2,5 μm con una eficiencia de hasta un 98%.

Lo más relevante de este Proyecto, es que, en base a la evaluación de la condición de combustión de la caldera, se evitará la producción de una cantidad importante de humo y particulado, con lo cual se podrá cumplir los niveles de emisión por debajo de lo requerido por la norma

En definitiva, el Proyecto permitirá:

- Mejorar la combustión de la caldera
- La implementación del nuevo sistema de abatimiento permitirá capturar el material particulado para bajar las emisiones PM₁₀ y PM_{2.5}
- Diversificar el uso de otras formas del combustible (Serrín, Virutas y Corteza)

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

- a. El Ciclón de alta eficiencia
- b. Lavador de gases tipo Venturi con torre de absorción

A continuación, se presenta un resumen con las ventajas y desventajas que presenta cada una de estas alternativas posibles de implementar, considerando las características de la caldera existente en la Planta MASMADERA

A continuación, en la tabla 1., se presenta el analisis antes señalado

TABLA 1. CUADRO COMPARATIVO DE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS POSIBLES			
N°s	Tecnología	Ventajas	Desventajas
1	Multiciclón Vertical	Bajo Rendimiento, bajo costo de mantenimiento	Muy baja eficiencia de recolección (50% 70%)
2	Multiciclón + Filtro de mangas	Cumplimiento de norma, sin rotura de bolsas	Bolsas fallan con frecuencia, alto costo de reposición
3	Scrubber (Captura con agua)	Costo inicial medio (1 a 2)	Eficiencias variables, consumos de agua altos
4	Multiciclón Vertical (De alta caída de presión)	Mayor eficiencia (1)	Alto consumo energético, eficiencia variable
5	Precipitador electrostático	Cumplimiento de norma (sin falla electrónica)	Alto costo inicial, alto nivel técnico de operadores y mantenedores, alto costo de mantenimiento, alto costo energético
6	Multiciclón axial con extracción de ceniza por eyectores tipo Venturi	Costo inicial menor a (2,4 y 5). Eficiencia mayor a (1 y 3). Cumple norma- 150 mg/m3. Permite control de eficiencias variando inyección de agua, consumiendo <20% de (3)	No logra cumplir control de emisiones para 50 Mg/m3
7	Combinación de Ciclón de alta eficiencia con Venturi e Hidrociclón	Permite cumplir con todos los parámetros logrados con los equipos del Ítem 6, pero además con mayor capacidad de captura de P.M	Alta eficiencia, logra cumplir control de emisiones para 50 Mg/m3 y captura de PMA hasta 2,5 µm

Como se puede apreciar en el cuadro anterior la mejor opción a implementar es la que corresponde a la alternativa 7 (Combinación de Ciclón de alta eficiencia con Venturi e Hidrociclón)

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

4. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA

A continuación, se hace una descripción del principio de funcionamiento de los dos métodos a implementar en planta MASMADERA

4.1. Combinación de ciclón de Alta Eficiencia con Separador Venturi e Hidrociclón.

La razón de elegir implementar este sistema se justifica en el hecho de que el separador venturi, es capaz de separar partículas menores de $< 1\mu$, lo cual no puede lograr el ciclón por sí solo.

Las principales ventajas de un Sistema Venturi son las siguientes:

- Diseño simple y compacto
- Alto grado de separación para partículas de polvo finas y aerosoles
- Insensible a obturaciones
- Absorción simultanea de gases contaminantes

Esta unidad combina los efectos de ciclón e Hidrociclón. Es en este último donde se realiza la separación de las microgotas de agua que contienen el material particulado y los contaminantes por medio de la fuerza centrífuga, esta se emplea también como torre de lavado por aspersión. El líquido es drenado por la parte inferior y conducido al sistema de tratamiento.

El Hidrociclón estará conectado al Venturi a través de una transición, este también contará en la parte superior con un sistema eliminador de niebla, cuyo objetivo será evitar que la mezcla de gases con líquido salga por la parte superior hacia el VTI y la chimenea respectivamente.

El material tanto del Venturi como del ciclón será acero inoxidable calidad AISI 304

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

5. INFORMACION REQUERIDA PARA EL CALCULO Y DISEÑO

5.1. Procedimiento general de diseño

En este ítem se describe el procedimiento general de diseño, el cual comprende los siguientes puntos.

Selección del tipo de ciclón, y el tipo de venturi, dependiente del funcionamiento y necesidades requeridas, entre las cuales se contemplan:

- Caudal generado por el tipo de ventilador. m³ /hora.
- Peso específico del producto a transportar. Kg/m³
- Tamaño de partículas a separar. μm
- Fluido de transporte.
- Caudal de producto a transportar por la corriente gaseosa. Kg/m³

TABLA 2. INFORMACION DE LA CALDERA MAS MADERA		
Ítem	Parámetros Informativos de la caldera	Datos
1	Consumo de madera para la combustión de la caldera a máxima carga	0,45 m ³ /hora= 10,8 m ³ /dia, 3.996 kg/dia=166,5 kg/hora
2	Dimensiones del ducto de salida de la caldera (es succión del ventilador)	Rectangular 23"x17" = 0,5842 m x 0,4318 m, Área = 0,253 m ²
3	Características del Ventilador, ojalá tomar los datos de placa, también diámetro de succión	Ventilador centrifugo 48" de diámetro = 1,2192 m x 19" de ancho, diámetro impulsor= 900 mm x 120 mm de ancho. Diámetro de succión 15" = 0,381 m
4	Potencia y consumo del motor eléctrico del ventilador actualmente	22 kW, consumo 40 amp
5	Dimensiones de la chimenea	Diámetro: 600 mm = 0,6 m, Altura: 12 mts sobre el ventilador.
6	Dimensiones del hogar: Largo, ancho, altura	Largo 5.50 mts, ancho 1.70 mts, alto 1.70 mts en la parte central.
7	Tipo de material que alimentara la correa Transportadora a la Caldera	Normalmente viruta, despunte y leña.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

6. CONSIDERACIONES DISEÑO LAVADOR DE GASES TIPO VENTURI

Se elegira un ciclón de alta eficiencia, Venturi y Torre de Aspersión basado en los parámetros que se indican en la Tabla 3 y 4

TABLA 3. ESTIMACION DE EMISIONES CONTROLADAS POR LOS EQUIPOS A IMPLEMENTAR						
Parámetro	Capacidad de captura de Particulado Combustión aserrín, corteza y viruta			Eficiencia de remoción		
				PST	PM10	PM 2,5
Diámetro menor a	2,5 [μm]	6 [μm]	10 [μm]	-	-	-
Ciclón de alta efic. [$\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$]	124	148	162	80-99	60-95	20-70
Venturi [$\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$]	14	16	16	70% a 99% para partículas mayores a 1 μm de diámetro		
Torre de aspersión [$\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$]	110	118	120			

TABLA 4. CARACTERISTICAS DE EFICIENCIA DE LOS DEPURADORES HUMEDOS A IMPLEMENTAR		
Parámetro	Venturi	Torre de Aspersión
Eficiencia	0 a 2,5 [μm]: 90 % 2,5 a 6 [μm]: 95% 6 a 10 [μm]: 99 %	0 a 2,5 [μm]: 20 % 2,5 a 6 [μm]: 80% 6 a 10 [μm]: 90 %
Concentración de MP (Cargas contaminantes) [$\frac{\text{g}}{\text{m}^3}$]	1 a 115, a condiciones estándar	No evaluable
Caída de presión [kPa]	2,5 a 7,5	Muy baja
Caudal de gas	0.2 a 47 Nm ³ /s	

6.1. Lavador de gases tipo venturi:

6.1.1. Analisis descriptivo:

En este tipo de lavador la remoción partículas se lleva a cabo por impacto y difusión, mientras que los gases se remueven por absorción en el líquido. El sistema de lavado está compuesto principalmente por una columna Venturi, un colector centrífugo y un sistema de recirculación y tratamiento de líquido de lavado.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

Se consideraron las siguientes características para la selección de este equipo para su implementación

- Venturi de abertura fija.
- Construcción sencilla.
- Diseño simple y compacto.
- Alto grado de separación para partículas de polvo
- Insensible a las obturaciones.
- Bajo costo mantenimiento.
- Permite el tratamiento de caudales variables de aire.

Los lavadores tipo venturi son particularmente adecuados para retener material particulado húmedo o pegajoso, así como remover gases contaminantes como SOX, remoción de materiales contaminantes inflamables o altamente corrosivos.

Para llevar a cabo el diseño del equipo de abatimiento se tomaron en cuenta las siguientes variables de operación:

- Volumen de los gases de combustión
- Temperatura de los gases de combustión
- Caída de presión en el ventilador de tiro inducido para soportar la caída de presión en el venturi.

6.1.2. Formación de las gotas en un lavador Venturi

Los lavadores Venturi son dispositivos que proveen por si mismos la formación de las gotas de líquido, pues la energía requerida para la atomización del líquido de lavado la proveerá la corriente gaseosa acelerada en la garganta del dispositivo. Esta atomización neumática de doble fluido (gas y agua), puede presentarse en dos formas: atomización tipo gota y atomización tipo nube.

La primera se lleva a cabo cuando por medio de toberas de diámetro interno menor a 1 mm, el líquido es inyectado en la corriente gaseosa que fluye a gran velocidad, resultando así el rompimiento de la tensión superficial del agua y la formación de pequeñas gotas, mientras que para la segunda se utiliza toberas de mayor tamaño, generando diminutas gotas agrupadas en forma de una pequeña nube.

Una vez que la descarga gaseosa proveniente del ciclón ha sido enfriada hasta unos 69 °C, ésta pasará al sistema de remoción de partículas, el cual consistirá en un lavador húmedo tipo Venturi.

En un lavador Venturi (figura 2), se identifican tres zonas, que son:

- Zona convergente,
- Garganta
- Zona divergente

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

El gas cargado con partículas ingresa a la zona convergente, donde debido al cambio gradual en la sección transversal por donde fluye, se producirá un incremento en la velocidad del gas hasta alcanzar un valor máximo en la zona que se conoce como garganta.

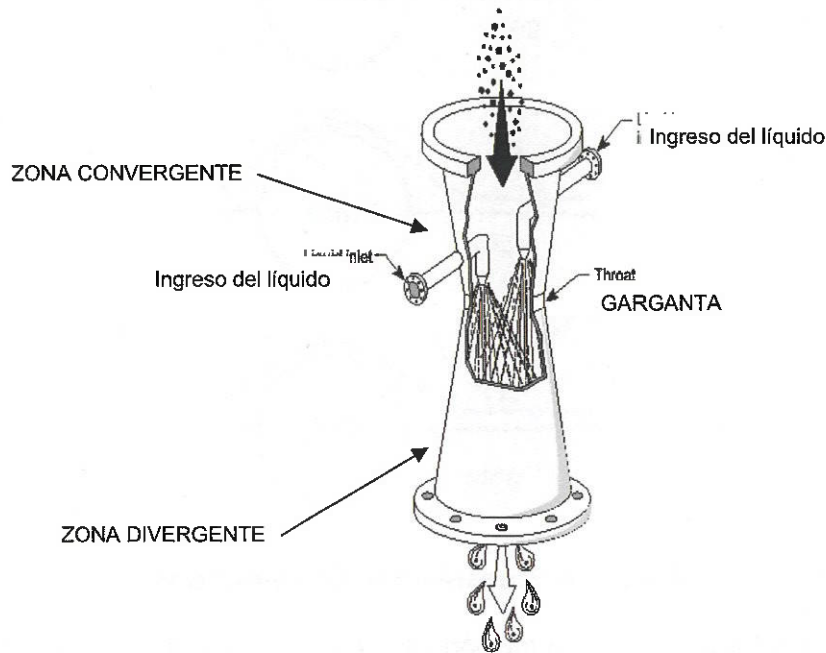


Figura 3. Identificación de zonas y principio de operación de un lavador Venturi

Para llevar a cabo la captación de partículas, se inyectará agua en la zona donde el gas fluye, y por lo tanto las partículas alcanzaran su mayor velocidad, produciéndose así el rompimiento de la tensión superficial del agua y dando lugar a la formación de pequeñas gotas del líquido.

Esto resultará en el contacto físico entre las gotas del líquido de lavado y las partículas, de manera que éstas últimas serán removidas de la descarga gaseosa.

La velocidad relativa entre las gotas del líquido de lavado y las partículas a removerse, es el parámetro más importante en todo lavador de gases destinado a la remoción de partículas.

Los mecanismos de colección que intervienen en un lavador de partículas, cualquiera sea su tipo, son:

- a. Impacto inercial
- b. Intercepción
- c. y Difusión.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

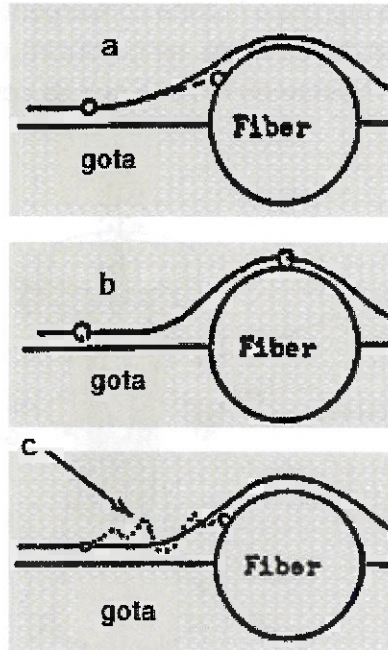


Figura 4. Mecanismos de colección:

De éstos, el principal mecanismo de remoción es el impacto inercial, el cual se lleva a cabo cuando las partículas tienen la inercia suficiente para abandonar la trayectoria de flujo del gas que las transporta, de manera que mientras el gas se desvía alrededor de las gotas del líquido, las partículas impactan contra la superficie de las gotas; colectando partículas con diámetro mayor a $10\ \mu\text{m}$

Las partículas que siguen la trayectoria de las líneas de flujo del gas no serán atrapadas por impacto inercial, a este mecanismo de colección se lo conoce como intercepción y predomina para partículas de $0.1\ \mu\text{m}$ a $10\ \mu\text{m}$.

Partículas menores a $0.1\ \mu\text{m}$ de diámetro, e inclusive aquellas menores a $0.5\ \mu\text{m}$ están sujetas al mecanismo de difusión, el cual se lleva a cabo por el movimiento browniano de las partículas

A mayor velocidad relativa entre las gotas del líquido de lavado y las partículas, mayores serán las posibilidades de que se lleve a cabo la captación de partículas. el lavador Venturi puede inclusive remover partículas del tipo $\text{PM}_{2.5}$.

