



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

**ESTUDIO DE CAMBIO DE COMBUSTIBLE
PARA LA CALDERA DE COCA COLA
EMBONOR S.A. CONCEPCION, Y LAS
MODIFICACIONES NECESARIAS PARA SU
ADECUADA COMBUSTION**

Profesor Guía: Luis Cerda Miskulini.

Rodrigo Salvador Caro Muñoz.

CONCEPCION 2015



DEDICATORIA.

El presente trabajo se lo dedico a mi familia, que la componen, padre Roberto, madre Carmen, mis hermanos Víctor y Paulina por todo su apoyo y su ayuda durante toda mi vida personal y educativa.

A mi polola Claudia por su paciencia y apoyo incondicional este proceso, la cual me levanto en los momentos difíciles y me dio grandes conversaciones motivacionales.



AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar le agradezco a Dios por haberme dado las fuerzas y así concretar esta importante etapa de mi vida.

Agradecer a la empresa Coca-Cola Embonor S.A. por permitir y darme las facilidades para realizar mi trabajo de título, la colaboración de personal de producción, operarios de sala de caldera, personal de laboratorio de planta, personal de tratamiento de agua planta, personal de Sala de jarabe, etc.

A mi profesor guía Sr. Luis Cerda Miskulini, por todo el apoyo entregado, tiempo y consejos durante el transcurso de este trabajo, el cual no solo es un gran educador, más aun una gran persona.

A los mis compañeros de trabajo, Fernando Gallardo, Francisco Castillo, José Medel y Jonatan Quintana, por su ayuda prestada en todo este proceso y en forma desinteresada.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

INDICE.

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| CAPITULO I. INTRODUCCION..... | 2 |
| 1.1 Generalidades | 2 |
| 1.2 Origen del tema..... | 2 |
| 1.3 Objetivos. | 3 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 3 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| CAPITULO II. DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA CALDERA, PROCESO DE PRODUCCION DE VAPOR Y SUS FUENTES DE ALIMENTACION DE VAPOR..... | 4 |
| 2.1 Características caldera Coca Cola Embonor S.A..... | 4 |
| 2.2 Tipo y características del combustible utilizado..... | 5 |
| 2.2.1 Datos técnicos del aserrín..... | 5 |
| 2.3 Descripción de componentes caldera Coca Cola Embonor S.A..... | 6 |
| 2.4 Componentes sala caldera y funcionamiento. | 8 |
| 2.4.1 Acopio aserrín y llenado de sacos..... | 8 |
| 2.4.2 Tolva primaria y correa transportadora..... | 9 |
| 2.4.3 Tolva secundaria y tornillos sin fin..... | 10 |
| 2.4.4 Antehogar..... | 11 |
| 2.4.5 Caldera pirotubular de tres pasos..... | 12 |
| 2.4.6 Funcionamiento..... | 13 |
| 2.4.7 Ciclón retenedor de partículas y extracción de gases..... | 13 |
| 2.4.8 Bombas de alimentación de agua..... | 14 |
| 2.4.9 Acumulador retorno de condensado y alimentación agua caldera..... | 15 |
| 2.4.10 Tablero principal..... | 16 |
| 2.4.11 Tablero bombas de agua..... | 18 |
| 2.4.12 Estanque retenedor de purgas..... | 19 |
| 2.4.15 Tratamiento agua de caldera..... | 19 |
| 2.4.16 Acumulador de agua manual..... | 20 |



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

| | |
|---|-----------|
| 2.4.17 Acumuladores de agua K1, K2, K3. | 21 |
| 2.5 Otros componentes. | 22 |
| 2.5.1 Marcadores de nivel de agua en la caldera. | 22 |
| 2.5.2 Manómetros..... | 23 |
| 2.5.3 Válvulas de seguridad. | 24 |
| 2.5.4 Intercambiador de calor sala de azúcar..... | 25 |
| 2.5.5 Gasificador de CO ₂ | 27 |
| 2.6 Tratamiento de agua en caldera. | 29 |
| 2.6.1 Agua de alimentación. | 29 |
| 2.6.2 Agua de alimentación de la caldera. | 32 |
| CAPITULO III DETERMINACION DEL RENDIMIENTO TERMICO DE LA CALDERA..... | 33 |
| 3.1 Equipos que trabajan con vapor..... | 33 |
| 3.1.1 Lavadora de botellas de vidrio. | 33 |
| 3.1.2 Lavadora de botellas Ref-Pet. | 36 |
| 3.1.3 Gasificador de CO ₂ | 38 |
| 3.1.4 Intercambiador de calor sala de azúcar..... | 43 |
| 3.2.5 Descripción del aserrín..... | 47 |
| 3.3 Cálculo del rendimiento de la caldera. | 48 |
| CAPITULO IV COSTOS DE PRODUCCION DE VAPOR. | 56 |
| 4.1 Características. | 56 |
| 4.2 Funcionamiento área de producción. | 56 |
| 4.3 Requerimientos de vapor. | 56 |
| 4.4 Caldera Coca cola Embonor S.A. | 56 |
| 4.5 Situación problema..... | 58 |
| 4.6 Análisis y evaluación del aserrín..... | 58 |
| 4.7 Cálculos asociados al aserrín..... | 58 |
| 4.7.1 Datos técnicos del aserrín. | 58 |
| 4.7.2 Base de cálculo del aserrín..... | 59 |
| 4.7.3 Costos de mantención de la caldera..... | 62 |
| CAPITULO V ESTUDIO DE LOS DIFERENTES ENERGETICOS QUE PUEDEN REEMPLAZAR AL COMBUSTIBLE ACTUAL, SUS CARACTERISTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS..... | 64 |



| | |
|--|----|
| 5.1 Estudio de diferentes tipos de combustible. | 64 |
| 5.1.1 Bio – pellets | 64 |
| 5.1.2 Gas natural, petróleo y gas licuado. | 64 |
| 5.2 Cálculos asociados a los diferentes combustibles seleccionados. | 65 |
| 5.3 Comparación de combustibles en consumos. | 65 |
| 5.3.1 Características de los bio-pellets. | 65 |
| 5.3.2 Características del petróleo diesel. | 65 |
| 5.3.3 Características del gas natural. | 66 |
| 5.3.4 Características del gas licuado. | 66 |
| 5.4 Resultados esperables al cambio de combustible. | 68 |
| CAPITULO VI DECISIÓN Y ESTUDIO DE LAS ADECUACIONES NECESARIAS A LA CALDERA PARA OPERAR CON EL NUEVO COMBUSTIBLE Y SU SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO. | 69 |
| 6.1 Factibilidad técnica de cambio a Petróleo Diésel de caldera. | 69 |
| 6.2 Alternativa de conversión a Petróleo Diésel. | 69 |
| CONCLUSIONES. | 72 |
| BIBLIOGRAFIA. | 74 |
| ANEXO 1. Características caldera Coca Cola Embonor S.A. | 75 |
| ANEXO 2. Precio compra m ³ de aserrín. | 76 |
| ANEXO 3. Catálogo quemador Ecoflam. | 77 |
| ANEXO 4. Certificación caldera realizada por empresa Proterm. | 84 |

RESUMEN.

El presente trabajo se realiza en la empresa Embotelladora Coca-Cola Embonor S. A. Concepción, donde se tiene por objetivo principal el estudio de las condiciones de trabajo de la caldera, así como también los diferentes equipos de apoyo que intervienen en el proceso de producción de vapor, estudio de red de agua de planta y una posible factibilidad técnica y económica del cambio de combustible de aserrín a otro más conveniente.

De igual manera se estudian los diferentes equipos que trabajan con vapor en la planta, sus características y consumos.

Se realizan ensayos de poder calorífico al combustible y a la vez se aprecia la gran influencia de la humedad en el combustible y su efecto en la producción de vapor.

En lo que respecta al funcionamiento de la caldera se realiza el cálculo de su rendimiento por el método indirecto, basados en un estudio isocinetico de gases realizados por una empresa externa a la planta, dando por resultados rendimientos del orden del 70%, considerados muy buenos para el tipo de combustible utilizado, eso sí, llegando a disminuir a un 60% durante temporada de lluvias por la humedad del aserrín, ya que éste se trae directamente de las canchas de acopio de los aserraderos.

Además se realiza un análisis del combustible desde el punto de vista económico y una comparación con otros combustibles y diferenciar sus ventajas y desventajas en cada combustible



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

CAPITULO I. INTRODUCCION.

1.1 Generalidades

En las distintas empresas se utilizan energías renovables y no renovables para poder realizar gran producción, en desmedro del medio ambiente al cual afecta cada vez más en forma masiva a través de los años.

Como una de sus principales preocupaciones para la Compañía Coca Cola Embonor S.A Concepción, está el cuidado del medio ambiente. Constantemente se están buscando nuevos métodos de eficiencia energética y reducción de emisiones contaminantes en los diferentes procesos productivos, esto se aplica en el aserrín que es un desecho al cual se le da un buen uso que es la generación de vapor para el proceso productivo.

Este aserrín se ocupa para el funcionamiento de una caldera de media presión, la que genera vapor necesario para su producción, en sus distintos procesos de fabricación de bebidas. No obstante se estudia la operación de la caldera, equipos, el combustible utilizado y sus características, para elegir la mejor opción de cambio de combustible con sus ventajas y desventajas.

1.2 Origen del tema

La caldera actual de la empresa Coca Cola Embonor S.A. Concepción consume aserrín como combustible para producir vapor. Además la alimentación de éste se realiza en forma manual hacia la correa transportadora. En época de invierno el aserrín contiene una humedad muy alta, lo que incide en su bajo poder calorífico y por ende requiere una gran intervención del operador para alimentar con mayor cantidad de combustible y tratar de mantener la presión de la caldera en su valor de operación normal. En resumen no existe un sistema de control automático que mantenga la presión de la caldera en las condiciones requeridas.

Por lo cual se realizará un estudio de cambio de combustible para la caldera y las modificaciones necesarias para su adecuada combustión.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

- Análisis técnico económico de diferentes combustibles para alimentar la caldera de la empresa Coca Cola Embonor S.A.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Evaluación técnica y térmica de las condiciones actuales de funcionamiento de la caldera.
- Determinación de los consumos de vapor requeridos por los equipos.
- Estudio de los cambios estructurales y equipos para las nuevas condiciones de operación.
- Estudio de costos de inversión y operación para el nuevo combustible.

CAPITULO II. DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA CALDERA, PROCESO DE PRODUCCION DE VAPOR Y SUS FUENTES DE ALIMENTACION DE VAPOR.

