

ANEXO 2

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABATIMIENTO



“DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ABATIMIENTO DE EMISIONES PROPUESTO PARA CALDERAS DE PLANTA PROMASA”

Cliente Mandante: Sr. Manuel Pauvif

Director de Operaciones

Realizador del Estudio: Oscar Hidalgo Diaz

Ing. Civil Mecánico

Junio 14 de 2021

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ABATIMIENTO DE EMISIONES PROPUESTO

1. Descripción:

A continuación, se describe los componentes del nuevo sistema de control de emisiones de particulado, el cual cuenta con los siguientes equipos:

- Un ciclon de alta eficiencia
- Un captador de particulado Tipo Venturi
- Una Torre tipo ciclon con atrapador de gotas
- Bomba de agua para boquillas de aspersión en el venturi
- Estanque receptor de agua de nebulización
- Boquillas de agua de nebulización

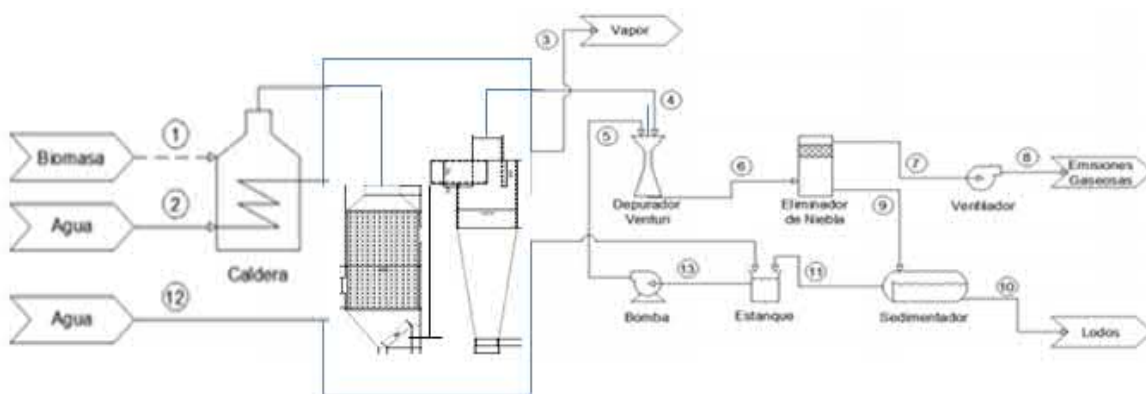


Fig.1. Sistema de depuración Propuesto

2. Objetivos a lograr:

- Con la incorporación de los nuevos equipos, se espera un nivel de captura de particulado de hasta un 99%
- Con la incorporación de los nuevos equipos, se espera un nivel de captura de particulado que permita estar bajo 30 mg/m³, muy por debajo de la normativa vigente, lo que permitirá cumplir con el Plan de Descontaminación impulsado por la autoridad de Medioambiente
- Con el nuevo sistema, la emisión de gases por la chimenea será sustituida por una leve pluma de vapor de agua
- Los equipos están diseñados para cumplir con la captura de particulado PM10 μm y PM 2,5 μm
- La incorporación de los nuevos equipos de control de particulado permitirá operar por debajo de los parámetros establecidos por la Norma Medioambiental, con lo cual la operación normal de la Planta no se verá restringida para mantener su continuidad operativa los 365 días del año

3. Comparación de tecnologías de control de particulado

A continuación, se describen las distintas alternativas y mecanismos posibles de implementar para lograr el control del particulado, de acuerdo a lo requerido por la norma de emisiones

CUADRO 1. COMPARATIVO DE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS POSIBLES			
N°	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. Requiere de un bajo contenido de CO ₂
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 30 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 30 Mg/m ³ y captura de PMA hasta 2,5 µm

4. Elección de la alternativa de sistema de abatimiento

- Bajo los argumentos antes expuestos, el diseño elegido contempla la instalación de un ciclón simple, pero de alta eficiencia con entrada tangencial y descarga axial, de acuerdo a lo que se muestra en la figura 8. El particulado será retirado por la parte inferior a través de una válvula rotatoria
- Este tipo de ciclón es el más usado por ser de más alta eficiencia de recolección variando las dimensiones estándar, aun cuando tienen la probabilidad de presentar un ΔP un poco más alto
- En el ciclón los gases resultantes de la combustión son forzados a seguir un movimiento que ejerce fuerza centrífuga sobre las partículas y las dirige a las paredes del ciclón decantando a la parte inferior. Los gases filtrados son expulsados por la parte superior de la cámara, pasando por un espiral de flujo ascendente o vórtice formado por una espiral que se mueve hacia abajo, tal como se ilustra en la figura 9.
- El ciclón estará diseñado para capturar el material particulado de tamaño superior a $5\ \mu$, con una eficiencia del orden del 80%