Los principales parámetros que influyen sobre el desempeño de un lavador Venturi son

- Distribución de tamaño de partícula y cantidad de material particulado
- Temperatura, humedad y flujo de la corriente gaseosa
- Velocidad del gas y caída de presión

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

- Relación líquida a gas
- Tamaño de las gotas del líquido
- Tiempo de residencia

La distribución de tamaño de partícula determinará la eficiencia global de colección que tiene el venturi, y su humedad, determinarán la cantidad del líquido de lavado que se evaporará; a mayor evaporación, mayor será la cantidad del líquido que deba inyectarse para tratar el gas.

La longitud de la garganta y de la zona divergente del lavador Venturi deberá ser tal que permita el contacto suficiente entre las gotas y las partículas

MEMORIA DE CALCULO DEL CICLON Y EL LAVADOR VENTURI

1. CALCULO Y DISEÑO DEL CICLON

1.1. Característica que debe cumplir la corriente de emisión en un ciclón

Las siguientes son algunas de las características que debe cumplir la corriente de emisión para utilizar ciclones:

1.1.1. Caudal de aire:

Los caudales típicos de gas para unidades de un solo ciclón son de 0.5 a 12 m³ /s a condiciones de referencia.

1.1.2. Temperatura:

Las temperaturas del gas de entrada están limitadas únicamente por los materiales de construcción del ciclón, las cuales pueden alcanzar hasta 540°C. En nuestro caso la temperatura máxima que se podría alcanzar no sobrepasara los 200 °C

1.1.3. Concentración de partículas:

Las concentraciones típicas de partículas en el gas van de 2,0 a 230 g/m³ a condiciones de referencia.

Datos de Calculo:

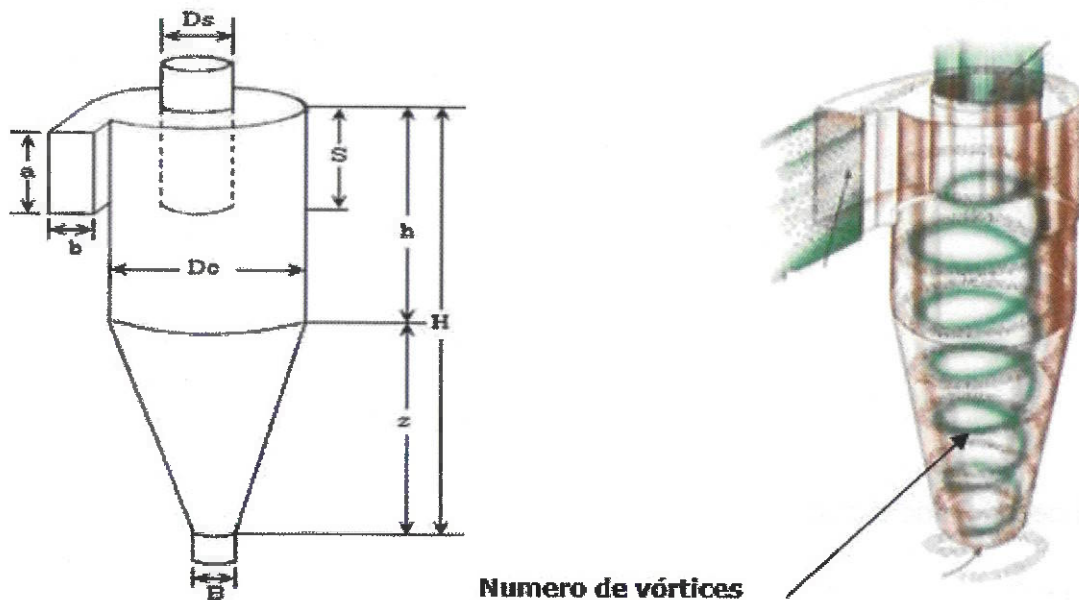
- Caudal de gases: 8.000 m³/hora como máximo= 2,22 m³/seg
- Caudales típicos de gases para unidades de un solo ciclón son de 0,5- 12 m³/seg
- Temperatura de entrada= 170°C
- Concentración de partículas van desde 20 a 230 grs/m³, condiciones de referencia
- Densidad de las partículas= 1.200 Kg/m³
- Eficiencia= 80%
- Diámetro del Ciclón < 1 m
- Caída de presión < 2.488,16 Pa
- Relación de velocidad= (Vi/Vs) < 1,35
- Velocidad de entrada 15,2-27,4 m/seg

1.1.4. Elección del Tipo de diseño para el Ciclón:

Se elegira el diseño de ciclón de alta eficiencia, para lo cual el que cumple con esta condición es el Ciclón Swift, cuya relación de respecto a las dimensiones se muestra en la tabla 5. Siguiente:

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

TABLA 1. RESUMEN DE DIMENSIONES DEL CICLON DE LTA EFICIENCIA			
Dimensión	Parámetro	Relación	Ciclón Swift de alta eficiencia
Diámetro del ciclón	Dc	Dc/Dc	1
Altura de entrada	a	a/DC	0,44
Ancho de entrada	b	b/Dc	0,21
Altura de salda	s	s/Dc	0,5
Diámetro de salida	Ds	Ds/Dc	0,4
Altura parte cilíndrica	h	h/Dc	1,4
Altura parte cónica	z	z/Dc	2,5
Altura total del ciclón	H	H/Dc	3,9
Diámetro de salida de partículas	B	S/Dc	0,4
Numero de vórtices	N		6,0



Figuras 1. Esquema dimensional del Ciclón simple con entrada tangencial y descarga axial

Parámetros de diseño:

- Los rangos de caídas de presión para los ciclones de alta eficiencia son de 2 a 2.5 kPa (0,02 a 0,025 Bar)
- Velocidad seleccionada para el diseño del ciclón= 22 m/s
- Caudal de gases = 2 m³/seg

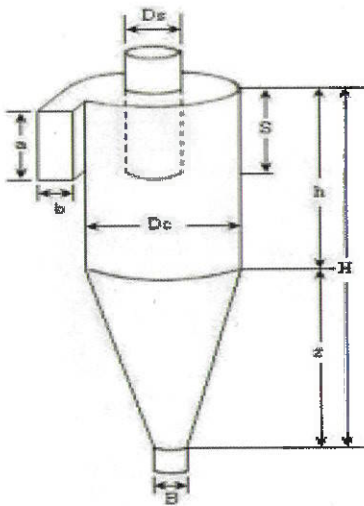
PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

2. REQUERIMIENTOS, CONDICIONES GENERALES DE DISEÑO Y MÉTODOS DE CÁLCULO

Para poder llevar a cabo un buen diseño, y obtener a cabalidad los requerimientos exigidos, es decir, que cumpla el objetivo para el cual será diseñado el ciclón, la caída de presión máxima permisible corresponde a un rango de velocidad de entrada al ciclón dentro del intervalo de 15.2 a 27.4 m/s

Para este caso seleccionamos una velocidad de entrada de 22 m/s. Con este valor se puede determinar el diámetro del ciclón y las otras dimensiones con base en las relaciones establecidas para las familias de ciclones Swift de alta eficiencia (Tabla 1).

Se elegira un Ciclón Swift



Área del ducto de entrada:

$$\text{Área} = \frac{Q}{V_i}$$

$$\text{Área} = \frac{2}{22} = 0,0909 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del ducto de entrada} = a \times b$$

Para un ciclón Swift (Tabla 1):

$$\text{Altura de entrada al ciclón (a): } a = 0,44 D_c$$

$$\text{Ancho de entrada al ciclón (b): } b = 0,44 D_c$$

$$a \times b = 0,5 D_c \times 0,25 D_c = 0,0909 \text{ m}^2$$

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$D_c = \sqrt{0,0909/0,125}$$

$$D_c = 0,853 \text{ m}$$

Entonces: Las otras dimensiones se hallan con base en las proporciones propuestas:

- 1) Altura de entrada al ciclón (a): $a = 0,44 D_c$
 $a = 0,44 \times 0,853 = 0,37532 \text{ m}$
- 2) Ancho de entrada al ciclón (b): $b = 0,21 D_c$
 $b = 0,21 \times 0,853 = 0,17913 \text{ m}$
- 3) Altura de salida del ciclón (S): $S = 0,5 D_c$
 $S = 0,5 \times 0,853 = 0,4265 \text{ m}$
- 4) Diámetro de salida del ciclón (Ds): $D_s = 0,4 D_c$
 $D_s = 0,4 \times 0,853 = 0,3412 \text{ m}$
- 5) Altura parte cilíndrica del ciclón (h): $h = 1,4 D_c$
 $h = 1,4 \times 0,853 = 1,1942 \text{ m}$
- 6) Altura total del ciclón (H): $H = 3,9 D_c$
 $H = 3,9 \times 0,853 = 3,3267 \text{ m}$
- 7) Altura parte cónica del ciclón (z): $z = 2,5 D_c$
 $z = 2,5 \times 0,853 = 2,1325 \text{ m}$
- 8) Diámetro salida del polvo (B): $B = 0,4 \times D_c$
 $B = 0,3412 \times 0,853 = 0,3412 \text{ m}$

TABLA 2. RESUMEN DE DIMENSIONES DEL CICLON DE LTA EFICIENCIAA

Dimensiones	Parámetro	Relación para el calculo	Ciclón Swift de alta eficiencia	Medida mm
Diámetro del ciclón	$D_c = 875$	D_c/D_c	1	875
Altura de entrada	$a = 376$	a/D_c	0,44	376
Ancho de entrada	$B = 180$	b/D_c	0,21	180
Altura de salida	S	S/D_c	0,5	427
Diámetro de salida	D_s	D_s/D_c	0,4	342
Altura parte cilíndrica	h	h/D_c	1,4	1195
Altura parte cónica	z	z/D_c	2,5	2133
Altura total del ciclón	H	H/D_c	3,9	3327
Diámetro de salida de partículas	S	S/D_c	0,4	342
Factor de Configuración	G		381,79	
Numero de vórtices	N		8,0	
Material	Plancha de acero T1 de 3- 4 mm de espesor			

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

2.1 Estimación del número de ciclones necesarios para trabajar en paralelo

Ya que $D_c < 1.0$ m, solo se requiere un ciclón simple, ya que el valor del diámetro del ciclón está relativamente cercano a 1.0 metro. Por otro lado, para caudales entre 0.5 y 12 m³ /s a condiciones de referencia se utilice un solo ciclón.

2.2. Cálculo de la eficiencia del ciclón

Para calcular la eficiencia del ciclón se requiere calcular primero si hay o no resuspensión, ya que de presentarse resuspensión en el ciclón, la ecuación de Leith y Licht estaría sobrestimando la eficiencia del ciclón.

Para hallar la relación de velocidades se requiere primero estimar la velocidad equivalente y luego la velocidad de saltación.

2.3. Eficacia de remoción por tipo de ciclón

Teóricamente, D_p , es el tamaño de la partícula más pequeña que puede ser recolectada, esto significa que todas las partículas de diámetro D_p o mayores pueden ser recolectadas con una eficacia del 100%

$$d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot \mu \cdot W}{\pi \cdot Ne \cdot V_i \cdot (\rho_p - \rho_g)} \right]^{1/2}$$

$$d_{pc} = \left[\frac{9 \cdot 2,08 \cdot 10^{-5} \cdot 0,342}{\pi \cdot 6 \cdot 22 \cdot (1000 - 0,8)} \right]^{1/2} = 0,00001243\text{m} = 12,43\mu\text{m}$$

El diámetro mínimo de partícula que puede ser recolectada con un 100% de eficacia está directamente relacionado con la viscosidad y con el diámetro del conducto de entrada, y es inversamente proporcional con el número de giros, la velocidad de entrada el gas y la diferencia de densidad entre el gas y la partícula. En la práctica, la eficiencia de recolección de partículas depende de estos parámetros, pero esto predice que todas las partículas mayores del D_p son recolectadas

Otro parámetro para considerar en el diseño de los ciclones es la pérdida de carga. Existen muchos modelos para dicho diseño, en este caso se ha usado la aproximación de Shepherd y Lapple:

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$H_v = K \cdot \frac{H \cdot W}{D_e^2}$$

Dónde:

- H_v = pérdida de carga
- K = constante que depende de la configuración del ciclón y de las condiciones de operación

Teóricamente, K puede variar considerablemente, pero lo normal es que varié entre 12 y 18 (Caplan 1962). Licht (1984) recomienda fijar el valor de K en 16, por lo que:

$$H_v = 16 \cdot \frac{0,376 \cdot 0,342}{0,376^2} = 14,55$$

Convirtiéndolo en pérdida de carga:

$$AP = \frac{1}{2} \cdot \rho g \cdot v_i^2 \cdot H_v$$

$$v = 22 \text{ m/seg}$$

$$AP = \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 22^2 \cdot 14,55 = 2561,037 \text{ Pa} = 2.816,9 \text{ kPa}$$

3. DISEÑO Y CALCULO DEL DEPURADOR (LAVADOR) VENTURI

3.1. Objetivo del diseño

El objetivo de la implementación de un depurador tipo Venturi, es la minimización de la concentración de las emisiones de MP en la caldera de biomasa.

La principal característica del depurador tipo Venturi es su sección estrecha, donde se capta la mayor parte de la masa de MP mediante agua.

El modelo de garganta relaciona la captura de MP con las características geométricas y condiciones de operación del equipo, la cual permite determinar el agua necesaria para la depuración, y el diámetro y longitud de la sección estrecha del depurador tipo Venturi

El diseño de la sección convergente y divergente se realizará utilizando parámetros recomendados para sus longitudes y ángulos, mientras que los materiales de construcción del equipo se seleccionaran considerando la erosión y la presión externa sobre éste.

La Tabla 7, describe los valores de diseño a utilizar en esta memoria de cálculo, los cuales corresponden a valores estandarizados y probados

TABLA 3. PARAMETROS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DEL LAVADOR DE PARTÍCULAS

Velocidad del gas en la garganta

$V_G > 4.575 \text{ cm/s}$	Alta eficiencia de remoción de PM
$2000 < V_G < 2300 \text{ cm/s}$	Absorción y remoción de PM simultáneas

Relación Líquido – Gas

$0.26 < L/G < 2.6 \text{ l/m}^3$	Remoción de PM
$5.5 < L/G < 11 \text{ l/m}^3$	Absorción de gases y remoción de PM

Caída de presión

$10 < \Delta P < 150 \text{ in H}_2\text{O}$	Inferior en aplicaciones de absorción
--	---------------------------------------

Dimensiones típicas

Área de entrada / Área de la garganta = 4:1

Ángulo de convergencia = 12. 5°

Ángulo de divergencia = 3. 5°

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

4. IMENSIONAMIENTO DEL VENTURI

Para dimensionar el lavador Venturi, asumiremos una velocidad adecuada en la garganta; de la tabla 3 asumimos que $V_G = 4.600 \text{ cm/s}$.