2.1 Características caldera Coca Cola Embonor S.A.

- Propietario: Coca Cola Embonor S.A.
- Representante legal: Fernando Canessa Soto.
- Rut: 93.281.000-K.
- Dirección: Gran Bretaña 5690, Talcahuano.
- N° Registro S.S.: S.S. TALH-46.
- Año de fabricación: 1988.
- Fabricante: M. Rivera y Cía. Ltda.
- Sistema control de emisión: Ciclón.
- Tipo de combustible: Aserrín.
- Evacuación de gases: Ventilador inducido.
- Superficie de calefacción: 100 m².
- Presión máxima de trabajo: 100 psig.
- Presión media de trabajo: 85 psig.
- Producción de vapor: 2500 kg/h.
- Modelo: IGNEOTUBULAR– CAMARA SECA (3 Pasos).
- Consumo combustible: 750 kg/h aproximadamente.



2.2 Tipo y características del combustible utilizado.

2.2.1 Datos técnicos del aserrín.

- Tipo combustible: Sólido.
- Almacenamiento: Sacos de 20 kg y a granel.
- Humedad época seca: 30%.
- Humedad época húmeda: 40%.
- Humedad máxima alcanzada: 73%.
- Poder calorífico inferior época verano: 3.326 kcal/kg.
- Poder calorífico Inferior época invierno: 1.670 kcal/kg.
- Densidad combustible : 220 kg/m³.
- Proveedor actual del combustible: Sr. Luis Neira A.
- Eficiencia caldera con el combustible: 72,2% aproximadamente.

2.3 Descripción de componentes caldera Coca Cola Embonor S.A.

La caldera de la empresa es una caldera pirotubular de tres pasos, la cual es alimentada con aserrín (combustible sólido). El aserrín pasa por una tolva primaria la cual es un separador de basura (palos, clavos, piedras, etc.), después es impulsado a través de una cinta transportadora, la cual la lleva a la tolva secundaria donde es introducida al antehogar para ser combustionado.

La combustión pasa del antehogar a la caldera donde se produce el vapor, el cual es enviado a las maquinarias donde será ocupado. Esta caldera trabaja a 85 psig, el cual tiene un rango de 40 a 100 psig.

A continuación se dará una descripción secuencial del funcionamiento de la caldera a partir de sus componentes.

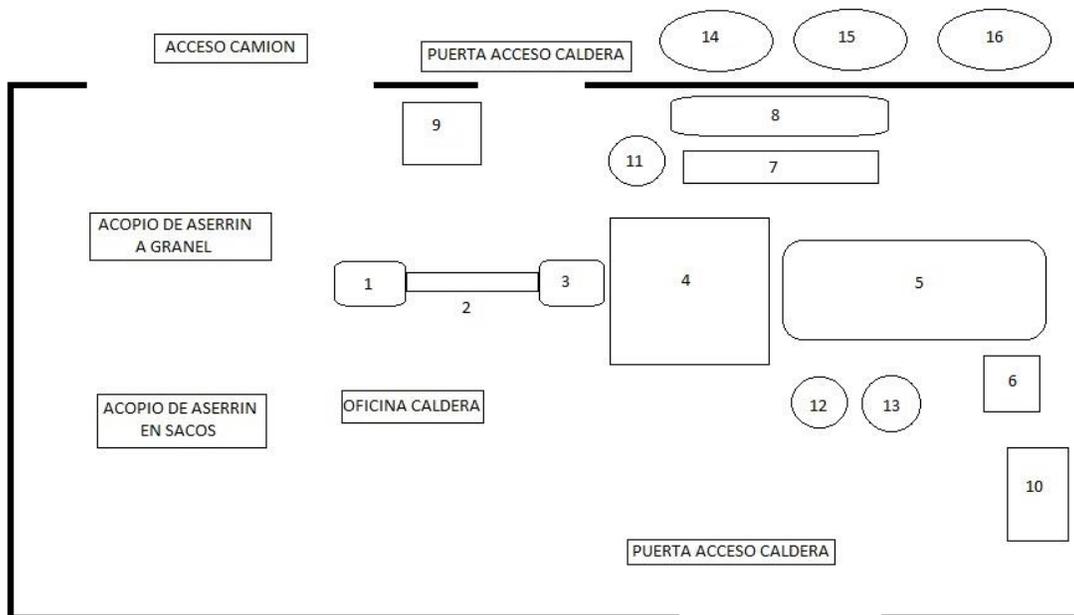


Figura 2.1 Esquema ubicación componentes sala de caldera.



Detalle dibujo.

1. Tolva primaria.
2. Cinta transportadora.
3. Tolva secundaria.
4. Antehogar.
5. Caldera pirotubular 3 pasos.
6. Ciclón retenedor de partículas.
7. Bombas de agua.
8. Acumulador retorno condensado.
9. Tablero principal.
10. Tablero bombas de agua.
11. Tratamiento agua caldera.
12. Estanque retenedor de purga.
13. Acumulador de agua manual.
14. Acumulador de agua K3, agua blanda.
15. Acumulador de agua K2, agua filtrada.
16. Acumulador de K1, agua potable.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

2.4 Componentes sala caldera y funcionamiento.

2.4.1 Acopio aserrín y llenado de sacos.

El aserrín a granel es traído por el proveedor, el cual tiene un lugar asignado para la descarga, este lugar tiene una capacidad aproximada de 550 m³. El aserrín a granel es llenado en sacos por una persona designada. Estos sacos pesan entre 20 a 25 kg, dependiendo de la humedad.



Figura 2.2 Acopio de aserrín.



Figura 2.3 Acumulación de aserrín en sacos.



2.4.2 Tolva primaria y correa transportadora.

Los sacos son vaciados en la tolva primaria específicamente en 1 (Fig.2.4), se accion su agitador y el aserrín cae en 2 (Fig. 2.4) hacia la cinta transportadora, las impurezas o desechos que trae el aserrín a granel (palos, piedras, clavos, etc.) quedan en 1 (Fig. 2.4) y estos son botados como desechos. El agitador tiene un interruptor a un costado de la tolva o se puede accionar desde el tablero principal. Esta tolva tiene una capacidad entre 10 y 12 sacos. Luego por la correa transportadora se traslada el aserrín limpio que sale de la tolva primaria, hacia la tolva secundaria.



Figura 2.4 Tolva primaria.



Figura 2.5 Correa transportadora.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

2.4.3 Tolva secundaria y tornillos sin fin.

El aserrín que llega a la tolva secundaria a través de la correa transportadora, tiene unas paletas dosificadoras, para que el aserrín caiga en los tornillos sin fin, los cuales desplazan el aserrín hacia el antehogar. Este sistema puede ser accionado en forma manual o automática. Cuando éste funciona en forma automática, desde el tablero principal se programa cada descarga a 8 o 10 minutos dependiendo de la suciedad y la humedad, cuando se llena la tolva primaria la automatización alcanza para 2 descargas. Esta descarga automática se programa hasta que la caldera llegue a su presión de trabajo de 85 psig.



Figura 2.6 Paletas dosificadoras.



Figura 2.7 Tornillos sin fin.



2.4.4 Antehogar.

En el antehogar se encuentran parrillas dispuestas a modo de graderías (1) (Fig. 2.8) para que el aserrín (combustible) comience a descender en forma escalonada hasta llegar a unas parrillas horizontales donde termina de combustionarse.

En la parrilla inferior (2) (Fig. 2.8), entra el aire para la combustión del combustible, en la parte lateral se encuentra una pequeña puerta donde introducen la viruta cuando el aserrín está húmedo en época de invierno y es dificultoso levantar presión en la caldera.

Las parrillas del antehogar son de acero fundido y la separación de cada parrilla es de 5 mm aproximadamente, éstas se cambian cuando están desgastadas por efecto del calor y el manto del antehogar está compuesto por ladrillos refractarios, para conservar el calor que se produce en la combustión y el exterior está recubierto por latón.



Figura 2.8 Antehogar.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

2.4.5 Caldera pirotubular de tres pasos.

La caldera que posee la empresa Coca cola Embonor S.A, es una caldera de media presión que funciona a presiones comprendidas entre 2,5 y 10 kg/cm², de las siguientes características:

- Tipo caldera: Escocesa 3 pasos.
- Fabricación: 1988.
- Superficie calefacción: 100 m².
- Presión trabajo: 100 lb/pulg².
- Presión prueba: 150 lb/pulg².
- Fogón: PLA-42-27ES de 14 mm, 674 diámetro interior X 4998mm.
- Manto: PLA42-27ES-12mm espesor.
- Placas: PLA 42-27ES de 20mm espesor.
- Tubos: Tipo mannesman de 3" diámetro X 4750mm, 2do paso 44 tubos, 3er paso 40 tubos.



Figura 2.9 Caldera pirotubular.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

2.4.6 Funcionamiento.

Los gases calientes generados en el antehogar entran a la caldera por el tubo principal de diámetro de 3", chocando en la pared trasera (1er paso) y devolviéndose hasta llegar a la pared delantera para entrar por los 44 tubos ubicados en la parte inferior de la caldera hasta chocar en la pared trasera de la caldera (2do paso) y volver para entrar por la parte delantera en los tubos ubicados en la parte lateral, que son 44 tubos (3er paso), llegando a la cámara trasera para ser evacuados los gases por la chimenea. Su nivel de llenado de agua es aproximadamente al 80%, con la finalidad de dejar cubiertos los tubos de gases del tercer paso. (Características caldera ver en Anexo 1)



Figura 2.10 Zona de radiación y convección (tubos)

2.4.7 Ciclón retenedor de partículas y extracción de gases.

El ciclón tiene por finalidad retener las partículas que deja el combustible sólido, además disminuye la velocidad al polvillo de aserrín para que éste no salga al ambiente y sea llevado hacia un recolector. Después que se realiza la extracción del material particulado, se lleva un control de los residuos al término de cada turno (8 horas).



El ventilador que extrae los gases de combustión es de tipo inducido, este crea una diferencia de presión entre el antehogar y el exterior de la chimenea, dando origen a la expulsión de los gases.



Figura 2.11 Ciclón retenedor de partículas.

2.4.8 Bombas de alimentación de agua.

La caldera se alimenta de agua líquida por 2 bombas independientes entre ellas, son alimentadas desde un estanque en que un porcentaje es de retorno de condensado y otro porcentaje, es del estanque de agua blanda para mantener su nivel. No todos los equipos tienen retorno de condensados, otros solo tienen una purga al ambiente. Para el funcionamiento de las bombas se posee un indicador de nivel, que cada vez que el nivel de agua de la caldera baje, éste activa una bomba en forma automática, el cual también puede ser de forma manual. Si una bomba no funcionara, automáticamente funciona la otra.