Los ciclones individuales de alta eficiencia como el considerado en este proyecto están diseñados para alcanzar un mayor control de las partículas pequeñas que los ciclones convencionales. Los ciclones individuales de alta eficiencia pueden remover partículas de $5\ \mu\text{m}$ con eficiencias hasta del 90%, pudiendo alcanzar mayores eficiencias con partículas más grandes.

Los rangos de eficiencia de control de los ciclones individuales de alta eficiencia son de 80 a 99% para MP; de 60 a 95% para MP10 y de 20 a 70% para MP 2.5.

El diseño de Ciclón de alta eficiencia combinado con Venturi, se enmarca dentro de lo recomendado por el estado del arte en materia medioambiental

Generalmente, los ciclones por sí solos no son suficientes para cumplir con las reglamentaciones más estrictas en materia de contaminación del aire, pero tienen un propósito importante como pre-limpiadores antes del equipo de control final, tal como el Venturi incorporado en el proyecto. Esta es la razón por la que en este proyecto se ha usado dicha combinación ya que el Venturi si permite capturar particulado hasta $0,5\ \mu\text{m}$

El tipo de ciclón a implementar es simple, pero de alta eficiencia dadas sus características geométricas. Este tipo de ciclones funcionan con fuerzas inerciales al hacer cambiar de dirección el flujo del gas. El gas al entrar al ciclón, es forzado en un flujo circular. Las partículas de mayor tamaño se separan del flujo por inercia, golpean la pared interior del separador, luego caen por gravedad y son acumuladas en la tolva inferior. Finalmente, el flujo pasa por un ducto interior llamado comúnmente vortex Finder, en el cual las partículas de menor tamaño logran caer, debido al menor diámetro.

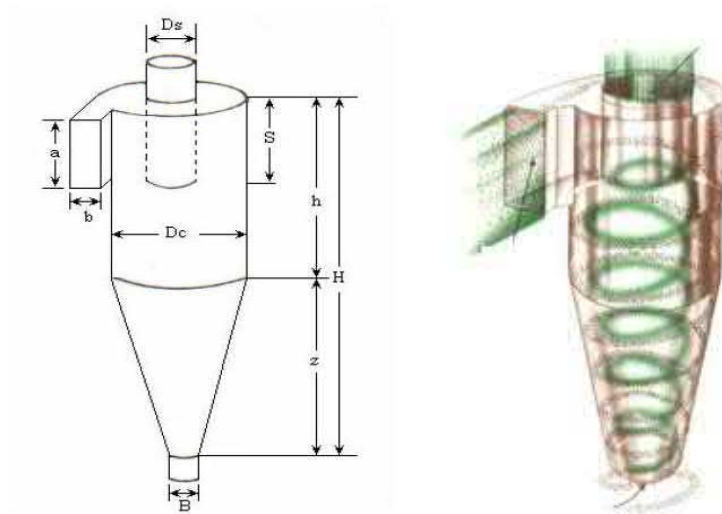


Figura 2. Ciclón simple: (a) entrada tangencial y descarga axial

4.1. Depurador Venturi:

El Venturi-Scrubber cumple con las exigencias medioambientales para la captura de material particulado

Un depurador tipo Venturi, se beneficia del aumento en la velocidad de la corriente gaseosa en la sección más estrecha del tubo, para mejorar el contacto entre el gas y el líquido (agua), debido a la atomización de esta última. Posteriormente, la velocidad del fluido se reduce, y la mezcla de partículas y agua tiende a aglomerarse, siendo finalmente separada de la corriente gaseosa por medio de un eliminador de niebla.

En definitiva, estos sistemas usan un flujo líquido para remover partículas sólidas. En ellos el gas resultante de la combustión, cargado con material particulado pasa por un tubo corto con extremos anchos y una sección estrecha.

Esta constricción hace que el flujo de gas se acelere cuando aumenta la presión. El flujo de gas recibe un rocío de agua antes o durante la constricción en el tubo.