4.1. Información para el diseño

- I. flujo molar de los gases es 182.750 mol/h
- II. Flujo de gases: $8.000 \text{ M}^3/\text{h}$

Al incrementarse la humedad del gas en la etapa de enfriamiento, el flujo molar de los gases es 182.750 mol/h ; a una temperatura de 85°C ($341,48 \text{ K}$) y 1 atm de presión el flujo de los gases sería

$$G = \frac{n R_u T}{P}$$

$$G = \frac{182.750 \frac{\text{mol}}{\text{hora}} \cdot \frac{\text{m}^3 \cdot \text{Pa}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{101.300 \text{ Pa}} \cdot 358 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$G = 5.369,6 \text{ m}^3/\text{h} = 1,492 \text{ m}^3/\text{seg}$$

De manera que el diámetro de la garganta D_2 se encuentra de la siguiente forma:

$$G = V_g \cdot A_2$$

$$A_2 = \frac{G}{V_g}$$

$$A_2 = \frac{1,492 \text{ m}^3/\text{seg}}{46 \text{ m}/\text{seg}}$$

$$A_2 = 0,032434 \text{ m}^2$$

$$D_2 = 0,2032 \text{ m}$$

→ $D_2 = 21,5 \text{ cm}$, pero se aumentará a 24 cm para mantener la relación de áreas en 4:1

$$\rightarrow D_2 = 21.5 \text{ cm}$$

El diámetro del ducto a la entrada del lavador será 43 cm , por lo que el lavador de partículas tendrá el mismo diámetro en la entrada a la zona convergente, entonces

$$\rightarrow D_1 = 42,7 \text{ cm}$$

Debido a que el ángulo de convergencia sugerido en la tabla 3, es 12.5° , entonces la longitud de la zona convergente se encuentra de la manera siguiente

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

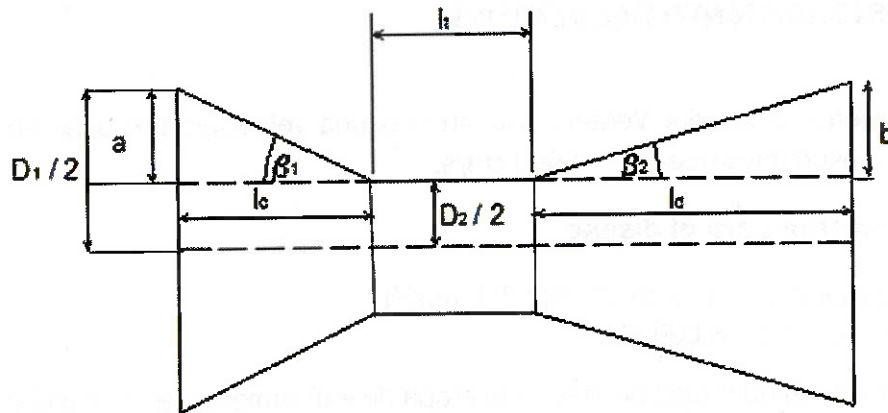


Figura 2. Esquema para dimensionar el lavador de partículas

Según la figura anterior, el valor de "a" es:

$$a = \frac{D_1}{2} - \frac{D_2}{2} = 10,6 \text{ cm}$$

$$a = 10,6 \text{ cm}$$

Por lo tanto, la longitud de la zona convergente l_c se calcula como

$$l_c = \frac{a}{\text{Tg}(\beta_1)}$$

$$l_c = \frac{10,6}{\text{Tg}(12,5)}$$

$$l_c = 47,8 \text{ cm}$$

El diámetro del ducto en la zona divergente lo asumimos en 21,5 cm; con este diámetro se obtiene aproximadamente una relación de área 4:1 como sugiere la tabla 3.

En resumen:

$$\rightarrow D_1 = 42,7 \text{ cm}$$

$$\rightarrow D_2 = 21,5 \text{ cm}$$

$$a = 10,75 \text{ cm}$$

Conociendo el diámetro a la salida, la longitud de la zona divergente se calcula de manera similar a la de la zona convergente:

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$l_d = \frac{b}{\text{Tg}(\beta_2)}$$

$$l_d = \frac{10,6}{\text{Tg } 3,5^\circ}$$

$$l_d = 173,3 \text{ cm}$$

Aunque la longitud de la garganta depende de cálculos posteriores, en esta parte podemos anticipar que su valor es 32 cm, de manera que las dimensiones finales del lavador Venturi son:

- Diámetro en la entrada del Venturi: $D_1 = 427 \text{ mm}$
- Diámetro en la salida del Venturi: $D_3 = 427 \text{ mm}$
- Longitud de la zona convergente: $l_c = 478 \text{ mm}$
- Longitud de la garganta: $l_t = 320 \text{ mm}$
- Longitud de la zona divergente: $l_d = 1.733 \text{ mm}$
- Diámetro de la garganta: $D_2 = 215 \text{ mm}$

Determinación de la eficiencia de remoción

Para hallar la eficiencia de colección global del lavador de partículas es necesario hacer el análisis para cada rango de tamaño de partícula. Para el rango comprendido entre 10 y 100 μm (tabla 15), el diámetro aerodinámico promedio de las partículas es 55 μm , y el porcentaje de la masa total que corresponde a ese rango es 35%.

Antes de hacer los cálculos es necesario asumir el factor L/G, por lo cual a partir de la tabla 3, escogemos que dicho valor será 1.02 litros/ m^3 (0.00102 m^3/m^3).

Entonces

$$\frac{L}{G} = 0,0015$$

$$\rightarrow Q_L = 0.00102 \cdot Q_G$$

$$Q_L = 0.00102 \cdot 1,492 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\rightarrow Q_L = 2.238 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (38 gpm)}$$

Cálculo del diámetro medio de Sauter:

Las propiedades del gas a 68°C son: densidad del gas: $\rho_G = 1.03 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$, viscosidad del gas: $\mu_G = 2.04 \times 10^{-4} \text{ poise}$.

El agua para utilizarse se la tomará del mismo estanque de recirculación de la cámara de enfriamiento, por lo que tendrá una temperatura aproximadamente igual a la de saturación

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

adiabática, o sea 61°C, (142°F); a esa temperatura las propiedades del agua son: densidad del líquido: $\rho_L = 0.98 \text{ g/cm}^3$

viscosidad del líquido: $\mu_L = 4.88 \times 10^{-3}$ poise, tensión superficial: $\sigma = 65.9$ dinas/cm; de manera que utilizando la ecuación siguiente y asumiendo atomización tipo gota, el diámetro promedio de las gotas es:

$$d_d = \frac{58600}{V_G} \cdot \left(\frac{\sigma}{\rho_L} \right)^{0.5} + 597 \cdot \left(\frac{\mu_L}{(\sigma \cdot \rho_L)^{0.5}} \right)^{0.45} \left(1000 \cdot \frac{Q_L}{Q_G} \right)^{1.5}$$

Donde:

- d_d = diámetro medio de Sauter para las gotas, μm
- V_G = velocidad del gas, cm/s
- σ = tensión superficial del líquido, dinas/cm
- ρ_L = densidad del líquido, g/cm^3
- μ_L = viscosidad del líquido, poise
- Q_L = flujo volumétrico del líquido, m^3/s
- Q_G = flujo volumétrico del gas, m^3/s
- Siendo $Q_L = 1,52184 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}$ y $Q_G = 1,492 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\rightarrow d_d = 116,51 \mu\text{m}$$

Cálculo del parámetro de impacto:

Un valor importante en el diseño de lavadores de partículas es el número de impacto o parámetro de impacto K_p , que se define como

$$K_p = \frac{2 \cdot x_s}{d_d} \quad (4)$$

donde x_s es la distancia de parada de una partícula proyectada en un aire estacionario y d_d es el diámetro de una gota del líquido de lavado que se encuentra en su trayectoria también en estado estacionario.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

El número de impacto K_p describe el comportamiento del impacto inercial, el cual es el principal mecanismo de colección en lavadores húmedos; si K_p es grande entonces un buen número de partículas impactarán las gotas del líquido, en cambio si K_p es pequeño, las partículas tenderán a seguir las líneas de flujo alrededor de las gotas.

Para partículas en el régimen de Stokes ($Re \leq 1$), el reemplazo de la distancia x_s en la ecuación (4) da origen a la siguiente ecuación

$$K_p = \frac{K_c \cdot \rho_p \cdot d_p^2 \cdot V_p}{9 \cdot \mu_g \cdot d_d} = \frac{d_a^2 \cdot V_p}{9 \cdot \mu_g \cdot d_d} \quad (5)$$

Donde:

K_c = factor de corrección de Cunningham

ρ_p = densidad de partícula, g/cm³

d_p = diámetro físico de partícula, cm

V_p = velocidad de partícula (igual a la del gas), cm/s

d_d = diámetro de las gotas, cm

μ_g = viscosidad del gas, Poise

d_a = diámetro aerodinámico de partícula, cm

El factor K_c , se utiliza para incluir los efectos de deslizamiento en partículas muy pequeñas, de tamaño cercano a la trayectoria media libre de las partículas del gas. Esto se da comúnmente en partículas menores a 5 μm

Tomando el diámetro aerodinámico promedio del rango, el parámetro de impacto es:

$$Kp = \frac{Vp}{9 \mu_g dd} (da)^3$$

donde

V_p = velocidad de partícula (igual a la del gas), cm/s

d_d = diámetro de las gotas, cm

μ_g = viscosidad del gas, Poise

d_a = diámetro aerodinámico de partícula, cm

Esto se da comúnmente en partículas menores a 5 μm .

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$K_p = \frac{[(55 \times 10^{-4}) \text{ cm}]^2 \times 4600 \text{ cm/seg}}{9 \cdot 2,04 \times 10^{-4} \cdot 116,51 \cdot 10^{-4} \text{ cm}}$$

$$\rightarrow K_p = 6.505$$

Cálculo de la penetración:

Se han desarrollado varias ecuaciones para predecir la penetración y por tanto la eficiencia de colección en un lavador venturi, la más completa es la de Calvert, la que considera el tamaño de las gotas, el parámetro de impacto, la concentración de las gotas a través de la garganta del Venturi, y el cambio continuo de velocidad entre las partículas y las gotas

Por tanto, la penetración para un diámetro de partícula dado se calculó a partir de la relación siguiente:

K_p = Parámetro de impacto calculado anteriormente para la velocidad del gas a la entrada de la garganta (6.505)

d_d : en cm, corresponde al diámetro de Sauter

f' = Factor empírico

El factor f' se tomó como 0,25 para partículas hidrofóbicas y 0,50 para partículas hidrofílicas. Sin embargo, un lavador Venturi es esencialmente eficiente para partículas mayores a 5 μm , y la penetración para partículas menores a este valor, se relaciona con la caída de presión (en pulgadas de H₂O) a través del dispositivo por medio de la siguiente relación:

$$P_t = \text{EXP} \left\{ \frac{Q_L \cdot V_G \cdot \rho_L \cdot d_d}{55 \cdot Q_G \cdot \mu_G} \cdot \left[-0,7 - K_p \cdot f' + 1,4 \cdot \text{LN} \left(\frac{K_p \cdot f' + 0,7}{0,7} \right) + \frac{0,49}{0,7 + K_p \cdot f'} \right] \frac{1}{K_p} \right\} \quad (4.7)$$

$$P_t = \text{Exp} \left\{ \left(\frac{1,521 \cdot 10^{-4}}{55 \cdot 1,4915 \cdot 2,04 \cdot 10^{-4}} \cdot 4.600 \cdot 0,98 \cdot 116,51 \cdot 10^{-4} \right) [-0,7 - 6.505 \cdot 0,5 + 1,4 \text{ Ln} \left(\frac{6.505 \cdot 0,5 + 0,7}{0,7} \right) + \frac{0,49}{0,7 + 6.505 \cdot 0,5}] \cdot \frac{1}{6.505} \right\}$$

$$P_t = 0.10816$$

Debido a que la eficiencia de remoción de un equipo de control varía de un rango a otro, es necesario expresar tal eficiencia para cada uno de los rangos. Por ello, para una distribución de tamaño de partícula con j rangos, la eficiencia global de colección η_o será igual a la sumatoria de las eficiencias fraccionales de cada rango, o sea

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$\eta_o = \sum \eta_j \cdot m_j \quad (1)$$

donde

η_j = eficiencia de colección para el j-ésimo rango

m_j = masa en porcentaje del j-ésimo rango

De esta forma, la cantidad total de material particulado que puede removerse con el equipo de control está relacionada con su eficiencia global por medio de la siguiente relación

$$\eta_o = \frac{m_i - m_o}{m_i} \cdot 100 \quad (2)$$

Donde m es el flujo másico de la carga de partículas, y los subíndices i y o se refieren a los valores a la entrada y salida del equipo.

La penetración P_t , se define como la fracción de partículas de un diámetro específico que no son capturadas y que por lo tanto logran atravesar el equipo de remoción; se relaciona con la eficiencia de remoción por medio de

$$P_t = 1 - \eta \quad (3)$$

$$\rightarrow \eta = 1 - P_t = 1 - 0.10816 = 0.8918$$

Por medio de la ecuación siguiente, la eficiencia fraccional se calcula como:

$$\eta_{\text{fraccional}} = \eta_j \cdot m_j = 0.8918 \cdot 35\% = 31,22\% \rightarrow \eta_{\text{fraccional}}$$

De manera similar se procede con los rangos de tamaño de partícula restantes, con la diferencia de que para partículas menores a $5 \mu\text{m}$ se utilizará la ecuación 4.8 para el cálculo de la penetración; en ese rango no se requiere calcular el parámetro de impacto K_p pues la penetración es función de la caída de presión que, para las dimensiones dadas, y según los cálculos que se hacen más adelante, su valor es 1,657 pulgadas de H_2O .