Figura 2.12 Bombas alimentación de agua.

2.4.9 Acumulador retorno de condensado y alimentación agua caldera.

El agua de alimentación de la caldera es almacenada en un estanque de acero inoxidable, que está dispuesto a un lado de la caldera sobre las bombas de alimentación a una distancia aproximada de 3 m del suelo. Tiene un flotador el cual cuando pasa un nivel mínimo éste es repuesto por agua blanda. Este estanque posee un marcador tipo tubo de nivel.

La mayor parte del agua del estanque es retorno de condensado, que provienen de las lavadoras de las líneas de producción las cuales poseen intercambiadores de calor, cuando el nivel de condensado no es suficiente para el estanque, se usa una línea de agua blanda para dar el nivel correspondiente.



Figura 2.13 Acumulador de retorno de condensado.

2.4.10 Tablero principal.

En este tablero se controla la presión de trabajo de la caldera, tiene un control de presión digital, donde se puede programar la presión de trabajo ya sea la mínima y máxima con la que se requiere trabajar. La caldera trabaja a una presión de 85 psig. Esta se programa a 85 psig, que cuando baja la presión a 40 psig se acciona la alimentación de agua de la caldera, y cuando llegue a 100 psig (como máximo) se corta la alimentación de agua de la caldera. La activación y desactivación de la alimentación de agua a la caldera la componen: tolva primaria, cinta transportadora, tolva secundaria, ciclón y ventilador. Otro parámetro que se puede fijar es la alimentación de aserrín, se programa con 2 min de alimentación y 10 min de descanso, esto se regula de acuerdo a la presión de vapor que genera la caldera.



Figura 2.14 Tablero principal.

Detalle tablero:

1. Control tablero automático o principal.
2. Controlador de presión digital.
3. Alarma alta presión.
4. Encendido o apagado tablero.
5. Accionamiento ventilador.
6. Tornillos dosificadores.
7. Correa elevadora.
8. Vibrador tolva primaria.
9. Control secundario tablero.
10. Parada de emergencia.



2.4.11 Tablero bombas de agua.

El tablero de las bombas de agua tiene varias funciones, las dos bombas son independientes entre sí, éste es un sistema de seguridad, ya que cuando falla una se puede accionar la otra. Se pueden activar en forma manual sin tener producción y así realizar la prueba hidráulica de la caldera.



Figura 2.15 Tablero bombas de agua.

Detalle tablero:

1. Interruptor general.
2. Interruptor bomba N°1.
3. Interruptor bomba N°2.
4. Interruptor alarma bajo nivel.
5. Luz alarma bajo nivel.
6. Accionamiento manual bomba N°1.
7. Selector bomba N°1 o N°2.



2.4.12 Estanque retenedor de purgas.

Existe una válvula de purga que se acciona en forma manual (1), que se ubica en el fondo de la caldera, esta purga los lodos que se acumulan ahí, esta purga llega al estanque retenedor (2), entra por su parte superior y cae por gravedad a través de éste. En el estanque quedan atrapados los lodos, el vapor sale por una chimenea ubicada en la parte superior del estanque (3), y por una cañería que se encuentra en su parte media se purga el agua que queda en el estanque (4) hacia la atmósfera.



Figura 2.16 Estanque acumulador de purgas.

2.4.15 Tratamiento agua de caldera.

Es un estanque que contiene 20 l de agua blanda que es enviada desde la planta de tratamiento de agua de la empresa, a éste se le suministra: Boropres (200 g), Descal (60 g), Neutralin (1 l), Soda (200 cc), esto se hace una vez por turno de 8 horas y se inyecta automáticamente a través de las bombas dosificadoras que se unen a la línea de alimentación de las bombas a la caldera, El proceso se demora aproximadamente 4 horas.



Figura 2.17 Estanque tratamiento de agua para la caldera.

2.4.16 Acumulador de agua manual.

Este estanque se alimenta de agua blanda, que es administrada desde la planta de agua. Cuando se corta la energía eléctrica y no pueden actuar las bombas se le inyecta agua a la caldera de forma manual, a través de un inyector.

Como se puede apreciar en la Figura 2.18, se abre la válvula de vapor (1) y la válvula de agua (2), en donde se produce un efecto de succión o venturi, el cual le permite al agua que se encuentra en el estanque llegar a la caldera a través de la cañería (3).



Figura 2.18 Acumulador de agua manual.

2.4.17 Acumuladores de agua K1, K2, K3.

Estos estanques se encuentran fuera de la sala de caldera en el exterior de la empresa, estos estanques tienen una capacidad de 80.000 m³ cada uno, son denominados como K1, K2, K3. El estanque K1 es de agua potable (Coca cola), K2 es de agua tratada (Sprite) y el K3 es de agua blanda (Fanta). Estas aguas contenidas en los estanques abastecen la empresa en su proceso productivo.



Figura 2.19 Estanques de agua.

2.5 Otros componentes.

2.5.1 Marcadores de nivel de agua en la caldera.

La caldera tiene un tubo de nivel de vidrio, el cual posee tres llaves para pruebas manuales y una llave de purga para verificar el funcionamiento normal de la caldera. El tubo nivel de vidrio está marcado con el nivel mínimo y máximo con la que la caldera debe trabajar, se puede leer a través de un marcador de mercurio en el tubo, cuando llega a un nivel mínimo hay una alarma sonora ubicada en el tablero de bombas de alimentación, estas van conectadas a dos McDonnell que son independientes entre ellos, en donde actúan las bombas para alimentar la caldera.



Figura 2.20 Marcadores de nivel.

2.5.2 Manómetros.

La caldera posee un manómetro principal, que se encuentra en la parte superior, el cual esta graduado a 250 psi, pero la presión máxima de trabajo es de 100 psi. Se encuentra dentro del margen establecido por el reglamento de caldera, ya que la presión máxima se encuentra dentro del tercio central de la escala.



Figura 2.21 Manómetro principal.



2.5.3 Válvulas de seguridad.

La caldera posee 2 válvulas de seguridad, que se abren cuando excede en un 6 % la presión máxima de trabajo en el interior de la caldera. Posee 2 válvulas en caso de que fallara una y éstas pueden ser accionadas en forma manual. Con estas válvulas se hacen pruebas manuales una vez por turno, son accionadas para botar el condensado que se acumula, y se dejan de accionar hasta que evacuan solo vapor para que no se agripen.



Figura 2.22 Válvulas de seguridad.

Especificaciones técnicas:

- Marca: Kunkle (USA)
- Particularidad: Con asiento y disco de bronce 100 psig
- Diámetro: 2½"
- Evacuación: 3.450 kg /h vapor



2.5.4 Intercambiador de calor sala de azúcar.

El intercambiador de calor se ubica en la sala de azúcar, y se utiliza para poder diluir la azúcar que se encuentran en los silos, este proceso sirve para el jarabe con que se fabrica la bebida. Es tipo carcaza y tubos.



Figura 2.23 Intercambiador de calor.

Utiliza agua tratada, esto quiere decir que se eliminan las partículas de metales pesados perjudiciales para la salud, tales como cadmio, plomo, zinc y cobre. También elimina partículas y sustancias extrañas indeseadas, como calcio y cloro, que están disueltas en el agua. A esto se le llama agua pura químicamente. Esta agua entra al intercambiador a una temperatura entre 22°C a 24°C.

El vapor de la caldera entra por los tubos a 150°C aproximadamente, la temperatura es controlada a la salida del intercambiador por una válvula

termostática, cuando el vapor pasa por los tubos, la carcasa está inundada por el agua tratada y ésta sale a temperatura que va desde los 80°C a 85°C para así ser enviada hacia los dilutores de azúcar.

Por la parte inferior del intercambiador existe una trampa de condensado el cual es botado a piso, no se reutiliza en la caldera ya que no es un proceso continuo. La trampa se purga antes y después de utilizar el intercambiador.

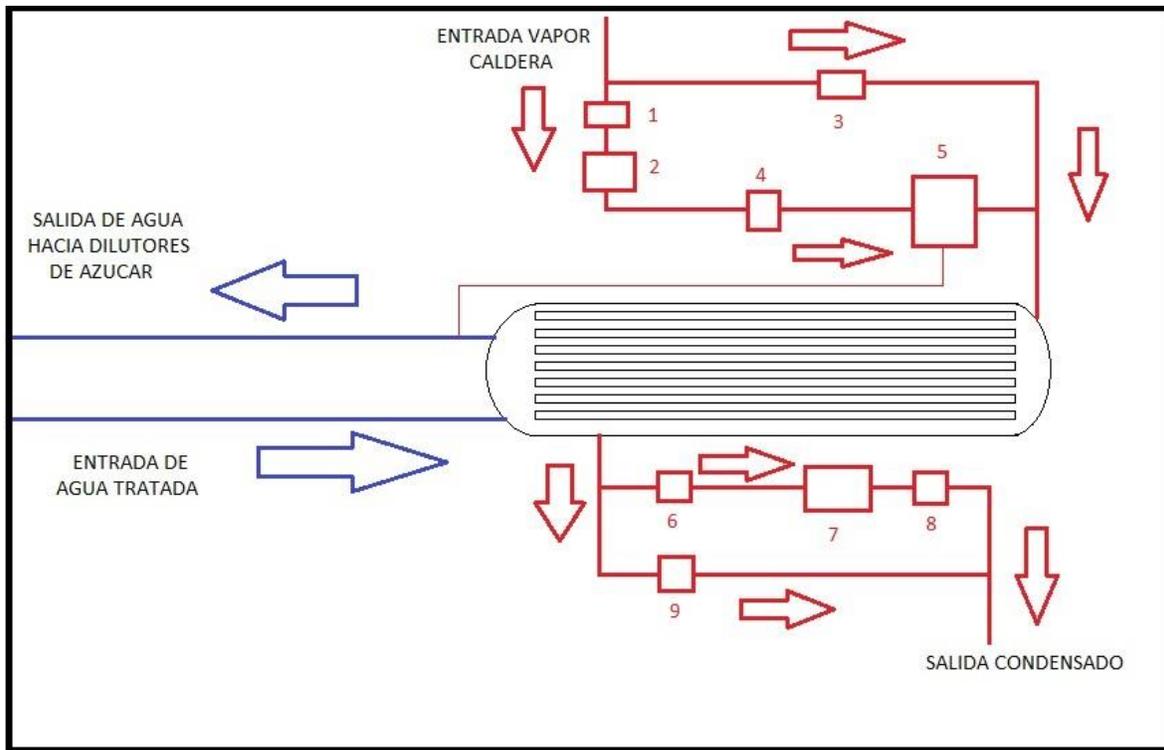


Figura 2.24 Esquema de flujo intercambiador de calor.