La diferencia de velocidad y presión que resulta de la constricción hace que las partículas y el agua se mezclen y combinen. La reducción de la velocidad en la sección expandida del cuello permite que las gotas de agua con partículas caigan del flujo de gas.

Los lavadores Venturi pueden alcanzar 99 por ciento de eficiencia en la remoción de partículas pequeñas.

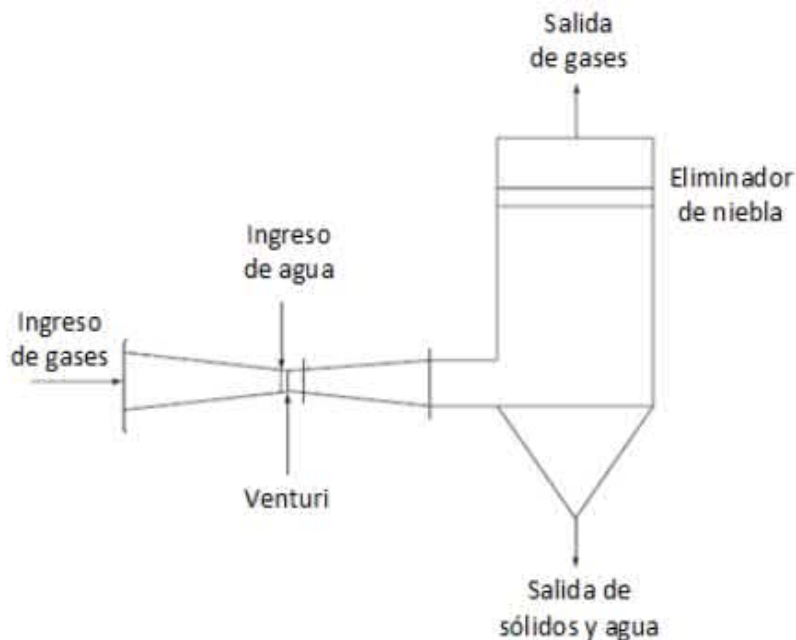


Fig. 3. Depurador Venturi con Torre de aspersión instalada

4.2. Torre de aspersión

La torre incorporada en el proyecto consiste en una cámara cilíndrica vacía, donde ingresan los gases de combustión y agua. El funcionamiento del equipo se basa en la absorción y arrastre del MP por medio del agua. Se incorpora un eliminador de niebla en la parte superior para impedir que el agua sea expulsada a través del ducto superior de salida

Como puede apreciarse 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)

4.3. 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.

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.

Las emisiones de MP ya fueron caracterizadas y son las que se muestran en la fig. 1., por tanto, se conoce su concentración y distribución de tamaños. Por otro lado, la eficiencia del equipo se puede determinar y optimizar mediante la aplicación de un modelo del depurador. 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 innite-throat, relaciona la captura de MP con las características geométricas y condiciones de operación que enfrenta el equipo. En particular, permite determinar el agua necesaria para la depuración, y el diámetro y longitud de la sección estrecha de un depurador tipo Venturi de geometría cilíndrica.

Finalmente, el diseño de la sección convergente y divergente, se realiza utilizando parámetros recomendados para sus longitudes y ángulos, mientras que los materiales de construcción del equipo se deben seleccionar considerando la erosión y la presión externa sobre éste.

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 contara en la parte superior con 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

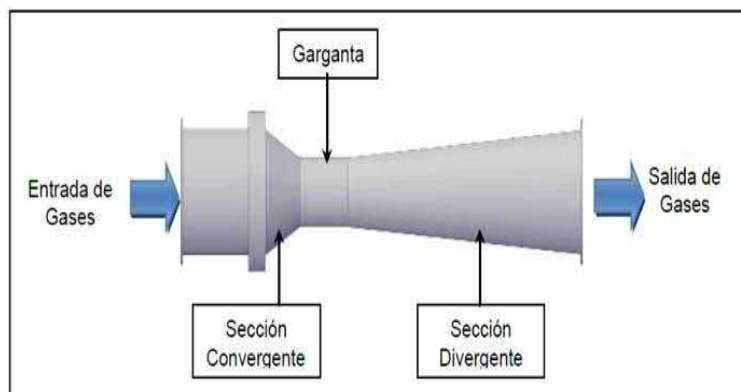


Figura 4. Componentes de un Venturi

5. Diseño del sistema de depuración

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

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.