Es decir, la penetración resulta para esos rangos de tamaño:

$$P_t = 3.47 \cdot (\Delta P)^{-1.43} \quad \text{ec 4.8}$$

$$P_t = 3,47 \cdot (1,657)^{-1.43} = 1,685$$

Los resultados se presentan en la tabla 8, en la cual se puede ver que el lavador de partículas tendrá una eficiencia global η_o de 85,563%, que es superior al valor requerido según los cálculos realizados

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

TABLA 4

EFICIENCIA DE REMOCION DE L LAVADOR DE PARTICULAS						
Rango (μm)	dpm(μm)	M (%)	Kp	Pt	η	nNj •mj
0 - 0,625	0,3125	31,1	-	1,657	0,6832	24,3728
0,625 - 1	0,8125	4,3	-		0,6832	3,8735
1 - 2,5	1,75	7,9	-		0,6832	6,3245
2,5 - 5	3,75	8,7	-		0,6832	6,8834
5 -10	7.5	13	-		0,8893	11,7843
10 - 100	55	35	6505	0,9998	0,8918	32,32
					ηo= 85,56	

Por lo cual la carga de partículas en los gases a la salida del lavador será:

$$C_o = C_i \cdot (1 - 0.856)$$

$$C_o = 148.94 \text{ mg/scm} \cdot 0.144$$

→ **C_o = 21.44 mg/scm (concentración de partículas a la salida del lavador Venturi)**

Caída de presión

Para hallar la caída de presión a través del dispositivo, primero evaluamos el número de Reynolds en función del diámetro promedio de las gotas del líquido de lavado

$$Re_D = \frac{\rho_G \cdot V_G \cdot d_d}{\mu_G}$$

$$Re_D = \frac{1,03 \cdot 10^{-3} \text{ g/c3} \cdot 4.600 \text{ cm/seg} \cdot 116,52 \cdot 10^{-4} \text{ cm}}{2,04 \cdot 10^{-4} \text{ P}}$$

→ **Re_D = 270.6**

Por lo tanto, el coeficiente de arrastre para las gotas es

$$C_D = \frac{24}{Re_D} + \frac{4}{Re_D^{1/3}}$$

$$Cd = \frac{24}{270,6} + \frac{270,6}{270,6^{1/3}}$$

→ **C_D = 0.707**

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

A su vez, la longitud de la garganta l_t debe ser suficiente para proveer la eficiencia de remoción deseada, sin embargo, si es demasiado larga, existirá un desperdicio de energía innecesario en el dispositivo.

La longitud optima de la garganta puede ser calculada con:

$$l_t = \frac{2 \cdot d_d \cdot \rho_L}{C_D \cdot \rho_G}$$

$$l_t = \frac{2 \cdot 116,51 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot 0,98 \text{ g/cm}^3}{0,707 \cdot 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3}$$

$$\rightarrow l_t = 32 \text{ cm}$$

Finalmente, es necesario conocer la caída de presión a través del venturi, ya que de ello dependerá la demanda de energía requerida para mover el gas a través del dispositivo,

Donde ΔP es la caída de presión en (dinas/cm²), y los demás factores y sus unidades son los mismos utilizados en las ecuaciones anteriores

Esta se determina por medio de las siguientes relaciones

$$\Delta P = 2 \cdot \rho_L \cdot V_G^2 \cdot \left(\frac{Q_L}{Q_G} \right) \cdot \left(1 - X^2 + \sqrt{X^4 - X^2} \right) \quad (4.9)$$

El valor de x será calculado por medio de la relación:

$$X = \frac{3 \cdot l_t \cdot C_D \cdot \rho_G}{16 \cdot d_d \cdot \rho_L} + 1$$

Donde:

X = longitud adimensional de la garganta

l_t = longitud de la garganta, cm

C_D = coeficiente de arrastre para las gotas en función del diámetro de Sauter

$$X = \frac{3 \cdot 32 \text{ cm} \cdot 0,707 \cdot 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3}{16 \cdot 116,51 \cdot 10^{-4} \cdot 0,98 \text{ g/cm}^3} + 1$$

$$\rightarrow X = 1,375$$

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$\Delta P = 2 \cdot 0,98 \text{ g/cm}^3 \cdot (4.600 \text{ cm/seg})^2 \left[\frac{0,00152133 \text{ m}^3/\text{seg}}{1,4915 \text{ m}^3/\text{seg}} \right] \cdot$$

$$\left[1 - 1,375^2 + \sqrt{(1,375^4) - 1,375^2} \right]$$

$$\Delta P = 4147,36 \text{ dinas/cm}^2$$

$$\Delta P = 1,657 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$\rightarrow \Delta P = 414,73 \text{ Pa}$$

La caída de presión a través del dispositivo, 414.73 Pa, es más que aceptable en este tipo de lavadores de partículas, por lo tanto, podemos concluir que el diseño es satisfactorio.

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN VENTURI Y TORRE DE ASPERSIÓN (HIDROCICLÓN)

5.1. Diseño del sistema de depuración

El funcionamiento de un depurador tipo Venturi requiere la presencia de algunos equipos secundarios, relacionados de la forma indicada en la Figura 4, y que cumplen las siguientes funciones:

- **Bomba:** impulsa el agua que actúa en el depurador, captando el MP.
- **Eliminador de niebla:** permite separar el agua atomizada del flujo gaseoso.
- **Ventilador:** extrae gases desde la caldera, a través del depurador y del eliminador de niebla.
- **Estanque Sedimentador:** permite disminuir la concentración de partículas en el agua residual, para su reutilización, contiene el agua que se suministrará al depurador.

5.2. Aspersores

El Venturi cuenta con un aspersor para realizar el proceso de decantación del particulado. Utilizando un aspersor especial tipo Spiral Jet SPJ-FX 316 L (abertura amplia) para inyección de líquido de lavado, proporcionando un patrón de aerosol sólido en forma de cono, con área de impacto circular.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

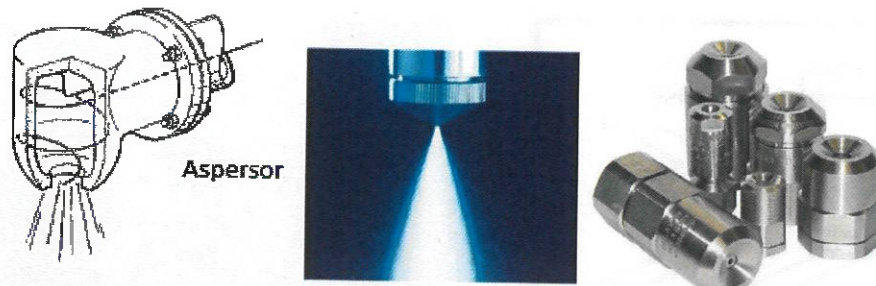


Figura 6. Aspersores

5.3. Eliminador de nieblas –Demister del Hidrociclón (Separación del líquido de lavado)

El principio básico de operación del Demister del Hidrociclón es el de favorecer la retención de líquidos, mediante mecanismos físicos de impactación, coalescencia y drenaje de las gotas de líquido sobre los componentes del eliminador.

El eliminador de niebla atrapa gotas del líquido de lavado que son arrastradas por el flujo de gases de combustión. Estas gotas generalmente contienen sólidos en suspensión o disueltos.

Si bien el cálculo de las dimensiones del ciclón aminora el efecto, de todas formas es necesario instalar un eliminador de niebla (gotas) en la parte superior del ciclón, el que tiene por objeto la separación del líquido con sólidos inmersos en el gas, es decir el eliminador de neblina del tipo zigzag, ayudara a que se separe el líquido con el gas, haciendo que se formen gotas en la superficie del eliminador de neblina y caigan a la parte inferior del ciclón

Para separar el polvo del gas, se administra el líquido de lavado al flujo de gas bajo presión.

Bajo el efecto de la fuerza centrífuga las partículas de polvo y las gotas de líquido se precipitan en las paredes del separador y se evacuan del separador en forma de lodo

El diseño de placa chevron consiste en placas en forma de zig-zag, el cual reduce el taponamiento y facilita la limpieza. La ventaja de este diseño es que se obtiene una mayor eficiencia de colección y mejor estabilidad en la construcción.

La figura siguiente muestra un diseño del eliminador de niebla que será implementado en el ciclón, el cual estará conformado por pletinas y ángulos de acero inoxidable en las dimensiones que se indican

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

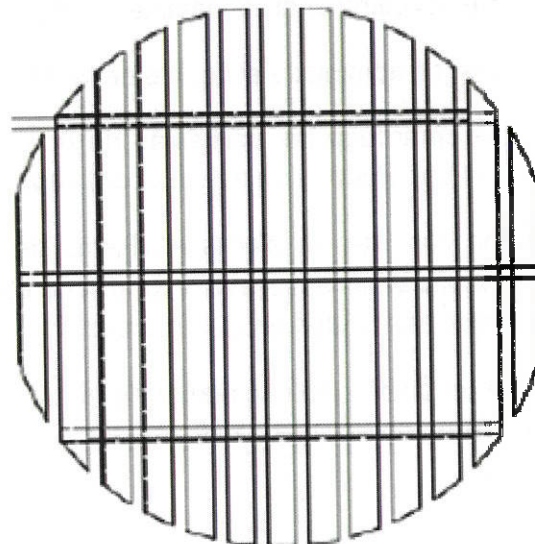
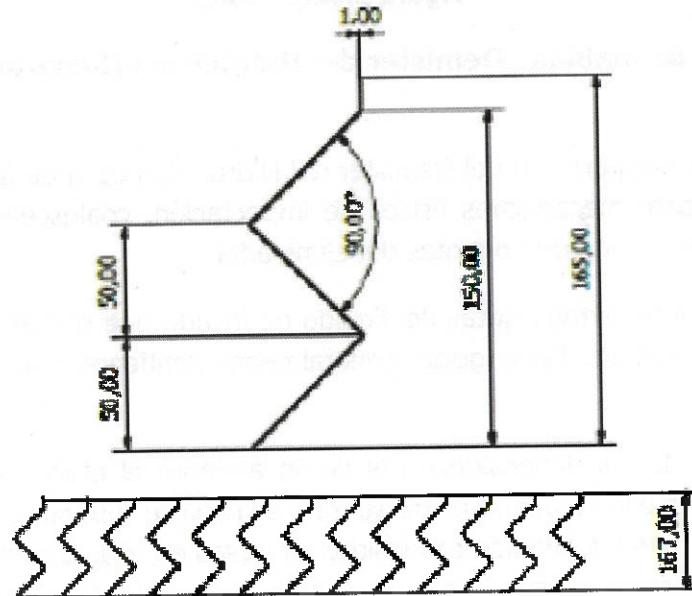
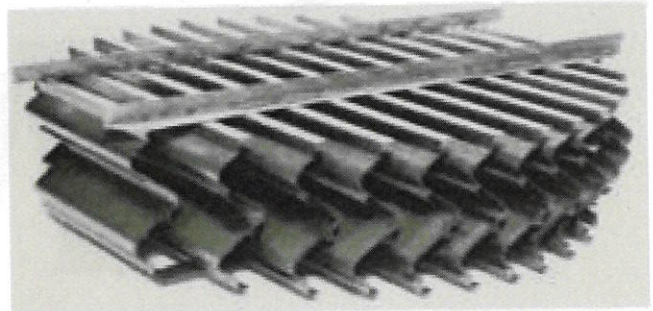
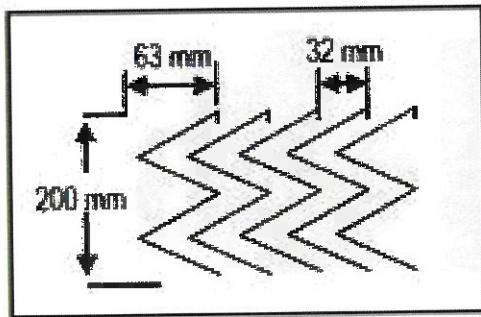


Figura 3. Eliminador de neblina deflector tipo zig zag o placa chevron.

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

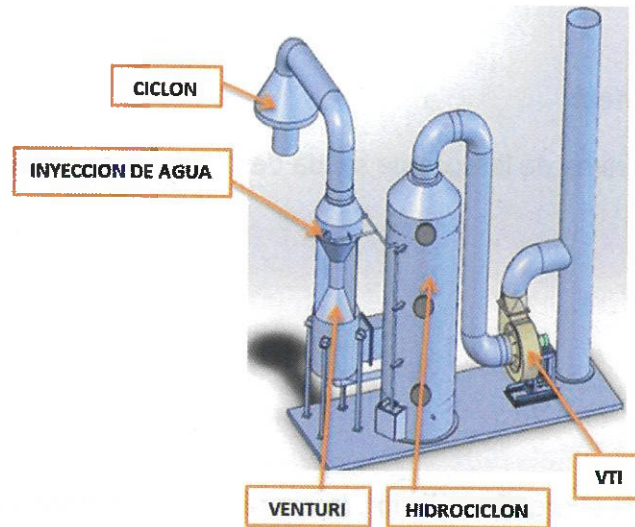


Figura 4: Esquema en 3D del Sistema Lavador de Gases Venturi con Hidrociclón

6. ESTANQUE SEDIMENTADOR

Para el manejo de las aguas de lavado de los gases se diseñó un sistema de tratamiento, el que consiste en un sedimentador en acero inoxidable de 3 compartimientos con láminas de sedimentación de alta tasa para acelerar la separación de los lodos que depositan en el fondo del tanque.