Detalle de dibujo.

1. Llave de paso.
2. Filtro.
3. Llave de paso.
4. Manómetro.
5. Termostática.
6. Llave de paso.



7. Trampa de condensado.
8. Llave de paso.
9. Llave de paso.

2.5.5 Gasificador de CO₂.

La función principal del Gasificador de CO₂, como bien dice su nombre convierte el CO₂ líquido a gas para el embotellamiento de la bebida, este proceso se realiza calentando el agua que hay dentro del gasificador con vapor de la caldera, donde el CO₂ pasa a través de un serpentín. El CO₂ es el encargado de dar lo chispeante a la bebida. El CO₂ es almacenado en un estanque a -20°C.



Figura 2.25 Gasificador de CO₂.

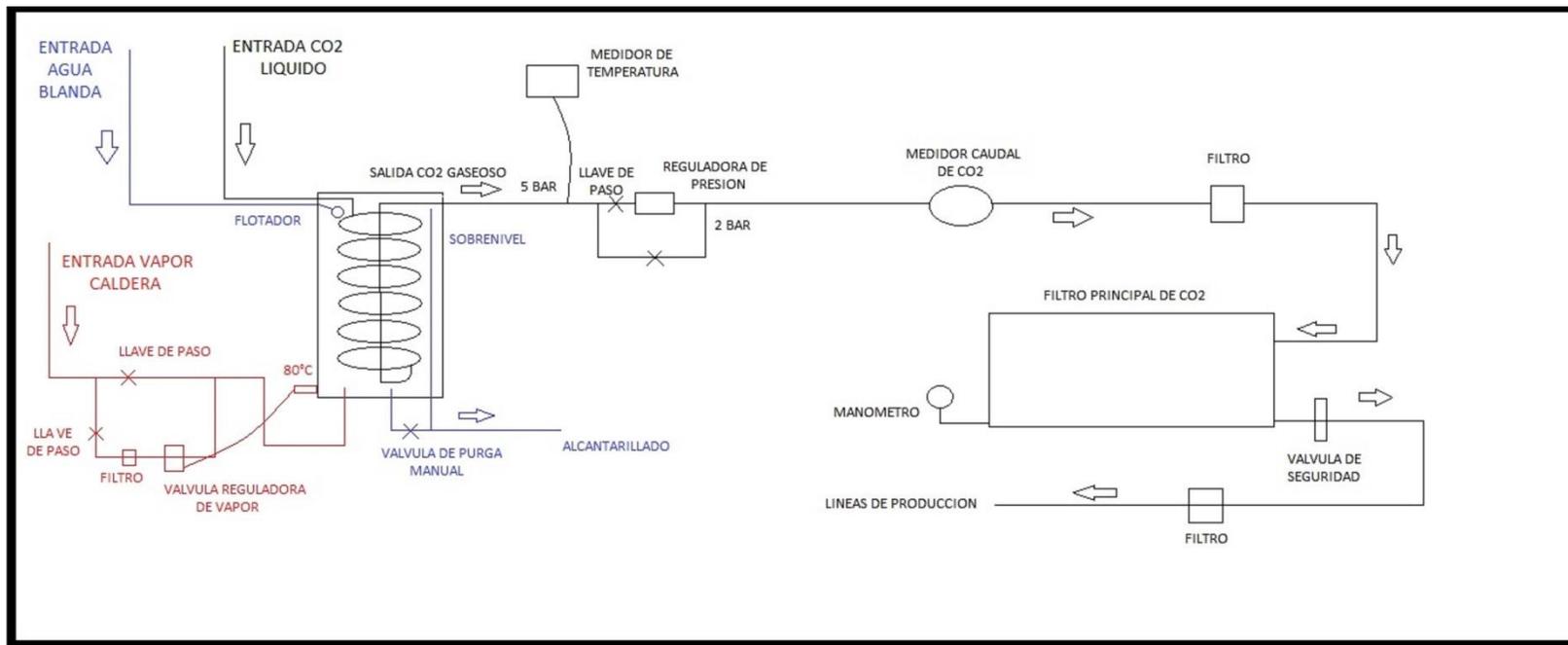


Figura 2.26 Esquema de flujo gasificador de CO₂.

2.6 Tratamiento de agua en caldera.

2.6.1 Agua de alimentación.

La vida útil y rendimiento de las calderas se puede ver desfavorecida si el agua que se utiliza no es debidamente tratada, ya que un agua no tratada produce incrustaciones debido a los minerales que posee. Estas incrustaciones disminuyen su rendimiento y producen recalentamiento de los tubos.

La limpieza de las calderas se realiza de acuerdo al periodo de trabajo que estas pueden tener, si se efectúa una limpieza se logra una mejor superficie de calefacción, un ahorro de combustible y se reducen las mantenciones.

El agua natural contiene impurezas como las sales de calcio y de magnesio, estas son nocivas para las calderas que trabajan con vapor. La cantidad de sales de Ca y Mg, recibe el nombre de dureza del agua, y se expresa en ppm de CaCO_3 .

Las durezas del agua pueden ser dos tipos:

La dureza temporal, se produce a partir de la disolución de carbonatos en forma de hidrógenocarbonatos (bicarbonatos) y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

La dureza permanente, esta dureza no puede ser eliminada al hervir el agua, la causa más corriente es la presencia de sulfatos y/o cloruros de calcio y de magnesio en el agua, sales que son más solubles según sube la temperatura, hasta cierta temperatura, luego la solubilidad disminuye conforme aumenta la temperatura.

La eliminación de las durezas se denomina ablandamiento de aguas.

La dureza puede ser eliminada utilizando el carbonato de sodio (o de potasio) y cal. Estas sustancias causan la precipitación del Ca como carbonato y del Mg como hidróxido.

El agua que se utiliza en la empresa es agua potable, pero a esta se le realizan diferentes tipos de tratamientos para dejarla en 2 diferentes tipos de aguas como es el agua blanda que sirve para la caldera y el agua tratada que se ocupa en las líneas de producción. A continuación se describirá los procesos de estos tipos de tratamiento.

Tratamiento de agua tratada.

El agua potable que llega a la empresa es almacenada en el estanque K1 (Fig. 2.27), y mediante bombas es impulsada hasta un estanque decantador que contiene sulfato ferroso, cal y cloro (7ppm), donde las partículas sólidas se decantan, luego ésta es enviada al estanque K2 para ser almacenada.

Cuando se necesita ocupar agua en las líneas de embotellado, primero el agua que fue almacenada en el estanque K2 es extraída hacia la planta de agua por bombas para pasar por un filtro de carbón en cual retira el cloro que quedó en el proceso anterior, a continuación pasa por un filtro pulidor, el cual hace que ninguna impureza o algún trozo de carbón pequeño haya quedado del filtro anterior. Ahora el agua queda lista para enviarla a las líneas de embotellamiento. A esta agua se le denomina agua tratada.

Tratamiento de agua blanda.

El agua potable que es ubicada en el K1 es enviada por bombas hacia un filtro de arena, a continuación pasa por ablandadores de agua de resina sintética, luego se le aplica cloro (3 ppm) (esto se hace para evitar la contaminación del agua por aparición natural de microorganismos) para finalmente ser impulsada por bombas al estanque K3.

Antes de ser ocupada en las lavadoras y como agua de alimentación en la caldera, es extraída del K3 para ser pasada por un filtro pulidor, para extraer cualquier impureza que pueda traer. A esta agua se le denomina agua blanda.

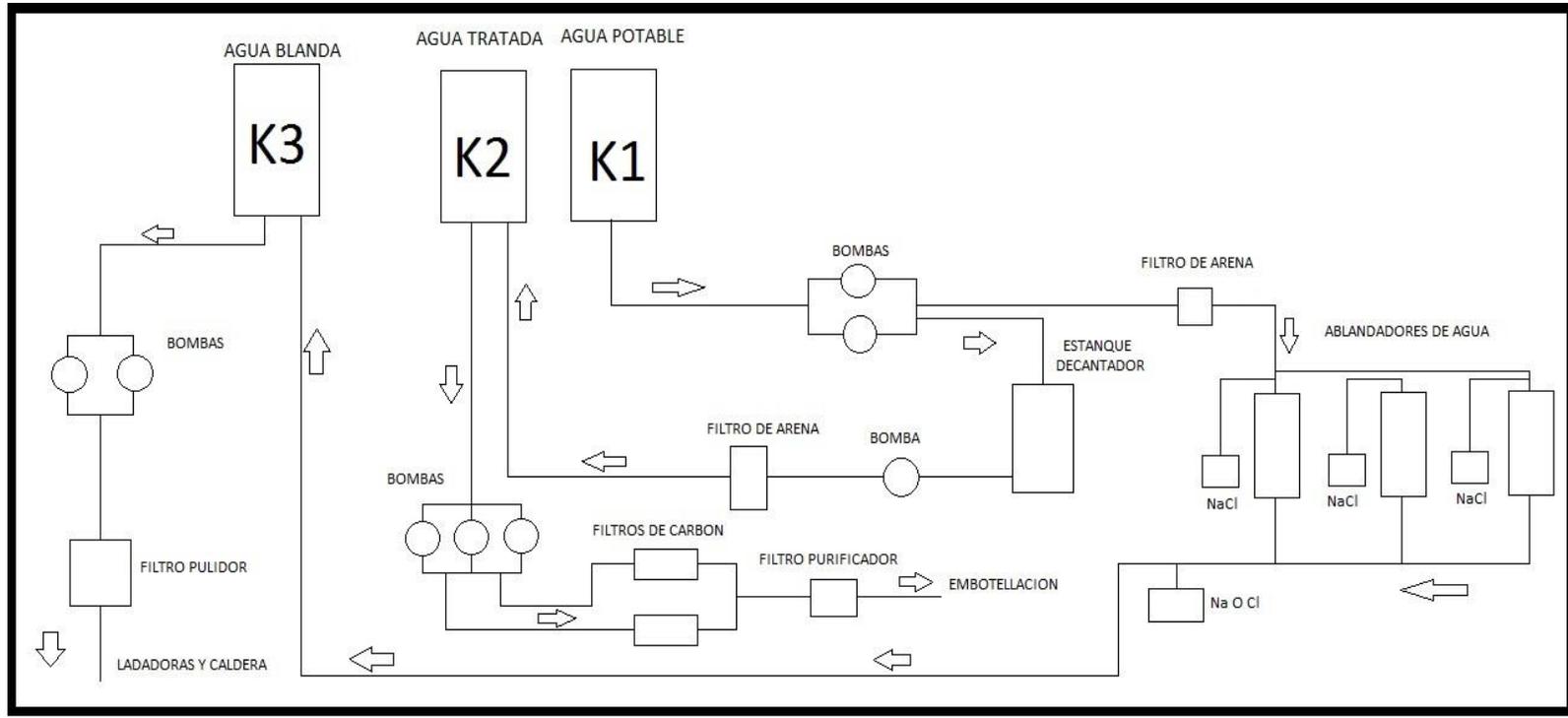


Figura 2.27 Esquema de flujo funcionamiento sala tratamiento de agua.