5.1 Aspersores del Depurador Venturi

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



Figura 5. Aspersores

5.2. 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.

Es común que, en un lavador de partículas, tipo Venturi, las gotas del líquido de lavado sean arrastradas junto con la corriente gaseosa que se quiere limpiar. Esto producirá una disminución de la eficiencia de remoción calculada, pues las gotas que viajan junto con el gas estarán cargadas con el material particulado que se quiere remover.

Si bien el cálculo de las dimensiones de la torre ciclón aminora el efecto, de todas formas, es necesario instalar un eliminador de niebla (gotas) en la parte superior de la torre 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, el líquido de lavado se administra al flujo de gas bajo presión. Parte de las partículas se asocia con el líquido de lavado en el momento de su contacto. El gas, que contiene las gotas de líquido, se bombea por el aspensor. Su forma envía el flujo de gas por una trayectoria curva.

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 chebrón consiste en placas en forma de zigzag, 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 la torre ciclón, el cual estará conformado por pletinas y ángulos de acero inoxidable en las dimensiones que se indican

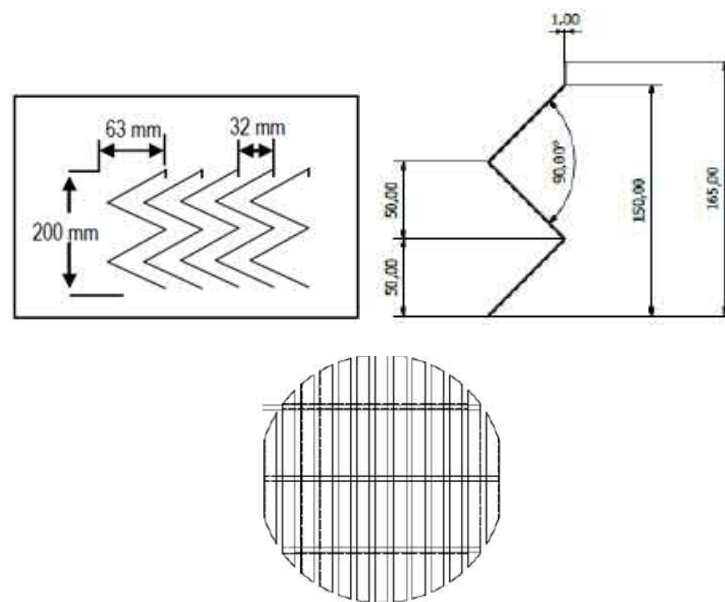


Figura 6. Eliminador de neblina deflector tipo zig zag o placa chebron

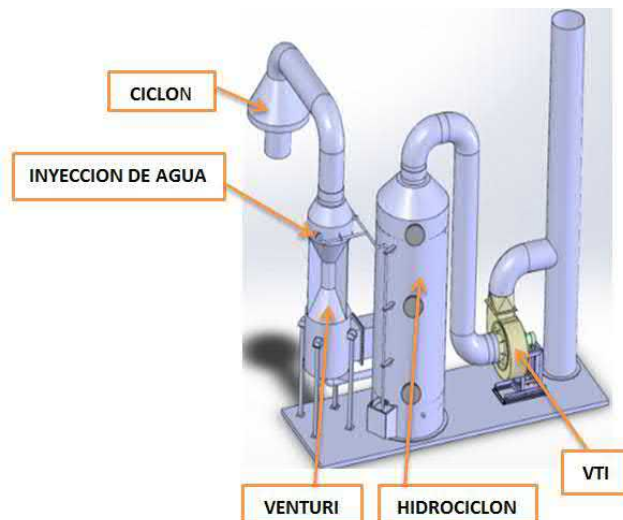


Figura 7: Esquema de montaje del sistema de abatimiento con ciclón de alta eficiencia, Venturi con Hidrociclón

5.4. Otros equipos que contempla el proyecto:

- Válvula rotatoria bajo ciclón con motor eléctrico
- Tornillo de extracción con motor eléctrico
- Válvulas tipo mariposa para agua
- Mangueras de extracción de agua

6. COMPARACION NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES VERSUS EL ANTIGUO

A continuación, se presenta un cuadro comparativo con las diferencias del nuevo sistema de emisiones versus el antiguo