El agua clarificada se bombea nuevamente al sistema permitiendo ahorros en el consumo y se hace reposición únicamente del agua evaporada. El lodo sedimentado debe ser evacuado periódicamente para evitar la saturación del estanque de sedimentación. Detalles en Plano de Fabricación

7. CÁLCULO DE LA CHIMENEA

- Velocidad de los gases = 8 m/seg
- Temperatura de los gases= 82°C
- Diámetro de la chimenea actual=0,6 m
- Altura de la chimenea actual= 12 m

Velocidad de salida de los gases en la boca de la chimenea (m/seg) considerando un diámetro de la chimenea de 600 mm y un flujo de gases de 8.000 (m³/seg), se tiene:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{8.000 \frac{m^3}{h}}{3,14 \frac{(0,6 m)^2}{4}} ;$$

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

$$v = 7,863 \text{ m/seg}$$

Altura de la chimenea:

La sección interior mínima de la boca de salida de la chimenea expresada en m² es:

$$v = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$v = \frac{3,14 \cdot (0,6)^2}{4}$$

$$v = 0,2826 \text{ m}^2$$

Para que se cumpla la expresión anterior, la altura de la chimenea deberá ser superior a:

$$H > \sqrt{\frac{188 \cdot v^2 \cdot \sqrt{S^2}}{\text{IncT}}},$$

IncT = Temperatura promedio de los gases – Temperatura ambiente promedio

$$\text{IncT} = (80 - 20) \text{ }^\circ\text{C} = 60^\circ\text{C}$$

$$H > \sqrt{\frac{188 \cdot (7,863)^2 \cdot \sqrt{(0,286)^2}}{60}}$$

$$H > 10,15 \text{ m}$$

Dado que la chimenea actualmente tiene 12 m de altura no es necesario modificarla

Por otra parte, la velocidad recomendada para los gases para este tipo de caldera con un flujo de vapor < 20 ton/h, es de 6 m/seg, por tanto:

$$A = 0,278 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{\frac{4 \cdot 0,278}{3,14}}$$

$$D = 59,5 \text{ m}$$

Por tanto, la chimenea funciona para ambos casos

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

8. VERIFICACION DEL VENTILADOR – EXTRACTOR INSTALADO

Información del ventilador actual:

- Diámetro del Rotor: 900 mm
- Ancho del Rotor: 120 mm
- Diámetro interior: 450 mm
- N° de alabes: 16
- Potencia absorbida: 22 KW
- Amperaje absorbido: 40 Amperes

Tomando en consideración las dimensiones del ventilador actual, indicadas anteriormente, se prevé que este se encuentra muy ajustado para las condiciones requeridas, sin embargo y en pro de no realizar una inversión innecesaria, se recomienda realizar las pruebas con los equipos de abatimiento instalados, y una vez verificada su capacidad real, tomar una decisión en cuanto a aumentar su velocidad o realizar el cambio del VTI.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró diseñar un sistema de depuración, cuyos niveles estimados de emisión de MP se encuentran bajo los límites previstos de 50 mg/m³.

Se seleccionó el depurador tipo Venturi sobre las otras tecnologías disponibles debido a las ventajas de su operación y seguridad.

El diseño del depurador se realizó en base a emisiones gaseosas y del MP de la caldera, teniendo como objetivo la minimización de la concentración de MP y la simplicidad en su operación.

Finalmente, se realizan las siguientes recomendaciones:

- En lo posible utilizar madera con baja humedad, debido a su relación con las emisiones de MP y su mayor poder calorífico. Con respecto a esto último, el utilizar menos combustible, también produce una reducción en los costos de operación, ya que disminuiría la extensión de los periodos de flujo máximo.
- Caracterizar los residuos industriales líquidos emitidos en el sedimentador, debido a que, aunque las estimaciones indican que la concentración de sólidos sedimentales respetan las normas, podrían existir sustancias no indicadas para ser descargadas a algún sistema de alcantarillado

a. Se contempla en definitiva instalar:

- Nuevo Calentador de Aire
- Ciclón de Alta Eficiencia

PROYECTO CONTROL DE EMISIONES CALDERA BIOMASA MASMADERA

- Venturi con Hidrociclón, incluida bomba de agua, espray jet y estaque decantador
- b. Con la incorporación de los nuevos equipos se logrará obtener valores de emisión de particulado PM, por debajo de lo establecido por la norma y adicionalmente neutralizar la emisión de CO y CO₂
- c. Con la incorporación de los nuevos equipos también se logrará mejorar el rendimiento de la caldera, en cuanto a:
 - Mejoramiento de la Combustión
 - Reducción del consumo de combustible
 - Reducción del consumo de energía eléctrica
 - Bajar las Emisiones a niveles bajo PM 2.5
 - Bajar las emisiones bajo 50mg/m³

OSCAR LEONARDO HIDALGO DIAZ

**BOLETA DE HONORARIOS
ELECTRONICA**

N ° 29

RUT: 5.700.014-7

**GIRO(S): SERVICIOS PROFESIONALES DE INGENIERIA Y ACTIVIDADES
CONEXAS DE CONSULT,**

**SERVICIOS DE INGENIERIA PRESTADOS POR
PROFESIONALES NCP**

**GLASGOW 9739 Villa/Pob. CERRO VERDE ALTO , HUALPEN
TELEFONO: 9617 18248**

Fecha: 20 de Diciembre de 2019

**Señor(es): MASMADERA LTDA
Domicilio: PANAMERICANA SUR KM 410A, CHILLAN VIEJO**

Rut: 79.802.690- 9

Por atención profesional:

PROYECTO DE INGENIERIA AMBIENTAL CALDERA DE VAPOR	3.827.777
Total Honorarios \$:	3.827.777
10.00 % Impto. Retenido:	382.778
Total:	3.444.999

Fecha / Hora Emisión: 20/12/2019 12:48



05700014000293008972

Res. Ex. N° 83 de 30/08/2004

Verifique este documento en www.sii.cl

El contribuyente para el cual está destinada esta boleta, es el encargado de retener el 10%.

11201912201302

Fecha / Hora Impresión: 20/12/2019 13:02

BOLETA DE HONORARIOS ELECTRONICA

OSCAR LEONARDO HIDALGO DIAZ

RUT: 5.700.014-7

GIRO(S): SERVICIOS PROFESIONALES DE INGENIERIA Y ACTIVIDADES
CONEXAS DE CONSULT,

**SERVICIOS DE INGENIERIA PRESTADOS POR
PROFESIONALES NCP**

GLASGOW 9739 Villa/Pob. CERRO VERDE ALTO , HUALPEN
TELEFONO: 961718248

BOLETA DE
HONORARIOS
ELECTRONICA

N ° 34

Fecha: 12 de Febrero de 2020

Señor(es): MASMADERA LTDA

Rut: 79.802.690-9

Domicilio: PANAMERICANA SUR KM 410A, CHILLAN VIEJO

Por atención profesional:

PROYECTO DE INGENIERIA AMBIENTAL CALDERA DE VAPOR	3.859.943
Total Honorarios \$:	3.859.943
10.75 % Impto. Retenido:	414.944
Total:	3.444.999

Fecha / Hora Emisión: 12/02/2020 21:01



0570001400034CC5BA6C

Res. Ex. N° 83 de 30/08/2004

Verifique este documento en www.sii.cl

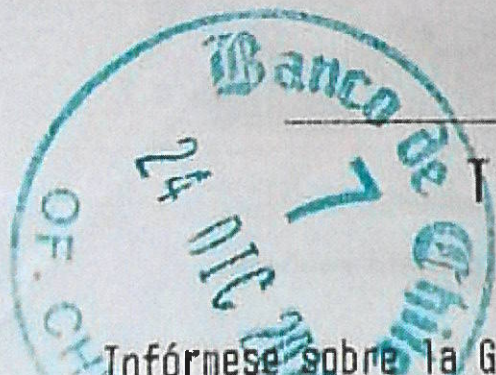
El contribuyente para el cual está destinada esta boleta, es el encargado de retener el 10%.

Banco de Chile

COMPROBANTE DE LA OPERACIÓN

Fecha-Hora : 24/12/2019 - 13:55:34
Sucursal : 220 - CHILLAN
Cajero : kXXXXXXanc

Transacción : Depósito
Número Formulario: 4608967
Tipo de Depósito : Documento Mismo Banco
Número de Cuenta : 000740537008
Nombre Titular : Oscar Leonardo Hidalgo
Diaz
Moneda : Pesos
Monto : \$ 3.586.498
Número de Cheques: 1



Timbre Caja

Infórmese sobre la Garantía
estatal de los depósitos en su banco o en www.sbif.cl
Nota: los depósitos distintos de efectivo que se
hagan tendrán carácter de condicionales y no
constituirán fondos disponibles sino una vez
cobrados y percibidos los valores por el Banco

Banco de Chile

COMPROBANTE DE LA OPERACIÓN

Fecha-Hora : 28/02/2020 - 14:00:30
Sucursal : 220 - CHILLAN
Cajero : kXXXXXXanc

Transacción : Depósito
Número Formulario: 2250353
Tipo de Depósito : Efectivo
Número de Cuenta : 000740537008
Nombre Titular : Oscar Leonardo Hidalgo
Diaz
Moneda : Pesos
Monto : \$ 3.444.999
Número de Cheques:



Timbre Caja

Infórmese sobre la Garantía
estatal de los depósitos en su banco o en www.sbif.cl
Nota: los depósitos distintos de efectivo que se
hagan tendrán carácter de condicionales y no
constituirán fondos disponibles sino una vez
cobrados y percibidos los valores por el Banco

D. 34



ANDRES CERDA JARA
11.808.226-5
ESTRUCTURAS METALICAS Y SOLDADURAS
TRABAJOS EN TORNO
PSJE CORRALEROS 281, STA BEATRIZ
CHILLAN

COTIZACION

SEÑORES: MASMADERA LTDA AT. Sr/a : Francisco Molina Rivas Direccion: Panamericana sur km. 410 Ciudad : Chillan Viejo Fono: 42-2870710	Fecha: 20-01-2020 N° Solicitud: 12
--	---

Por lo siguiente:

Cantidad	Descripcion	Valor Unitario	Valor Total
	Construcción, montaje y puesta en marcha de: Proyecto de Control de Emisiones, según Proyecto elaborado por el Ingeniero Civil Mecánico Especialista en Combustión y Sistemas de Control de Emisiones Sr Oscar Hidalgo Diaz Para caldera: - Marca: Gebruder Wagner-vapor industrial S.A. - Año de Fabricación: 1962 (reacondicionada el año 2000) - Tipo de Caldera: Igneotubular Horizontal de 3 pasos - Producción de vapor: 3.800 kw/hora - Presión de vapor: 8 bar - N° de registro de Fabricación: 6524-1962 - Presión de Diseño: 10 atm = 1013.25 kpa = 10,33 kgf/cm ²	5.500.000	
	Construcción y montaje de Plataforma para Medición Isocinética.	1.500.000	
	Valores Mas Iva		
	Plazo de Ejecución aproximado: 70 días corridos, una vez aprobado el presupuesto.		

Observaciones

Los materiales deben ser aportados por la empresa mandante.


Firma

Comprobante de Transferencia

Estimado(a): Jose Bernardo Saldias Vergara

Le informamos que usted ha efectuado una transferencia de fondos a Andres Cerda Jara, el día 20 de marzo. El detalle puede revisarlo a continuación:

	Datos del Destinatario		Datos
Nombre	Andres Cerda Jara	Fecha	20/03/2020
RUT	11.808.226-5	Monto	\$ 1.000.000
Cuenta	140104543	ID de Transacción	TI 1234567890
Banco	Scotiabank		
Mensaje	pago masmadera a cta fabricacion filtro caldera		

Comprobante de Transferencia

Estimado(a): Jose Bernardo Saldias Vergara

Le informamos que usted ha efectuado una transferencia de fondos a Andres Cerda Jara, el día 08 de mayo de 2020. El detalle puede revisarlo a continuación:

Datos del Destinatario

Datos

Nombre	Andres Cerda Jara	Fecha	08/05/2020
RUT	11.808.226-5	Monto	\$ 1.000.000
Cuenta	140104543	ID de Transacción	TI 1234567890
Banco	Scotiabank		

Mensaje a cta trabajos caldera masmadera 08052020

PROYECTO FILTRO CONTROL EMISIONES CALDERA

INGENIERIA

PROVEEDOR	ITEM	OBJETIVO	N° DOCUMENTO	FECHA	VALOR NETO
Oscar Hidalgo	Proyecto Ingenieria Pago 1		29	20-12-2019	\$3.827.777
Oscar Hidalgo	Proyecto Ingenieria Pago 2		34	12-feb	\$3.859.943
			SUBTOTAL		\$7.687.720