2.6.2 Agua de alimentación de la caldera.

Después de cada purga de lodos que quedan en el fondo de la caldera y pasa por el filtro separador, se saca una muestra de agua utilizada en la caldera. Esto se realiza en cada turno de 8 horas.

La función principal es verificar si el proceso no ha sido contaminado con minerales, y verificar que no se incrusten a las paredes de la caldera. De esta manera la caldera operará en buenas condiciones de trabajo.

CAPITULO III DETERMINACION DEL RENDIMIENTO TERMICO DE LA CALDERA.

3.1 Equipos que trabajan con vapor.

Los equipos que trabajan con vapor son los siguientes:

- Lavadora de botellas de vidrio y ref-pet.
- Gasificador de CO₂.
- Intercambiador de calor sala de azúcar.

Se realizaron mediciones de temperatura en los equipos mencionados en las entradas y salidas, para poder determinar cuánto vapor consumen, y esto se hará del cálculo del flujo másico (\dot{m}).

3.1.1 Lavadora de botellas de vidrio.

Este equipo lava y sanitiza los envases de vidrio, Esto es posible ya que los envases son lavados en una solución de soda cáustica (50%) de 2.5 a 3 % de soluto, es decir respecto al total de capacidad del estanque en que está disuelto.

Por tratarse de vidrio, es posible trabajar la solución con una temperatura que comprende entre 60 y 65°C.

Está dotada de cuatro estanques para el lavado de los envases, donde sólo en los primeros está presente una solución de soda cáustica. El estanque N°1 tiene una capacidad de 21.700 litros y el estanque N°2 de 40.500 litros, los tanque tres y cuatro son para el enjuague de la solución cáustica antes del llenado, de capacidad de 40.000 y 8.500 litros respectivamente. Según el fabricante, la lavadora tiene un consumo de 13.620 litros de agua por hora

Consta de dos intercambiadores de calor, uno por estanque. Estos se encuentran en el interior de los estanques N°1 y N°2, están dispuestos en forma transversal en la parte central de cada estanque. Son alimentados por una línea de vapor para realizar el intercambio de calor con la solución cáustica para mantener una



temperatura óptima de trabajo. El fluido de los estanques es impulsado por medio de motobombas creando así una circulación constante.

En el objetivo de determinar la cantidad de vapor que consume el equipo se obtuvieron los siguientes datos que se indican en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Temperatura en lavadora de vidrio.

| | |
|---------------------------|--------|
| LAVADORA N°1 | |
| T° Entrada de vapor | 120 °C |
| T° Retorno de condensado | 75°C |
| INTERCAMBIADOR N°1 | |
| T° Entrada | 105 °C |
| T° Salida | 80 °C |
| INTERCAMBIADOR N°2 | |
| T° Entrada | 78 °C |
| T° Salida | 77 °C |

Estas temperaturas fueron obtenidas desde los termómetros bimetálicos ubicados en cada equipo.

Las medidas de la cañería son las siguientes:

- Diámetro exterior de la cañería: 75 mm
- Diámetro interior de la cañería: 63 mm

Para determinar el flujo másico que este equipo utiliza, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot v \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Dónde:

\dot{m} , es el flujo másico [kg/h].

ρ , es la densidad del fluido [kg/m³].

A, es el área de la cañería [m²].

v, es la velocidad del fluido [m/s].



Según la tabla de líquidos saturados la densidad a la temperatura de 75 °C (384,15 K) es:

$$\rho: 974,68 \text{ [kg/m}^3\text{]}.$$

Cálculo de área:

El diámetro interior de la cañería es de 63 mm, el cual se reemplazará en la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \text{ [m}^2\text{]} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

$$A = 3,117 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^2\text{]}$$

Para determinar la velocidad del fluido, el valor obtenido a través del instrumento utilizado fue:

$$v: 0,15 \text{ [m/s]}$$

Luego se obtiene el flujo másico de la Ec. 3.1:

$$\dot{m} = 974,68 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 3,117 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^2\text{]} \cdot 0,15 \text{ [m/s]}$$

$$\dot{m} = 0,4557 \text{ [kg/s]} \cdot \frac{3600s}{1h}$$

$$\dot{m} = 1640 \text{ [kg/h]}$$

Este valor es la cantidad de vapor que consume este equipo.

3.1.2 Lavadora de botellas Ref-Pet.

Este equipo lava o sanitiza los envases retornables (Ref-Pet) para su posterior llenado de bebida. Esto es posible ya que los envases son lavados en una solución de soda cáustica (50%) de 2.5 a 3 % de soluto, respecto al total de la capacidad del estanque en que está disuelto.

Debido a las características del envase, ésta tiene que mantener una temperatura de trabajo de 58°C con variaciones máximas en los estanques de $\pm 1^{\circ}\text{C}$

Equipo compuesto por dos sistemas independientes, uno exclusivo para el primer estanque de la lavadora y el otro del estanque N°2. El estanque N°1 tiene una capacidad de 15000 litros y el estanque N°2 de 28.000 litros. También se cuenta con un pre enjuague, antes de entrar al estanque N°1. Los estanques 3 y 4 tienen una capacidad de 9.100 y 5.400 litros respectivamente

Posee intercambiador de calor de tubos y coraza con gran área de pasaje por los tubos. La función es calentar la solución cáustica de los tanques de esta lavadora, por medio de un sistema de circulación del fluido. Dispone de una cámara inferior para la decantación de la solución. Su limpieza puede hacerse por la parte inferior, sin necesidad de desmontar.

Esta lavadora consta de 2 intercambiadores de calor, los cuales se encuentran en su parte superior.



Con el objetivo de determinar la cantidad de vapor que consume el equipo se obtuvieron los siguientes datos que se indican en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Temperaturas lavadora Ref-Pet.

| | |
|---------------------------|--------|
| LAVADORA N°2 | |
| T° Entrada de vapor | 140 °C |
| T° Retorno de condensado | 60°C |
| INTERCAMBIADOR N°1 | |
| T° Entrada | 120 °C |
| T° Salida | 70 °C |
| INTERCAMBIADOR N°2 | |
| T° Entrada | 110 °C |
| T° Salida | 70 °C |

Estas temperaturas fueron obtenidas desde los termómetros bimetálicos ubicados en cada equipo.

Las medidas de la cañería son las siguientes:

- Diámetro exterior de la cañería: 34 mm
- Diámetro interior de la cañería: 25 mm

Para determinar el flujo másico de vapor, se utiliza la Ec.3.1

Según la tabla de líquidos saturados la densidad a la temperatura de 60 °C es:

$$\rho: 983,13 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

El cálculo de área:

El diámetro interior de la cañería es de 25 mm, valor que se reemplazará en la Ec. 3.2:

$$A= 4,908 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}$$

La velocidad fue obtenida por registros anteriores:

$$v: 0,11 \text{ [m/s]}$$

Luego con todos estos datos se puede obtener el flujo másico de la Ec.3.1:

$$\dot{m} = 983,13 \text{ [kg/m}^3] \cdot 4,908 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2] \cdot 0,11 \text{ [m/s]}$$

$$\dot{m} = 0,0530 \text{ [kg/s]} \cdot \frac{3600s}{1h}$$

$$\dot{m} = 190 \text{ [kg/h].}$$

3.1.3 Gasificador de CO₂.

Como ya se explicó en el capítulo anterior (2.5.5) Fig. 2.26 (Pag.28), el proceso consiste en subir la temperatura al CO₂ y poder entregarle lo chispeante a la bebida. Para ello el CO₂ circula por un serpentín y es calentado en un baño de agua caliente. Al gasificador entra agua (blanda) fría y es calentado con una determinada cantidad de vapor de agua

Los datos obtenidos, Tabla 3.3, fueron obtenidos en los medidores de temperatura que están integrados en el sistema.

Tabla 3.3 Temperaturas gasificador de CO₂

| GASIFICADOR CO₂ | |
|-----------------------------------|---------------------|
| T° Entrada de vapor | 100 °C |
| T° Salida agua condensado | 40 °C |
| Entrada de CO ₂ | -8 °C |
| Salida de CO ₂ | 47 °C a 350 psig |
| | 40 °C a 270 psig |
| T° Entrada agua de alimentación | 19 °C |

Las medidas de la cañería del sistema son las siguientes:

- Diámetro interior de la cañería: 2"



Para determinar el flujo volumétrico se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = v \cdot A \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Donde;

Q, es el flujo volumétrico [m^3/s]

v, velocidad del fluido [m/s]

A, es el área por donde pasa el fluido [m^2]

La velocidad del fluido que pasa por la cañería de evacuación del agua caliente del gasificador es de:

v: 0.6 [m/s]

Para el área de la cañería de $1\frac{1}{4}$ " (31,75 mm), y calcular el área se reemplazara en la Ec.3.2.

$$A = 7,9173 \cdot 10^{-4} [m^2]$$

Entonces el caudal de acuerdo a la Ec. 3.3, es:

$$Q = 0.6 [m/s] \cdot 7,9173 \cdot 10^{-4} [m^2]$$

$$Q = 4,75 \cdot 10^{-4} [m^3/s]$$

Luego se utiliza la siguiente ecuación, para calcular el flujo másico:

$$\dot{m} = Q \cdot \rho \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde;

\dot{m} , es el flujo másico [kg/h].

Q, es el flujo volumétrico [m^3/s]

ρ , es la densidad del fluido [kg/m^3].