CUADRO 2. COMPARATIVO DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES VERSUS EL ANTIGUO	
Estado con sistema antiguo de abatimiento	Estado con nuevo sistema de abatimiento
Equipos con diseño deficientes	Equipos con diseño de alta eficiencia
Alto nivel de emisiones	Bajo nivel emisiones
Alto arrastre de carboncillo por biomasa no combustionada	Sin arrastre de carboncillo por biomasa no combustionada

Preparado por:

Oscar Hidalgo Diaz

Ing. Civil Mecánico

Especialista en Combustión y Sistemas de Control de Emisiones de particulado

Pedido

Informacion de Facturacion

Promasa S.A.
Avda Las Industrias Pedro Stark Troncoso 1015
Los Angeles
RUT: 96540490-2
Giro: Procesadora de Maderas
Fax: 56-43-2633707
Telefono: 56-43-2633700

Informacion del Proveedor

OSCAR LEONARDO HIDALGO DIAZ
GLASGOW 9739 CERRO VERDE
HUALPEN-CONCEPCION
CHILE
RUT: 5700014-7
Telefono: 56-9-61718248

Informacion

Numero de Pedido 4500376753
Fecha 07/15/2021
del Proveedor 1010536
Moneda CLP
Comprador Gabriel Pincheira
Email gpincheira@promasa.cl
Aprobado por MPAUVIF
Fecha de aprobacion 07/19/2021

Direccion de envio: PRSA - Remanufactura
Avda. Las Industrias 1015 Pedro Stark Troncoso
LOS ANGELES 08

Condiciones de pago: Neto 30 días Moneda CLP

El pago de la segunda posición de esta Orden de compra queda supeditado a la obtención de emisiones MPT en ensayos isocineticos menor a 30 mg/m3N @ 6%O2, en ambas calderas, luego de poner en marcha los sistemas de abatimientos.

Item	Material/Descripcion	Cantidad	UM	Precio Unitario	Monto Neto
10	Diseño de equipos Abat. de gases EDP.1 Fecha de Entrega: Day 23.07.2021 Solicitado por: Jose Marino	1	C / U	14,640,000/ C/U	14,640,000
20	Diseño de equipos Abat. de gases EDP.2 Fecha de Entrega: Day 15.09.2021	1	C / U	34.160.000/ C/U	34.160.000

Pedido

Núm. pedido/Fecha 4500376753 / 15.07.2021

Valor Total neto**CLP****48.800.000****Términos y condiciones de aceptación de Orden de Compra.**

1.- El proveedor debe dar acuse de recibo de la Orden de Compra y proporcionar la fecha definitiva de entrega del producto el mismo día en que recibió la OC.

La fecha de entrega debe estar de acuerdo con la fecha informada al momento de cotizar.

La información debe ser enviada vía e-mail a: adquisiciones@promasa.cl

2.- El proveedor debe asegurarse de despachar la OC de acuerdo a las instrucciones entregadas por PROMASA S.A.

3.- El proveedor debe asegurarse de que la mercadería sea despachada junto con la factura. En la factura se debe indicar siempre OC asociada en el campo referencia.

4.- PROMASA S.A. se reserva el derecho de cancelar la Orden de Compra sin indemnización alguna hacia la otra parte si ésta no entrega el producto o mercadería comprometida en la fecha indicada, sin tener éste, el proveedor, opción de reclamo legal alguno.

5.- PROMASA S.A. se reserva el derecho de devolver la mercadería que no tenga la calidad solicitada, y de no cancelar la factura sin ser responsable de indemnización alguna hacia la otra parte, siendo el proveedor responsable de hacer los cambios de producto o restitución necesaria.

6.- Todo despacho físico debe adjuntar la Orden de Compra de PROMASA S.A.

Pago de factura:

1.- El archivo XLM de sus facturas electrónicas debe ser enviado directamente a nuestra casilla electrónica

DTE_PROD_PROMASA@SMTP.SUITEELECTRONICA.COM, único medio de recepción de facturas, si su factura no aparece en nuestro Portal, no pasara a proceso de contabilización y pago.

2.- El proveedor, al confirmar la Orden de Compra, acepta estos términos y condiciones.

3.- Horario de recepción en bodega: Lunes a viernes, de 08:00 a 15:00 en horario continuado. El último día hábil de cada mes, bodegas estarán cerradas.