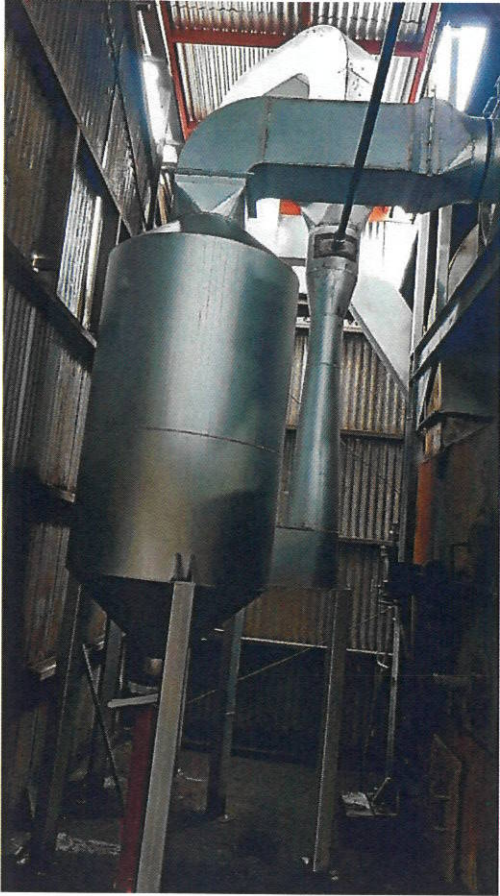
MATERIALES

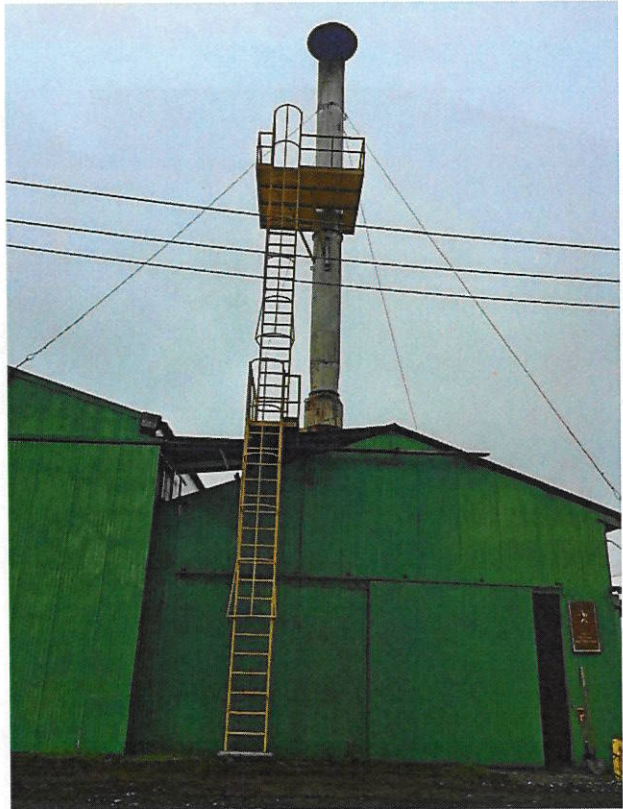
PROVEEDOR	ITEM	OBJETIVO	N° DOCUMENTO	FECHA	VALOR NETO
Kupfer Hermanos	Plancha Acero Inoxidable 4 mm	Venturi y Torre Absorcion	7817864	30-ene	\$ 1.296.000
Kupfer Hermanos	Plancha Acero T1 Diametro 870 mm	Ciclón	7827285	03-feb	\$ 450.660
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Plancha A 36 y Tubos 3"	Calentador de Aire	179789	06-feb	\$ 528.218
Ferreteria Niflores Ltda	Soldadura 7018 1/8"	Ciclón	4054	26-feb	\$ 43.697
Ferreteria Niflores Ltda	Soldadura 7018 3/32"	Ciclón	4054	26-feb	\$ 43.697
Ferreteria Niflores Ltda	Disco de Corte 7"	Ciclón y venturi	4054	26-feb	\$ 41.807
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Plancha A 36 de 4 mm	Ciclón y venturi	182105	27-feb	\$ 222.521
Ferreteria Niflores Ltda	Soldadura 316L y 7017	General	4182	06-mar	\$ 102.349
Kupfer Hermanos	Plancha Acero Inoxidable 1 mm	Torre Absorcion (Demister atrapa gotas)	7855392	10-mar	\$ 216.000
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Fe cuadrado, angulos, pletinas	Proyecto	183872	13-mar	\$ 274.790
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Plancha Acero Inoxidable	Torre Absorcion (Demister atrapa gotas)	184526	19-mar	\$ 86.029
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Planchas Fe 4 mm y Angulos 50x50x4 mm	Proyecto	184656	20-mar	\$ 246.151
Coercializadora y Ferret. Hitel	Soldaduras, Disco Cort, Besb y Angulos	Proyecto	55029	01-abr	\$ 79.224
Jose Tomas Muñoz	Planchas, Soldaduras, Discos, pernos	Proyecto	131506	08-abr	\$ 290.438
Ferreteria Niflores Ltda	Esmalte Calorcte aluminio	Proyecto	4474	20-abr	\$ 51.900
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Planchas Fe 3 mm y Angulos 65x65x8 mm	Ducto aire caliente	185214	21-abr	\$ 332.387
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Tubulares, plancha diam, tubo red, angulos	Proyecto Escala y Plataforma	185726	29-abr	\$ 503.479
Ferreteria Niflores Ltda	Anticorrosivo, Brochas y Soldadura	Proyecto Escala y Plataforma	4647	06-may	\$ 56.640
Ferreteria Niflores Ltda	Anticorrosivo	Proyecto Escala y Plataforma	4684	11-may	\$ 16.723
Oscar Hidalgo	Valvula mariposa 6°	Venturi y Torre Absorcion	39	22-may	\$ 149.164
Marcelino Abuin e Hijos Ltda	Planchas Fe 6 mm y Cuadrado 75x75x5 mm	Estanque	187401	15-may	\$ 669.539
KSB Chile S.A.	Conjunto Motor bomba	Venturi	234818	29-may	\$ 1.399.996
Tubexa	Cañerías, codos, flanges, etc	Venturi y Estanque	76459	09-jun	\$ 225.631
Tubexa	Union americana 2"	Venturi y Estanque	75578	10-jun	\$ 8.098
Ferreteria Astorga	Cañeria y Flanges	Venturi y Estanque	14091	23-jun	\$ 99.127
Ferreteria Luis Cespedes	Pernos	Venturi y Estanque	4261	24-jun	\$ 53.143
Valfi	Conduit, conector, manguera flexible, etc	Instalacion Bomba Venturi	107087	24-jun	\$ 18.000
			SUBTOTAL		\$ 7.505.408

MANO DE OBRA

PROVEEDOR	ITEM	OBJETIVO	N° DOCUMENTO	FECHA	VALOR NETO
Andres Cerda	Proyecto Filtro				\$5.250.000
Andres Cerda	Proyecto Plataforma				\$1.500.000
Gonzalo Muñoz	Albañileria y construccion	Reparacion Antehogar, construccion fosa estanque	303	09-jun	\$300.000
			SUBTOTAL		\$6.750.000

TOTAL \$21.943.128







- Laboratorio autorizado de análisis de gases y emisiones atmosféricas.
- Pruebas de evaluación de quemadores, calderas y filtros de gases.
- Mediciones, diagnósticos y optimización de equipos de Termofluidos.

Avenida Inglesa N°55
Pedro de Valdivia
Concepción, Chile

Fono: 41 – 383 82 00
41 - 233 14 12

E-mail proterm@proterm.cl

A : **Francisco Molina.**
MasMadera

De : Mauricio Mera Araya

Ref. : Propuesta medición emisiones en Caldera

Fecha : 23 de junio de 2020

1. **Número Presupuesto:** PM-20-129 del 23.06.2020
2. **Proyecto:** Medición Emisiones en Caldera de Mas Madera.
3. **Antecedentes:** Se solicita realizar medición de emisiones de los siguientes parámetros:
 - Material Particulado Total (MPT)
4. **Fechas y plazos:** Mediciones: Por definir
Informes: 20 días hábiles finalizada la medición.
5. **Metodologías de medición:**

Las metodologías de medición se basan en Métodos Homologados Oficiales Chilenos y Métodos de Referencia USEPA de acuerdo al siguiente detalle:

 - Material Particulado Total (MPT) CH-5



6. **Costo del servicio:** Valorización de la propuesta según punto 3:

Detalle Valorización:			
1. Traslados y HH personal - equipos			8 UF
2 HH Ingeniero Jefe Medición		1,25 UF/HH	
4 HH 4 Técnicos de Medición		0,50 UF/HH	
1 viajes planta	190 km a	0,020 UF/km	
2. Alojamiento y Viáticos			1 UF
0 días alojamiento 4 personas		3,0 UF/día	
1 días alimentación 4 personas		1,0 UF/día	
3. Costo las mediciones			35 UF
1 Material Particulado		35,0 UF c.u.	
4. Gastos Generales			10 % 4 UF
5. Utilidad			10 % 4 UF
Total Propuesta neto en UF (no incluye IVA)			52 UF

7. **Alcances a la propuesta:**

- a) En el caso de no realizarse las mediciones debido a causas no imputables a Proterm S.A. como por ejemplo la detención de los equipos a medir o producción bajo capacidades exigidas y/o condiciones inseguras de trabajo, se cobrará un valor diario de **30 UF + IVA** estando personal de Proterm en Planta sin realizar mediciones, más los gastos asociados al viaje, estadía, alimentación, etc.

Si las mediciones programadas son suspendidas por responsabilidad de planta, en un plazo menor a 6 días hábiles previo a la medición, se cobrará un valor por lucro cesante de **20 UF + IVA** por suspensión.

- b) No se realizarán mediciones con viento fuerte ni lluvia.



8. Requerimientos a la empresa:

- a) Mantener los equipos en condiciones estables de operación durante todo el periodo de la realización de los ensayos (mínimo 6 horas).
- b) Para garantizar una continuidad del proceso de medición se solicita proporcionar almuerzo en casino o colaciones en terreno para el personal de Proterm S.A. durante los días de medición.
- c) **Enviar Orden de Compra** previo a la iniciación de los servicios solicitados, de acuerdo con propuesta Proterm N° **PM-20-129**.
- d) La empresa deberá instalar puertos de muestreo de 4" y plataformas o andamios de acceso previo a la realización de las mediciones. Estas instalaciones deberán ser realizadas conforme a recomendaciones de personal técnico de Proterm S.A. (Ver Anexo N°1)
- e) La empresa deberá decidir e informar a Proterm si las mediciones tendrán el carácter de OFICIALES, aceptando el procedimiento establecido para estas mediciones. (Ver Anexo N°2).

9. Certificación de las mediciones:

Proterm S.A. posee la autorización como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental de acuerdo a Resolución Exenta N° 39 emitida por la Superintendencia el Medio Ambiente del Gobierno de Chile y acreditación NCh ISO17025:2017.

De igual manera, Proterm S.A. cuenta con la autorización oficial emitida por medio de la Resolución N° 00014 del SEREMI de Salud del Bío - Bío para proceder a realizar mediciones y análisis de emisiones de material particulado y de emisiones gaseosas según lo estipulado en el Decreto Supremo N° 2468/1994 del Ministerio de Salud. (Ver Anexo N°3).



10. Contactos: Para contactos referente a solicitud de servicios, propuestas, órdenes de compra, contratos, estados de pagos y facturación comunicarse con:

- Mauricio Mera (mmera@proterm.cl)
- Claudia Vásquez (cvasquez@proterm.cl)

Para coordinación de ejecución de servicios con:

- Guido Poza (gpoza@proterm.cl).

Informes y entrega de resultados con:

- Fernando Castillo (fcastillo@proterm.cl).

11. Validez oferta: 30 días, posteriormente Proterm S.A. se reserva el derecho de modificar el alcance, los plazos y el valor de la presente propuesta.

12. Forma de pago: Contado, contra entrega y aceptación del informe.

13. Datos empresa:

Razón Social:	Proterm S.A.
R.U.T. :	78.155.540-1
Giro :	Servicios en Ingeniería Mecánica
Dirección :	Inglesa 55, Concepción

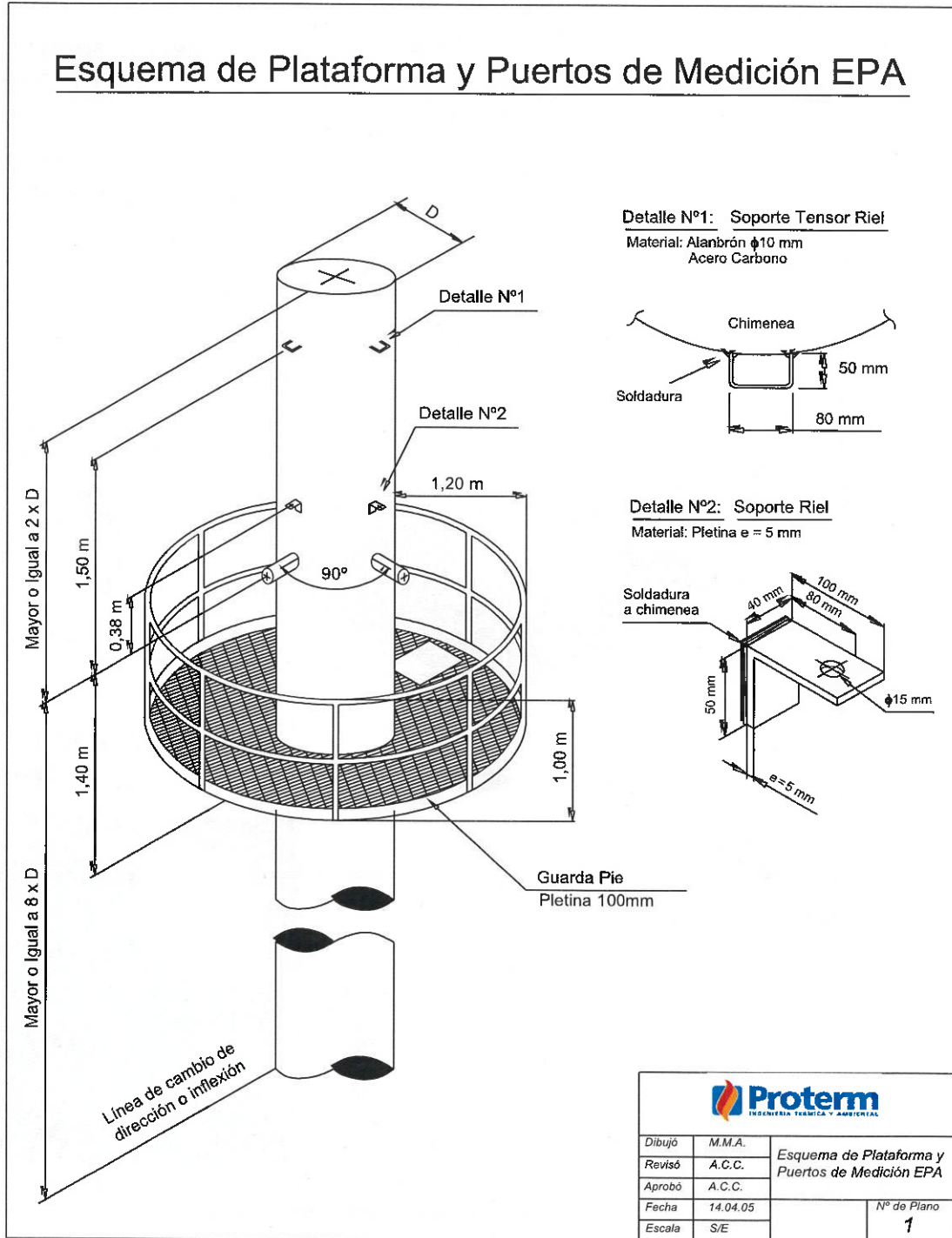
Mauricio Mera Araya
Gerente Mediciones

Proterm S.A. se compromete a mantener la absoluta reserva y confidencialidad de todo antecedente, que no sea de dominio público o acordado por ambas partes, y que tenga relación con los negocios de la empresa y de las actividades de muestreo, medición y/o análisis desarrollados dentro del contrato.