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

El flujo volumétrico calculado anteriormente fue de:

$$Q = 4,75 \cdot 10^{-4} [m^3/s]$$

Según la tabla de líquidos saturados, la densidad a la temperatura de 55 °C es:

$$\rho: 985,65 [kg/m^3]$$

Ahora se reemplazará los valores en la Ec.3.4:

$$\dot{m} = 4,75 \cdot 10^{-4} [m^3/s] \cdot 985,65 [kg/m^3]$$

$$\dot{m} = 0,468 [kg/s] \cdot \frac{3600s}{1 h}$$

$$\dot{m} = 1685,59 [kg/h]$$

El resultado representa la cantidad de agua líquida subenfriada que circula a la salida del gasificador y que fue el resultado de una mezcla de vapor más agua líquida externa, por eso se determinará cuánto de esto corresponde a masa de vapor y cuanto a masa líquida de entrada.



Figura 3.1 Esquema del proceso del gasificador.

Se utilizará las siguientes ecuaciones:

Balances de masas:

$$\dot{m}_t = \dot{m}_l + \dot{m}_v \quad (\text{Ec.3.5})$$

Donde;

\dot{m}_t , es la masa total [kg/h]

\dot{m}_l , es la masa líquida [kg/h]

\dot{m}_v , es la masa de vapor [kg/h]

La suma de energías que entran es igual a la suma de energías que salen.

Balance de energías:

$$\dot{m}t \cdot h_{ls} = \dot{m}l \cdot h_l + \dot{m}v \cdot h_v \quad (\text{Ec.3.6})$$

Donde;

h_{ls} , es la entalpía del líquido subenfriado a la salida.

h_l , es la entalpía del líquido subenfriado a la entrada.

h_v , es la entalpía del vapor inyectado.

De las ecuaciones 3.5 y 3.6, se obtiene la siguiente ecuación:

$$(\dot{m}t - \dot{m}v) \cdot h_l + \dot{m}v \cdot h_v = \dot{m}t \cdot h_{ls} \quad (\text{Ec.3.7})$$

El vapor que entra es alimentado directamente del vapor que sale desde la caldera y antes de entrar al gasificador, no existe manómetro en la línea para saber a qué presión está saliendo el vapor, se estima en un rango medio de la variación de entalpía que es mínima:

$$h_v = 640 \text{ [kcal/kg]}$$

Entonces ahora en la Ec.3.7, se reemplazará los siguientes valores:

$$\dot{m}t = 1685,59 \text{ [kg/h]}$$

$$h_v = 640 \text{ [kcal/kg]}$$

$$h_l = 18 \text{ [kcal/kg]}, \text{ A una temperatura de } 291^\circ\text{K}$$

$$h_{ls} = 42 \text{ [kcal/kg]}, \text{ a una temperatura de } 315^\circ\text{K}$$

Despejando $\dot{m}v$ de la ecuación se obtiene:

$$\dot{m}v = 61 \text{ [kg/h]}$$

Este valor muestra cuanto flujo másico de vapor es del total que ocupa el gasificador en su funcionamiento.

Ahora se reemplazará estos valores en la Ec.3.5, de balance de masas, y se podrá obtener cuanta masa líquida corresponde del total del flujo másico.

$$\dot{m}_l = 1685,59 \text{ [kg/h]} - 61,48 \text{ [kg/h]}$$

$$\dot{m}_l = 1624,11 \text{ [kg/h]}$$

El resultado obtenido se refiere a la masa líquida utilizada en el funcionamiento del equipo.

3.1.4 Intercambiador de calor sala de azúcar.

Se utiliza para poder diluir la azúcar que se encuentran en los silos. (Pag.25)

Estos fueron los siguientes datos obtenidos de las mediciones realizadas en el intercambiador de calor:

Tabla 3.3 Temperaturas en intercambiador de calor.

| INTERCAMBIADOR DE CALOR SALA DE AZUCAR | |
|---|--------|
| T° Entrada vapor | 150 °C |
| T° Salida agua de condensado | 70 °C |
| T° Agua entrada al intercambiador | 23 °C |
| T° Agua salida del intercambiador | 80 °C |

No hay catálogos del intercambiador de calor para verificar el cálculo del consumo de vapor, por lo tanto se realizará un cálculo teórico del consumo de este equipo.

Ya que no posee medidores de velocidad, no se puede obtener valores exactos, la zona a medir a la salida del intercambiador, se estimará una velocidad del fluido de 0,4 [m/s]

El agua que circula por las cañerías es un líquido subenfriado, siendo posible determinar su densidad por tabla de líquidos subenfriados.

Para calcular la \dot{m}_v , primero se calculará la \dot{m}_{agua} , y está dada por la siguiente fórmula:

$$\dot{m}_{agua} = V \cdot \rho \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (\text{Ec.3.8})$$

Como es agua tratada, y es una agua limpia, se utilizará una $\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

Y para calcular V, se utilizará la siguiente fórmula:

$$V = v \cdot A \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (\text{Ec.3.9})$$

Donde;

v, es la velocidad del fluido [m/s], y es de 0,4 [m/s]

A, es el área de la cañería [m²], la cual mide 2" (50,8 mm) de diámetro.

El área está dada por la Ec.3.2 y se obtiene:

$$A = 2,026 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^2\text{]}$$

Entonces V, será dada por la Ec.3.9:

$$V = 0,4 \text{ [m/s]} \cdot 2,026 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$V = 8,107 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Entonces el flujo másico es dado por la Ec.3.8:

$$\dot{m}_{agua} = 8,107 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^3\text{/s]} \cdot 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$\dot{m}_{agua} = 0,810 \text{ [kg/s]} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1h}$$



$$\dot{m}_{agua} = 2918,63 \text{ [kg/h]}$$

El calor que entrega el vapor está dado por la siguiente expresión:

$$Q = \dot{m}_v \cdot h_{fg} \text{ [kcal/h]} \quad (\text{Ec.3.10})$$

El calor que recibe el agua líquida es:

$$Q = \dot{m}_{agua} \cdot c_p \cdot \Delta t \text{ [kcal/h]} \quad (\text{Ec.3.11})$$

Donde;

$$\dot{m}_{agua} = 2918,63 \text{ [kg/h]}, \text{ obtenido anteriormente.}$$

$$c_p = 1 \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

Δt , es la diferencia entre la entrada y salida de agua 57 [°C]

$$Q = 2918,63 \text{ [kg/h]} \cdot 1 \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right] \cdot 57 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$Q = 166361 \text{ [kcal/h]}$$

Ahora se procede a determinar la cantidad de vapor utilizado y se reemplaza en la Ec.3.11

$$Q = 166361 \text{ [kcal/h].}$$

Y h_{fg} , a través de tabla de vapor saturado es, 620 [kcal/kg]

Despejando \dot{m}_v , de la Ec.3.10:

$$\dot{m}_v = \frac{Q}{h_{fg}} \text{ [kg/h]}$$

$$\dot{m}_v = \frac{166361 \text{ [kcal/h]}}{620 \text{ [kcal/kg]}}$$

$$\dot{m}_v = 268 \text{ [kg/h]}$$



Con este valor se representa teóricamente el consumo de vapor en el intercambiador de calor.

A continuación se adjunta Tabla 3.5 con un resumen de los consumos de vapor, de los diferentes equipos.

Tabla 3.5 Consumos de vapor en los equipos.

| Equipo | Consumo vapor (kg/h) |
|---|----------------------|
| Lavadora N° 1 | 1640 |
| Lavadora N° 2 | 190 |
| Gasificador | 61 |
| Intercambiador de Calor sala de azúcar | 268 |
| Total | 2159 |

Se concluye que la cantidad de vapor requerido para los diferentes procesos es inferior la capacidad de producción de vapor de la caldera que es de 2500 [kg/h], por lo tanto la caldera es adecuada para este proceso.



3.2.5 Descripción del aserrín.

En este capítulo se analizará el combustible utilizado en la caldera, en donde se calculará el rendimiento que se obtiene con este combustible.

Se sacaron 3 muestras de aserrín las cuales fueron:

Muestra N°1: Aserrín seco 300 g (Relativamente húmedo)

Muestra N°2: Aserrín húmedo 300 g (Humedad media)

Muestra N°3: Aserrín húmedo-seco 300 g (Muy húmedo)

Estas muestras fueron secadas en una estufa a 120 °C durante 90 minutos y sus resultados se muestran en la siguiente Tabla 3.6:

Tabla 3.6 Pesos del aserrín después del secado.

| Muestra | Peso inicial (g) | Peso final (g) | Masa de agua (g) |
|---------|------------------|----------------|------------------|
| N°1 | 300 | 268 | 32 |
| N°2 | 300 | 252 | 48 |
| N°3 | 300 | 236 | 64 |

Con estos datos obtenidos se puede calcular la humedad en base seca y base húmeda, donde se utilizará siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad en base seca (X)} = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa seca}} \cdot 100$$

$$\% \text{ humedad en base húmeda (Y)} = \frac{X}{1 + X} \cdot 100$$



Para la muestra N°1:

$$\% \text{ humedad en base seca (X)} = \frac{32}{268} \cdot 100$$

$$X = 11,9 \%$$

$$\% \text{ humedad en base húmeda (Y)} = \frac{0,1194}{1+0,1194} \cdot 100$$

$$Y = 10,6 \%$$

Para la muestra N°2 y N°3 se utiliza el mismo procedimiento, y se obtiene los siguientes resultados que muestra la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Resultados de muestras en base húmeda y seca.

| Muestra | Base seca (x) (%) | Base húmeda (y) (%) |
|---------|-------------------|---------------------|
| N°1 | 11,9 | 10,6 |
| N°2 | 19 | 15,9 |
| N°3 | 27,1 | 21,3 |

Con estos resultados se conoce el porcentaje de humedad que tiene el aserrín en las diferentes épocas del año.

3.3 Cálculo del rendimiento de la caldera.

Para calcular el rendimiento de la caldera existen dos métodos:

- 1- Método directo. Se realiza un balance de energías que entran y salen
- 2- Método indirecto. Se realiza según los resultados del análisis de los gases de la combustión de la caldera.

El rendimiento de una caldera es la relación entre el calor absorbido por el vapor versus energía química que entrega al combustible.

Para el cálculo del rendimiento de la caldera se ocupará el método indirecto, ya que se tiene los valores que se necesitan a través de la última certificación



realizada por la empresa Proterm (Anexo 4), la cual fue el 20 Enero de 2015 (Anexo), la cual realizó 3 ensayos en diferentes condiciones de operación, que se muestra en Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Resumen resultado análisis de gases del combustible.

| Resultado de análisis de gases | | | |
|--------------------------------|------|------|------|
| Nº muestreo | C1 | C2 | C3 |
| CO ₂ (%) | 2,98 | 3,6 | 4,4 |
| O ₂ (%) | 16,2 | 15,5 | 14,6 |
| CO (ppm) | 1293 | 490 | 408 |
| NO _x =(NO) (ppm) | 15 | 23 | 33 |
| T° chimenea (°C) | 149 | 155 | 157 |
| T° ambiente (°C) | 22 | 24 | 26 |

Exceso de aire.

El exceso de aire en estos tres muestreos de calculará a partir de la siguiente formula:

$$\% \text{ exceso de aire} = \frac{O_2 - \frac{CO}{2}}{0,266 \cdot N_2 - (O_2 - \frac{CO}{2})} \cdot 100$$



Donde N_2 es:

$$N_2 = (CO_2 - CO - O_2) - 100$$

Reemplazando en la fórmula de exceso de aire se obtienen los siguientes resultados expresados en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Resultados calculo exceso de aire de N_2 .

| Numero de muestreo | C1 | C2 | C3 |
|--------------------|---------|--------|---------|
| Exceso de aire (%) | 302,8 | 256,6 | 209,6 |
| N_2 (%) | 80,6907 | 80,851 | 80,9592 |

En los resultados obtenidos se observó un gran exceso de aire ya que el sistema para aplicar oxígeno a la combustión es manual y no hay precisión de abertura de este como se muestra en Figura 3.2



Figura 3.2 Sistema de aplicación de aire.

Para el cálculo del rendimiento de la caldera por la forma indirecta, se necesita los pesos moleculares de los elementos que se muestran en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Tabla pesos moleculares.

| Pesos moleculares (kg/kmol) | | | | | |
|-----------------------------|----|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| CO ₂ | CO | O ₂ | SO ₂ | NO ₂ | N ₂ |
| 44 | 28 | 32 | 64 | 46 | 28,2 |

El rendimiento indirecto está dado por la siguiente fórmula:

$$\eta_{\text{caldera}} = \left[\frac{Q_{\text{utilizado}}}{\text{PCS}_{\text{combustible}}} \right] \cdot 100 \quad (\text{Ec.3.12})$$

El cálculo de $Q_{\text{utilizado}}$, está dado por:

$$Q_{\text{utilizado}} = [\text{PCS}_{\text{combustible}} - Q_{\text{perdidas totales}}] \quad [\text{kg / kg comb.}] \quad (\text{Ec.3.13})$$

Primero se calculará:

$$\text{PCS comb.} = \text{PCS}_{\text{madera seca}} \cdot \left[1 - \frac{y}{100} \right] \quad [\text{kcal / kg comb.}] \quad (\text{Ec.3.14})$$

Para el cálculo utilizará:

$$\text{PCS (ms)} = 4470 \quad [\text{kcal/kg comb. Seco}]$$

“y” es la relación de humedad del combustible en base húmeda, para la muestra N°1, Tabla 3.7. Entonces $y = 10,6\%$.

Se obtendrá de la Ec.3.14 que:

$$\text{PCS comb.} = 4470 \cdot \left[1 - \frac{10,6}{100} \right] \quad [\text{kcal / kg comb.}]$$

$$\text{PCS comb.} = 3996,18 \quad [\text{kcal / kg comb.}]$$



Ahora se calculará $Q_{\text{perdidas totales}}$, que está dada por la siguiente formula:

$$Q_{\text{pérdidas totales}} = Q_{\text{gases}} + Q_{\text{vapor H}_2\text{O}} + Q_{\text{radiación}} + Q_{\text{comb. Incompletas}} \quad (\text{Ec.3.15})$$

Donde;

$$Q_{\text{gases}} = [\text{masa productos secos} \cdot 0,26 \cdot (T^{\circ}_{\text{gases}} - T^{\circ}_{\text{aire}})] \quad [\text{kcal / kg comb.}] \quad (\text{Ec. 3.16})$$

Masa productos secos:

$$\text{Productos secos} = \left[\frac{\left(CO_2 \cdot PM_{CO_2} + O_2 \cdot PM_{O_2} + CO \cdot PM_{CO} + N_2 \cdot PM_{N_2} + NO_2 \cdot PM_{NO_2} + SO_2 \cdot PM_{SO_2} \right) \cdot \left(\frac{C}{100} \right)}{12(CO_2 + CO)} \right] \quad (\text{Ec.3.17})$$

C representa la cantidad de carbono por kilogramo de combustible seco (42,9%).

Para esta fórmula se utilizará la muestra C3 Tabla 3.8 Pag.51 y reemplazando en la Ec.3.17, se obtiene:

$$\text{Productos secos} = 23,7 \quad [\text{kg gases secos / kg gases húmedos}]$$

Las temperaturas están en Tabla 3.8 Pag.51, y son las siguientes:

$$T^{\circ}_{\text{gases}} = 157 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\circ}_{\text{aire}} = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Para lo cual de acuerdo a la Ec.3.16, será:

$$Q_{\text{gases}} = 807,2 \quad [\text{kcal / kg comb.}]$$

Ahora el $Q_{\text{vapor H}_2\text{O}}$, está dada por:

$$Q_{\text{vapor H}_2\text{O}} = \left[\left(\frac{H_2O}{100} - 9 \cdot \frac{H_2}{100} \right) \cdot (597,2 - 0,45 \cdot (T^{\circ}_{\text{gases}} - T^{\circ}_{\text{aire}})) \right] \quad [\text{kcal/kg comb.}] \quad (\text{Ec.3.18})$$

Donde:

$H_2O = 10,6\%$, se refiere base húmeda y calculada en la muestra N°1, Tabla 3.7



$T^\circ \text{ gases} = T^\circ \text{ chimenea} = 157^\circ\text{C}$, en Tabla 3.8

$T^\circ \text{ aire} = T^\circ \text{ chimenea} = 26^\circ\text{C}$, en Tabla 3.8

$H_2 = 6,3$ para madera.

Reemplazando en la Ec.3.18, es:

$Q \text{ vapor } H_2O = 441,58 \text{ [kcal/kg comb.]}$

Ahora el Q radiación, es la llama que choca en las paredes y de esta por conducción y convección al exterior, se estima un 2% respecto al PCS del combustible.

$Q \text{ radiación} \approx (0.02 \cdot \text{PCS comb.}) \text{ [kcal / kg comb.]}$ (Ec.3.19)

$\text{PCS comb.} = 3996,18 \text{ [kcal / kg comb.]}$, obtenido anteriormente.

Entonces reemplazando en la Ec.3.19 se obtiene que:

$Q \text{ radiación} \approx (0.02 \cdot 3996,18)$

$Q \text{ radiación} \approx 79.92 \text{ [kcal / kg comb.]}$

Ahora el Q comb. incompleta, está dado por la siguiente fórmula:

$Q \text{ comb. incompleta} = [5632 \cdot (\frac{c}{100}) \cdot (\frac{CO}{CO_2+CO})] \text{ [kcal / kg comb.]}$ (Ec.3.20)

Dónde:

$C = 52\%$

$CO = 0,0408$, Tabla 3.8

$CO_2 = 4,4$ Tabla 3.8

Entonces de acuerdo a la Ec.3.20, será:

$Q \text{ comb. incompleta} = 26,9 \text{ [kcal / kg comb.]}$

Ya calculados todos los Q (Ecs 3.16 – 3.18 – 3.19 – 3.20) , para las pérdidas totales se obtiene los siguiente

Q pérdidas totales = Q gases + Q vapor H₂O + Q radiación + Q comb. incompletas

Q pérdidas totales = 807,2 + 441,58 + 79,92 + 26,9

Q pérdidas totales = 1355,6 [kcal / kg comb.]

Habiendo calculado todos los datos, ahora se reemplaza en la Ec.3.13, se obtiene que:

Q utilizado = [3996,18 – 1355,6]

Q utilizado = 2640,58 [kcal / kg comb.]

Por lo tanto en la Ec.3.12, el rendimiento de la caldera será

$$\eta \text{ Caldera} = \left[\frac{2640,58}{3996,18} \right] \cdot 100$$

η Caldera = 66,07%

A continuación se presenta la tabla resumen 3.11 de los rendimientos de caldera. Se considera las 3 muestras obtenidas en Tabla N°3.7 y con los resultados de la tabla 3.8. Para este resumen se aplicó el mismo procedimiento para los todos los resultados

Tabla 3.11 Rendimientos de caldera

| Resultado de Rendimientos de caldera (%) | | | |
|--|-------|-------|-------|
| Nº muestreo | C1 | C2 | C3 |
| Nº1 (10,6% humedad) | 56,11 | 64,87 | 66,07 |
| Nº 2 (15,9 % humedad) | 52,54 | 62,78 | 63.14 |
| Nº 2 (21,3 % humedad) | 48,42 | 60,37 | 63.63 |



Es posible darse cuenta que el rendimiento de la caldera de Coca Cola Embonor S.A es notoriamente afectado por las condiciones de humedad del combustible suministrado y por el exceso de aire, siendo este sistema rústico, se puede concluir que el rendimiento promedio en las mejores condiciones es aproximadamente de un 66%.

CAPITULO IV COSTOS DE PRODUCCION DE VAPOR.

4.1 Características.

Regularmente trabajan 260 trabajadores de planta y trabajadores externos que prestan distintos servicios en el interior de la planta.

El servicio que entrega Coca Cola Embonor S.A., es el embotellado del producto, además de la venta y distribución de estos, abarcando las zonas entre Coelemu por el norte y Contulmo por el Sur, considerando las sucursales de Chillán y Los Ángeles.

4.2 Funcionamiento área de producción.

El área de producción se compone por: 2 líneas de producción (1 llenado envases de vidrio y 1 llenado de envases ref-pet), Sala de caldera, Planta de agua, Sala de jarabe y Sala de azúcar.

4.3 Requerimientos de vapor.

El requerimiento que genera el proceso de embotellar la bebida de consumo de vapor es el siguiente, de acuerdo a la Tabla 3.5 (Pag. 46)

- Lavadora línea N° 1: 1640 (kg/h)
- Lavadora línea N°2: 190 (kg/h)
- Gasificador: 61 (kg/h)
- Intercambiador sala de jarabe: 268 (kg/h)

TOTAL REQUERIMIENTO DE VAPOR : 2159 (kg/h)

4.4 Caldera Coca cola Embonor S.A.

La sala donde se sitúa la caldera de Coca Cola Embonor S.A., Concepción, cuenta con las condiciones necesarias para el acopio de su combustible, el aserrín, de dos formas: en sacos de 20 kilogramos y a granel.