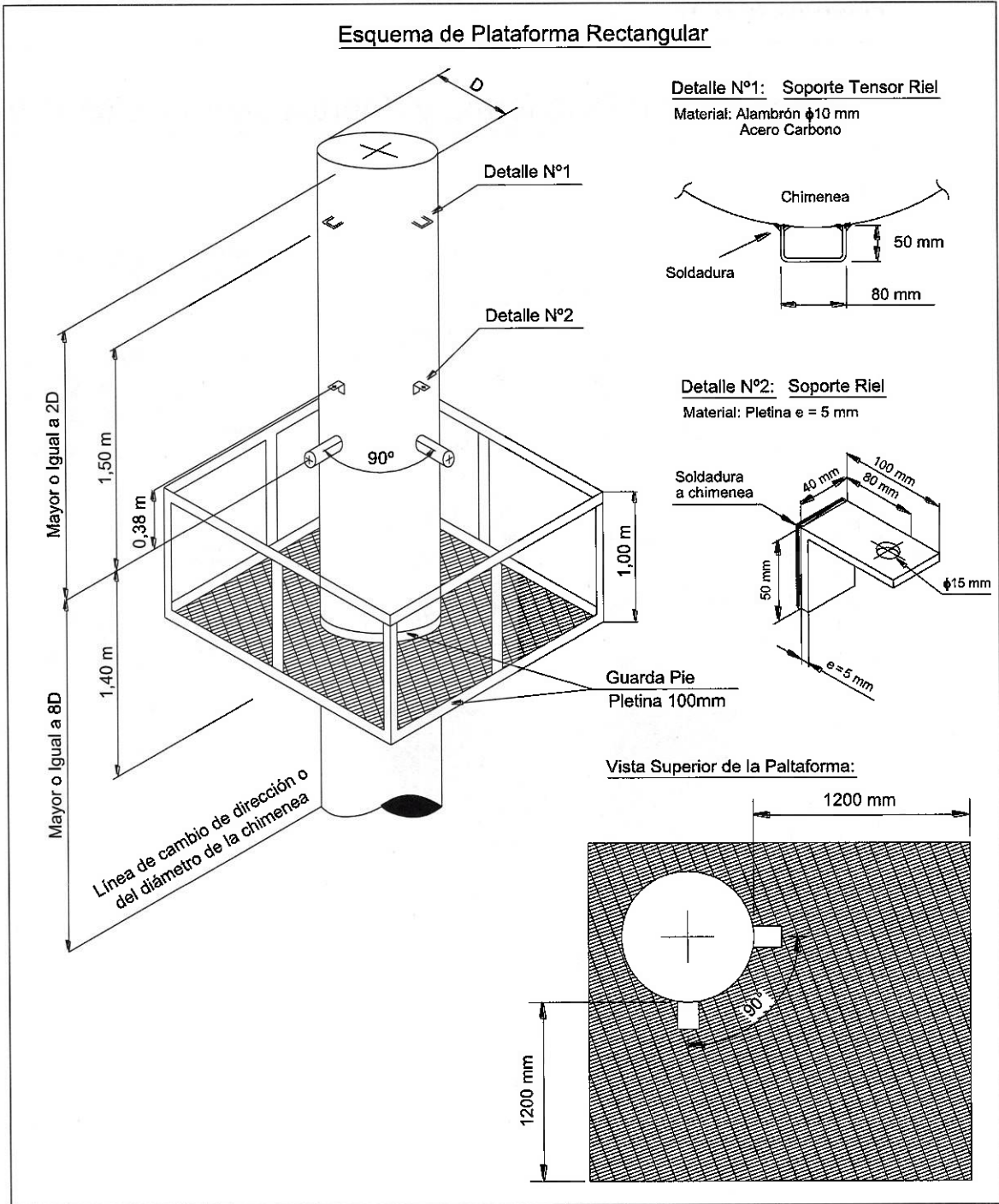
Anexo N°1: Puertos de Muestras

Alternativa N°1:





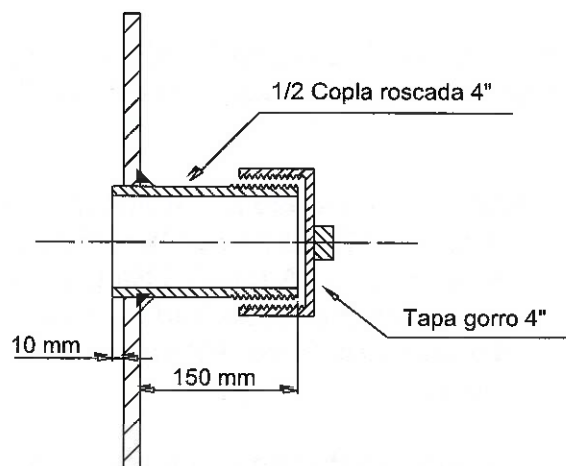
Alternativa N°2:



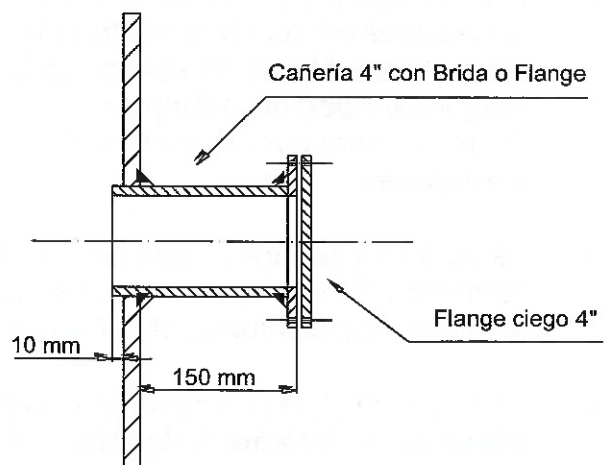


Detalle Instalación Puertos de Muestreo

Alternativa N°1



Alternativa N°2



Dibujó	M.M.A.	Detalle Instalación Puertos de Muestreo
Revisó	A.C.C.	
Aprobó	A.C.C.	
Fecha	14.04.05	N° de Plano
Escala	S/E	2



Anexo N°2: Notificación a la Superintendencia de Medio Ambiente y a la Autoridad Sanitaria.

- Proterm dará aviso a la Superintendencia de Medio Ambiente con 6 días de anticipación de la realización de las mediciones. La SMA tendrá posteriormente la facultad de asistir a la Empresa para fiscalizar la correcta ejecución de las mediciones.

Las mediciones de carácter OFICIAL tienen el siguiente tratamiento y requisitos según el DS. 2467:

- Proterm dará aviso a la Autoridad Sanitaria con 48 horas de anticipación de la realización de las mediciones. La Autoridad Sanitaria tendrá posteriormente la facultad de asistir a la Empresa para fiscalizar la correcta ejecución de las mediciones.
- La empresa dispondrá de los puertos de medición y de plataformas según los requerimientos de las metodologías oficiales.
- Las mediciones se realizarán a plena capacidad de los equipos en cuanto a producción y consumo de combustible. Mantener esta condición será responsabilidad de la Empresa, caso contrario Proterm podrá suspender la realización de las mediciones.
- La empresa deberá proporcionar todos los datos técnicos y de proceso requeridos para ser incorporados al informe oficial de las mediciones.
- Una vez concluidas las mediciones Proterm elaborará un informe en formato tipo, el cual será enviado en conjunto a la Empresa y a la Autoridad Sanitaria, independiente al resultado de las mediciones.



Anexo N°3: Certificaciones



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE SALUD
SEREMI DE SALUD REGIÓN DEL BÍO-BÍO
DEPARTAMENTO ACCIÓN SANITARIA
UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL

AVR/18/EPG

Contigo mejor
Salud

RESOLUCIÓN EXENTA N° 00014 _____/

CONCEPCIÓN, 06.SEP.2008

VISTOS: Los Antecedentes, la solicitud de actualización de fecha 28.MAR.2008 y los antecedentes complementarios de fecha 02.JUL.2008 de la empresa PROTERM S.A. Rut. 78.155.540-1, con domicilio en Avenida Sanhueza 1825 Oficina B, Sector Pedro de Valdivia, comuna de Concepción, representada por Dn. Manfred Helwig Franckenhoff, Rut. 6.394.243-K; y considerando lo dispuesto en el D.S. N° 725/87 "Código Sanitario" y sus reglamentos; D.F.L. N° 1/89 Art. 1° número 20; D.S. N° 2.467/1993, D.S. N° 594/2000 y sus modificaciones, D.S. N° 144/1961 y D.S. N° 185/1991 todos del MINSAL; D.S. N° 167/1999 MINSEGPRES; Res. Ex. N° 2C/1.206 de 1996 del Servicio de Salud Concepción-Arauco y Res. Ex. 2CS/6938 del 08.JUL.2005 de la SEREMI de Salud Región del BíoBío; Artículo 30° y siguientes del D.S. N° 136/2004 y el D.S. N° 72/2007 ambos del MINSAL; Resolución Exenta N° 5.312/2008 de la SEREMI de Salud Región del BíoBío y Resolución N° 520/1996 de la Contraloría General de la República, dicto la siguiente:

RESOLUCIÓN

1. **AUTORIZASE** a la empresa PROTERM S.A., Rut.: 78.155.540-1, ubicada en Avenida Sanhueza 1825 Oficina B, Sector Pedro de Valdivia, Comuna de Concepción, representada legalmente por Dn. Manfred Helwig Franckenhoff, Rut. 6.394.243-K, para efectuar mediciones y análisis de emisiones de Material Particulado, Gases y Compuestos de Sulfuro de Hidrogeno y Mercaptanos (Gases TRS), de acuerdo a los siguientes Métodos Oficiales y Referenciales:
 - o Métodos Homologados Oficiales
 - a. Método CH-1 Determinación de Punto de Medición
 - b. Método CH-1A Determinación de Tranversas de Muestreo y Velocidad para Chimeneas o Ductos pequeños
 - c. Método CH-2 Determinación de Velocidad y Flujo Volumétrico en Gases Chimenea mediante Tubo Pitot tipo S
 - d. Método CH-2A Medición Directa de Volumen Gas en Chimenea y Ductos pequeños
 - e. Método CH-2C Determinación Velocidad y Flujo Volumétrico en Chimeneas pequeñas y ductos mediante Tubo Pitot estándar
 - f. Método CH-2D Mediciones del Flujo Volumétrico del Gas en Chimeneas y Ductos pequeños
 - g. Método CH-3 Análisis de Gas para Determinación de Peso Molecular seco
 - h. Método CH-3A Determinación de Concentraciones de Oxígeno, Anhídrido Carbónico y Monóxido de Carbono en Fuentes Estacionarias (mediante analizador instrumental)
 - i. Método CH-3B Análisis del Gas para determinación de Factor de Corrección de la Velocidad de Emisión y Exceso de Aire para determinar concentraciones de CO₂, O₂ y CO.
 - j. Método CH-4 Determinación del contenido de Humedad en Gases de Chimenea mediante método de referencia
 - k. Método CH-5 Determinación de emisiones de material particulado desde Fuente Estacionaria mediante gravimetría en seco
 - l. Método CH-6 Medición Dióxido de Azufre mediante analizador instrumental
 - m. Método CH-7E Medición Óxidos de Nitrógeno
 - n. Método CH-10 Medición Monóxido de Carbono
 - o. Método CH-16A Medición TRS (Técnica Impinger)
 - p. Método CH-18 Medición Compuestos Orgánicos Volátiles
 - q. Método CH-25A Medición Hidrocarburos Totales

Contigo. Mejor Salud



- o Métodos No Homologados de Muestreo y Medición a la fecha de esta resolución:
 - r. Método EPA 8 Medición Dióxido de Azufre, SO₂ y H₂SO₄
 - s. Método EPA 17 Determinación de emisiones de Material Particulado desde Fuentes estacionarias
 - t. Método EPA 23 Muestreo Dioxinas y Furanos desde fuentes de combustión de residuos
 - u. Método EPA 25 Medición Compuestos Halogenados (Cloro y Flúor)
 - v. Método EPA 29 Medición Metales Pesados
 - w. Método EPA 0030 Medición Orgánicos Volátiles según EPA 30
 - x. Método EPA 201-A Muestreo y Medición PM₁₀ en Material Particulado
 - y. Método EPA 202 Medición Material Particulado Condensable

Esta autorización es complementaria a la contenida en la Resolución N° 205/6938 del 08.JUL.2005, que autoriza a la empresa PROTERM S.A. para realizar mediciones de TRS de acuerdo a lo estipulado en el Método CH-16A homologado de US EPA.

2. **DÉJESE SIN EFECTO** la Resolución N° 201/206 del 13.JUN.1996 del Servicio de Salud Concepción-Arauco, que autorizó a la empresa PROTERM LTDA.
3. La Empresa deberá ceñirse estrictamente a lo dispuesto en los Artículos 9° al 10° del D.S. N° 2.467/1993 del MINSAL.
4. La Empresa deberá cumplir con lo señalado en el Art. 11° del D.S. N° 2.467/1993 del MINSAL, en lo que respecta a la mantención y calibración de sus equipos e instalaciones con la siguiente frecuencia:
 - ☛ Cada 3 series de mediciones, una mantención completa;
 - ☛ Cada cincuenta series de mediciones, una Calibración por Laboratorio Autorizado, y
 - ☛ Cada 1 año, una revisión de los equipos y métodos en el Instituto de Salud Pública (ISP) de Chile.
5. Toda modificación de los Antecedentes a que se refiere el Artículo 6° del D.S. N° 2.467/1993 del MINSAL, deberá ser informada por escrito a la Autoridad Sanitaria (ASR) de la Región del Bío Bío.

Respecto de los procedimientos de Mantención y Calibración de los equipos empleados en las mediciones y análisis, la Empresa deberá notificar por escrito a la ASR del BíoBío, el Cronograma de Certificación, Calibración y Manutención para el año correspondiente, antes del 31 de Diciembre del año procedente.
6. Toda medición efectuada en Fuentes Fijas autorizadas sanitariamente, deberá ser informada con 48 horas de antelación a la ASR respectiva, a objeto de coordinar la auditoría de la medición respectiva.

Dicha notificación podrá ser efectuada vía correo electrónico a las direcciones: juan.granzow@redsalud.gov.cl y hugo.rojast@redsalud.gov.cl, pertenecientes a la Unidad de Gestión Ambiental de la Autoridad Sanitaria Región del Bío Bío.

Dentro de los 10 días hábiles siguientes a la elaboración de un Informe de una Medición, la Empresa deberá remitir copia oficial y digital a la Oficina de la ASR más cercana a la Fuente evaluada.
7. Tanto el Programa de Aseguramiento de Calidad, como el Manual de Operaciones y Control de Calidad, y el Libro Registro de las Calibraciones y Certificaciones de los equipos e instalaciones, deberá estar en todo momento disponible para su auditoría por funcionarios de la Autoridad Sanitaria.
8. La presente Resolución tendrá una validez de tres (3) años, plazo que se entenderá automáticamente renovado por periodos iguales y sucesivos, en caso de no mediar una Resolución Sanitaria que indique lo contrario.
9. Notifíquese la presente resolución por intermedio del personal del Departamento de Acción Sanitaria de la Secretaría Regional Ministerial de Salud, y déjese copia de ella al interesado.

Contigo, Mejor Salud



ANÓTESE Y COMUNIQUESE



Andrea Aste von Bennewitz
ANDREA ASTE VON BENNEWITZ
JEFE DEPARTAMENTO DE ACCIÓN SANITARIA
SEREMI DE SALUD REGIÓN DEL BÍO-BÍO

Por Facultad Delegada

TRANSCRITO FIELMENTE
MINISTRO DE FE

Unidad de UGAM
Res. Int. N° 0014 del 08.09.2008

DISTRIBUCIÓN

- Destinatario
- Unidad de Gestión Ambiental
- Archivo Seremi de Salud
- Oficinas Partes (2)
- ID: 2C/601/03/08
- Derechos Cancelados por la cantidad de \$ 388.222 según Comprobante de Recaudación N° 176226 del 16.09.2008



**RENEVA AUTORIZACIÓN DE PROTERM S.A.
COMO ENTIDAD TÉCNICA DE FISCALIZACIÓN
AMBIENTAL, RESPECTO DE LA SUCURSAL QUE
INDICA.**

RESOLUCIÓN EXENTA N° 39

Santiago, 10 ENE 2020

VISTO:

Lo dispuesto en el Decreto con Fuerza de Ley N° 1/19.653, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; en la Ley N° 19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, fijada en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N° 38, de 15 de octubre de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta N°424, de 12 de mayo de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que fija la Organización Interna de la Superintendencia del Medio Ambiente; en las Resoluciones Exentas N°559, de 14 de mayo de 2018, N°438, de 28 de marzo y N°1619, de 21 de noviembre, ambas de 2019, que modifican la resolución exenta N°424, de 2017; en la Resolución Exenta N°126, de 25 de enero de 2019, que dicta instrucción de carácter general que establece los requisitos para la autorización de las entidades técnicas de fiscalización ambiental e inspectores ambientales; en la Resolución Exenta N°127, de 25 de enero de 2019, que dicta instrucción de carácter general que establece directrices generales para la operatividad de las entidades técnicas de fiscalización ambiental e inspectores ambientales y en la Resolución N°27, de 2019 y sus modificaciones, de la Contraloría General de la República.

CONSIDERANDO:

1º. Que, con fecha 11 de enero de 2018, a través de la resolución exenta N°51–notificada el día 12 del mismo mes y año, mediante correo electrónico–, la Superintendencia del Medio Ambiente traspasó al régimen normal y homologó alcances a **Proterm S.A.**, RUT N° 78.155.540-1, autorizándola para actuar como entidad técnica de fiscalización ambiental (en adelante e indistintamente, ETFA) respecto de su sucursal Proterm S.A., código ETFA 014-01, en los alcances indicados en el informe final de evaluación que forma parte de ese acto administrativo.

2º. Que, el artículo 10 del reglamento ETFA dispone que la renovación de la autorización que se otorgue a una entidad técnica de fiscalización ambiental se regirá, en lo que corresponda, por lo señalado en los artículos 5° a 9° del mismo cuerpo normativo. Igualmente el citado artículo indica que, la renovación de la autorización que se otorgue



a la entidad técnica de fiscalización ambiental tendrá una duración de cuatro años, contados desde su notificación.

3º. Que, mediante la resolución exenta N°126, de 2019, publicada en el Diario Oficial, el 31 de enero de 2019, se dictó la Instrucción de carácter general que establece los requisitos para la autorización de las entidades técnicas de fiscalización ambiental e inspectores ambientales, donde se establecen los requisitos que deben cumplir las ETFA para renovar su autorización.

4º. Que, con fecha 22 de julio de 2019, la ETFA Proterm S.A. solicitó la renovación de su autorización.

5º. Que, por memorando N°46456, de 26 de julio de 2019, la División de Fiscalización solicitó a la Fiscalía un informe de evaluación de cumplimiento legal de los antecedentes presentados por la ETFA, el cual fue emitido con fecha 18 de diciembre de 2019, mediante memorando N°368, indicándose que esta última había cumplido con lo dispuesto en el artículo 3º del reglamento ETFA y con lo previsto en los puntos 5.6.ii de la resolución exenta N°126, de 2019.

6º. Que, conforme a lo dispuesto en el artículo 10 del reglamento ETFA, con fecha 8 de enero de 2020, el Departamento de Análisis Ambiental, a través del memorando N°2377, adjuntó el "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA", de esa misma fecha, en el que recomendó la renovación de la autorización de la ETFA.

7º. Que, el fundamento para renovar la autorización de la ETFA se encuentra en el "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA", el cual será notificado en conjunto con la presente resolución y posteriormente publicado en el Registro Nacional de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental, junto con ésta, por lo que dicto la siguiente

RESOLUCIÓN:

1. RENUÉVASE la autorización conferida a **Proterm S.A.**, para actuar como entidad técnica de fiscalización ambiental, respecto de la sucursal que se indica a continuación, por un lapso de 4 años, a partir del 13 de enero de 2020:

FECHA DE SOLICITUD	22 julio de 2019	RUT	78.155.540-1
NOMBRE SUCURSAL	Proterm S.A.		
DIRECCIÓN SUCURSAL	Avda. Sanhueza N°1825-B, comuna de Concepción, región del Biobío		

2. PREVIÉNESE que la presente renovación se otorga para todos los alcances autorizados mediante la resolución exenta N°51, de 2018, según indica el "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA", que forma parte integrante de esta.

3. PUBLÍQUESE Y ACTUALÍCESE en el Registro Nacional de Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental, la presente resolución, los alcances



específicos renovados y los demás antecedentes que correspondan, conforme lo dispuesto en el artículo 14 del reglamento ETFA.

4. **NOTIFÍQUESE** a la interesada esta resolución junto con el respectivo informe final de evaluación, los cuales forman parte integrante de la misma, conforme dispone el artículo 30 de la ley N° 19.880.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE.


RUBÉN VERDUGO CASTILLO
SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE (S)


RRS/RRM/MVG/MVS

ADJ.: "Informe de Solicitud de Renovación de Autorización ETFA"

Notificación por correo electrónico:

- cward@proterm.cl

Distribución:

- Gabinete
 - Fiscalía
 - División de Fiscalización
 - División de Sanción y Cumplimiento
 - Oficinas Regionales
 - Departamento de Análisis Ambiental
 - Oficina de Partes y Archivo
- Exp. 677/20



SCOPE OF ACCREDITATION TO ISO/IEC 17025:2017

PROTERM S.A.
Av Inglesa 55
Concepcion, Chile
Christine Ward Phone: 56-412-838-200
cward@proterm.cl

ENVIRONMENTAL

Valid To: December 31, 2020

Certificate Number: 5088.01

In recognition of the successful completion of the AZLA evaluation process, including an evaluation of the organization's compliance with The NELAC Institute's National Environmental Field Activities Program (NEFAP) Field Sampling and Measurement Organization Volume 1 Standard (TNI FSMD V1 2014 Rev 2.0), accreditation is granted to this organization to perform recognized methods using the following testing technologies and in the analyte categories identified below:

FSMD Type:
Environmental Sampling, Analysis and Field Measurement

Mobile Units: Trucks for transport of equipment

Sampling:

<u>Matrix</u>	<u>Technology and Analyte</u>	<u>Procedure(s)</u>	<u>Reference Method(s)</u>
Particulate Matter	Isokinetic Train	CH-5; EPA 5B	EPA 5, EPA 5B
Particulate Matter	Isokinetic Train	EPA 17	EPA 17
Gases	Impinger, absorbing solutions - Sulfur Dioxide (SO ₂)	CH-6	EPA 6
Gases	Absorbing solutions - Nitrogen Oxide (NO _x)	CH-7; ISO-11564	EPA 7; ISO-11564
Gases, Particulate Matter	Isokinetic train, probe, filter, absorbing solutions - Sulfur Dioxide, Sulfuric Acid, Sulfur Trioxide (SO ₂ , H ₂ SO ₄ , SO ₃)	EPA 8	EPA 8
Gases	Impinger, absorbing solutions - Total Reduced Sulphur (Impinger)	EPA 16A	EPA 16A
Gases	Bag sampling system - VOC's: Volatile Organic Compounds (Chromatography)	CH-18	EPA 18
Gases, Particulate Matter	Isokinetic train, resins XAD-2 - Dioxins and Furans	EPA 23	EPA 23
Gases, Particulate Matter	Isokinetic train, filter, and absorbing solutions - Total Bromine, Hydrogen Bromide (HBr), Hydrogen Chloride (HCl), Hydrogen Fluoride (HF), Chlorine (Cl ₂), Bromine (Br ₂)	EPA 26A	EPA 26A

(AZLA Cert. No. 5088.01) 03/25/2020

Page 1 of 3

5602 President's Court, Suite 220 | Frederick, MD 21703-8098 | Phone: 301 644 3248 | Fax: 240 454 9449 | www.AZLA.org



<u>Matrix</u>	<u>Technology and Analyte</u>	<u>Procedure(s)</u>	<u>Reference Method(s)</u>
Gases	Isokinetic train, filter, and absorbing solutions – Ammonia	CTM-027	CTM-027
Gases, Particulate Matter	Isokinetic train, probe, filter, and absorbing solutions – Heavy Metals: SE, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Hg, Ni, P, Se, Ag, Tl, Zn	EPA 29	EPA 29
Gases	Absorbing solutions in Tenax-Tenax and Anasorb – VOC's: Volatile Organic Compounds (GC/MS): Acetonitrile, Benzene, Bromodichloromethane, Carbon disulfide, Carbon tetrachloride, Chlorodibromomethane, Chloroform, Chloroprene, Dibromomethane, Dichloroethane, Dichloropropane, Methylene chloride, Tetrachloroethane, Toluene, Trichloroethane, Trichlorofluoromethane	EPA 0031	EPA 0031
Particulate Matter	Isokinetic train, glass fiber filter – Particulate Matter Emissions (PM) 10, PM 2.5 (Constant Sampling Rate)	EPA 201A	EPA 201A
Particulate Matter	Isokinetic train, glass fiber filter, dry impinger, absorbing solutions – Condensable Particulate Matter	EPA 202	EPA 202
Gases	Isokinetic train, filter, and absorbing solutions – Formaldehyde Emissions	EPA -316	EPA-316

Measurement (Field):

<u>Matrix</u>	<u>Technology and Analyte/Analyte Categories</u>	<u>Procedure(s)</u>	<u>Reference Method(s)</u>
Gases; Particulate Matter	Sampling Points/Speed Selection of sampling ports and Traverse points	CH-1	EPA 1
Gases; Particulate Matter	Transverse Speed	CH-1A	EPA 1A
Gases; Particulate Matter	Speed and Flow, Pitot tube	CH-2, EPA 1F	EPA 2, EPA 1F
Gases; Particulate Matter	Volume Flow meter equipment	CH-1A	EPA 1A
Gases; Particulate Matter	Flow Rate/Speed, Pitot tube	CH-1C	EPA 1C
Gases; Particulate Matter	Volumetric Flow, Flowmeter equipment	CH-1D	EPA 1D
Gases; Particulate Matter	Dry Molecular Weight Orsat analyzer	CH-3	EPA 3
Gases; Particulate Matter	Weight Concentration (CO, CO ₂ , O ₂) Instrumental analyzer	CH-3A	EPA 3A

(AZLA Cert. No. 5088.01) 03-23-2020

Page 2 of 3



<u>Matrix</u>	<u>Technology and Analyte/Analyte Categories</u>	<u>Procedure(s)</u>	<u>Reference Method(s)</u>
Gases; Particulate Matter	Correction Factor/Excess of Air Orsat analyzer	CH-3B	EPA 3B
Gases; Particulate Matter	Humidity, Volumetric/gravimetric	CH-4	EPA 4
Gases	Sulfur Dioxide (SO ₂) Instrumental analyzer	CH-6C	EPA 6C
Gases	Nitrogen Oxide (NO _x) Instrumental analyzer	CH-7E	EPA 7E
Gases	Carbon Monoxide (CO) Instrumental analyzer	CH-10	EPA 10
Gases	Total Reduced Sulphur Instrumental Analyzer	EPA 16C	EPA 16C
Gases	Total Gaseous Organic Concentration Flame Ionization Analyzer-FID	CH-25-A	EPA 25A

Analysis (Laboratory Facility):

<u>Matrix</u>	<u>Technology and Analyte/Analyte Categories</u>	<u>Procedure(s)</u>	<u>Reference Method(s)</u>
Particulate Matter	Particulate Matter – Gravimetric	CH-5, EPA 5B	EPA 5, EPA 5B
Particulate Matter	Particulate Matter – Gravimetric	EPA 17	EAP 17
Particulate Matter	Particulate Matter 10, PM 2.5 Gravimetric	EPA 201A	EPA 201A
Particulate Matter	Condensable Particulate Matter Gravimetric	EPA 202	EPA 202
Gases	Sulfur Dioxide (SO ₂), Titrimetric	CH-6	EPA 6
Gases	Sulfur Dioxide, Sulfuric Acid, Sulfur Trioxide (SO ₂ , H ₂ SO ₄ , SO ₃) Titrimetric	EPA 8	EPA 8
Gases	Total Reduced Sulphur, Titrimetric	EPA 16A	EPA 16A

Sampling and Measurement for Air Quality

<u>Matrix</u>	<u>Technology and Analyte/Analyte Categories</u>	<u>Procedure(s)</u>	<u>Reference Method(s)</u>
Air	Air Quality – Static Sampling for Olfactometry	NCh3386:2015	VDI 3880-2011-10
Air	Measurement of the Impact Frequency of Recognizable Odors: Part 1: Grid Method Part 2: Plume Method	NCh3533:2017	VDI 3940 Blatt 1:2006 VDI 3940 Blatt 2:2006
Air	Air Quality – Determination of Odor Concentration by Dynamic Olfactometry	NCh3190:2010	EN 13725:2004



Accredited Laboratory

A2LA has accredited

PROTERM S.A.

Concepcion, CHILE

for technical competence in the field of

Environmental Testing

This laboratory is accredited in accordance with the recognized international standard ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. This laboratory also meets A2LA R219 - Specific Requirements - TM Field Sampling and Measurement Organization Accreditation Program. This accreditation demonstrates technical competence for a defined scope and the operation of a laboratory quality management system (refer to joint ISO-ILAC-IAF Communiqué dated April 2017).



Presented this 6th day of February 2019.

Vice President, Accreditation Services
For the Accreditation Council
Certificate Number 5088.01
Valid to December 31, 2020

For the tests to which this accreditation applies, please refer to the laboratory's Environmental Scope of Accreditation.