Pirotubular de tres pasos

Presión máxima de trabajo es de 100 psi, pero en promedio opera a 85 psi.

La producción de vapor que puede generar la caldera, es de 2500 kg/h (Teórico).

El consumo de combustible que ocupa, asciende a 750 kg/h de aserrín.

Al combustionar el aserrín, emana polución volátil, por lo que la caldera se prepara para recibir, procesar y desechar, las partículas nocivas para la salud.

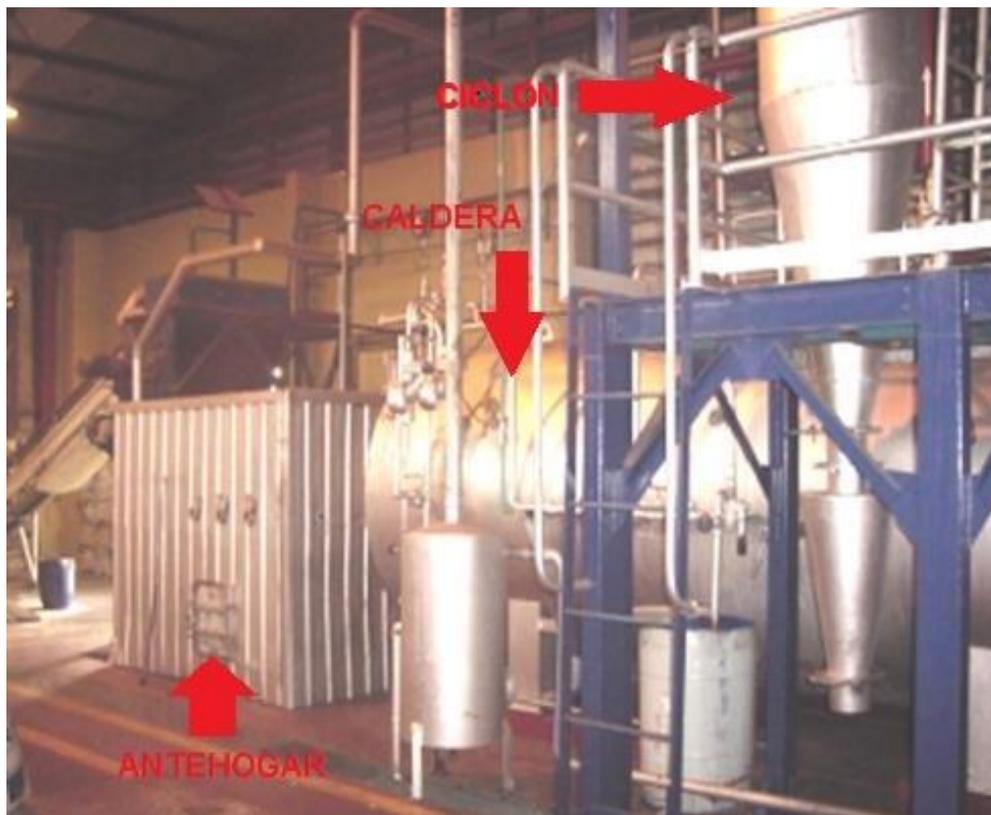


Figura 4.1 Caldera Coca Cola Embonor S.A

4.5 Situación problema.

El combustible actual (aserrín) es cada vez más fino lo cual exige una mayor cantidad para la combustión.

En periodo invernal, por efecto de las lluvias, el aserrín absorbe una gran cantidad de agua, dificultando la combustión debido a su alta humedad y su bajo poder calorífico. El suministro que se tiene es de baja calidad, creando un problema en la generación de vapor y gran interacción del operador.

4.6 Análisis y evaluación del aserrín.

El análisis se basará en cuanto combustible se necesitará [kg/h] para poder generar el calor requerido por los equipos que utilizan vapor de la caldera, el cual es 2159 [kg/h]

4.7 Cálculos asociados al aserrín.

4.7.1 Datos técnicos del aserrín.

- Tipo combustible: Sólido
- Almacenamiento: Sacos de 20 kilogramos y a granel.
- Humedad época seca: 10,6%
- Humedad época húmeda: 15,9%
- Humedad máxima alcanzada: 21,3%
- Poder calorífico inferior época seca: 3327 kcal/kg
- Poder calorífico Inferior época húmeda 1670 kcal/kg
- Densidad combustible : 220 kg/m³



4.7.2 Base de cálculo del aserrín.

Se calculará la m_c (Masa de combustible), para ver cuánto [kg/h] se necesitará para generar el requerimiento de vapor que es de 2159 [kg_{vapor}/h].

Se utilizará la siguiente fórmula:

$$m_c = \frac{Q_{combustible}}{PCI} \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (Ec.4.1)$$

Donde;

m_c : Masa del combustible [kg/h].

$Q_{combustible}$: Flujo de calor del combustible [kcal/h].

PCI: Poder calorífico inferior del combustible [kcal/kg].

El PCI está dado en las características del aserrín, y se ocupará el seco para calcular en el escenario más favorable y las características del aserrín más húmedo.

- PCI época seca: 3327 [kcal/kg]

El $Q_{comb.}$ está dada por la siguiente fórmula:

$$Q_{comb.} = \frac{Q_{agua}}{\eta_{caldera}} \left[\frac{kcal}{h} \right] \quad (Ec.4.2)$$

Dónde:

Q_{agua} : Es el calor absorbido por el agua [kcal/h]

$\eta_{caldera}$: Es el rendimiento de la caldera.

Para el Q_{agua} se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{agua}} = m_v \cdot (h_v - h_l) \text{ [kcal/h]} \quad (\text{Ec.4.3})$$

Dónde:

m_v = Es el flujo en masa de vapor requerido por los equipos que es, 2159 [kg/h].

h_v y h_l : Son las entalpías del vapor saturado seco y del agua líquida subenfriada.

Como la caldera trabaja a 85 psig, lo cual es 5,86 bar manométrico lo que corresponde a 6,87 bar absoluto, son obtenidas las entalpías utilizando el software EES y considerando que el vapor producido por la caldera es saturado húmedo y que el agua de alimentación entra a 75°C, las entalpías son:

$$h_v = 2763 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_l = 314,5 \text{ [kJ/kg]}$$

Entonces reemplazando en la Ec.4.3, será:

$$Q_{\text{agua}} = 2159 \text{ [kg/h]} \cdot (2763 - 314,5) \text{ [kJ/kg]}$$

$$Q_{\text{agua}} = 5286311,5 \text{ [kJ/h]} \cdot \frac{1h}{3600s}$$

$$Q_{\text{agua}} = 1468,4 \text{ [kW]} \cdot \frac{860 \left[\frac{\text{kcal}}{h} \right]}{1 \text{ [kW]}}$$

$$Q_{\text{agua}} = 1262841 \text{ [kcal/h]}$$

Para η_{caldera} se utilizará el rendimiento más alto obtenido con anterioridad (Tabla 3.11). Entonces $Q_{\text{comb.}}$ Ec.4.2, será:

$$Q_{\text{comb.}} = \frac{1468,4}{0,6607} \text{ [kW]}$$



$$Q_{\text{comb.}} = 2222,49 \text{ [kW]} \cdot \frac{860 \text{ kcal/h}}{1 \text{ kW}}$$

$$Q_{\text{comb.}} = 1911342 \text{ [kcal/h]}$$

Con todos los datos obtenidos, y reemplazando en la Ec.4.1, se tiene que:

$$m_c = \frac{1911342}{3327} \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

$$m_c = 574,49 \text{ [kg/h]}$$

Sabiendo la densidad del combustible, se obtiene que:

$$V_c = \frac{462,71 \text{ kg/h}}{220 \text{ kg/m}^3}$$

Entonces:

$$V_c = 2,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

La empresa Coca cola Embonor S.A, compra el aserrín a \$ 6820 m³ (Anexo 2), se obtiene que:

$$m_c = 2,6 \text{ [m}^3/\text{h]} \cdot \frac{6820 \$}{1 \text{ m}^3}$$

$$m_c = 17732 \text{ [$/h]}$$

Para el cálculo en época húmeda se realiza el mismo procedimiento, pero se cambia lo siguiente:

$$\text{PCI época húmeda} = 1670 \text{ [kcal/kg]}$$

$$\eta_{\text{caldera}} = 48,42\%$$



En el siguiente resumen (Tabla 4.1) se muestra el consumo y gastos del combustible en época seca y húmeda.

Tabla 4.1 Consumo de aserrín en época seca y húmeda.

| | Época seca | Época húmeda |
|-------------------|------------|--------------|
| kg/h | 574,49 | 1561,7 |
| m ³ /h | 2,6 | 7,09 |
| \$/h | 17732 | 48413 |

Se puede resumir que el consumo de combustible en época húmeda (invierno) comparado con la época seca (verano) se eleva en un 272%, debido a que el aserrín es muy húmedo y la regulación del sistema de inyección de aire es deficiente, y que al trabajar con aserrín se tiene una gran variación del rendimiento de la caldera y costos por consumo de combustible.

4.7.3 Costos de mantención de la caldera.

En la siguiente resumen Tabla 4.2 se presenta el costo anual que se realiza a la caldera con el combustible actual.

Tabla 4.2 Costos de mantención y operacionales caldera.

| Costos de mantención y operación | |
|------------------------------------|---------------|
| Mantención general | \$ 16.000.000 |
| Permisos y certificaciones | \$ 1.245.000 |
| Insumos tratamiento de agua | \$ 336.000 |
| Retiro residuos sólidos | \$ 1.452.000 |
| Remuneración personal sala caldera | \$ 33.300.000 |
| Total costo anual | \$ 52.333.000 |



Figura 4.2 Desprendimiento de ladrillos refractarios del antehogar de la caldera.

CAPITULO V ESTUDIO DE LOS DIFERENTES ENERGETICOS QUE PUEDEN REEMPLAZAR AL COMBUSTIBLE ACTUAL, SUS CARACTERISTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

5.1 Estudio de diferentes tipos de combustible.

A continuación se eligió cuatro tipos de combustibles para su estudio y factibilidad de cambio de combustible, los cuales son:

5.1.1 Bio – pellets

Este se puede adecuar sin problemas, son similares a las características del aserrín en cuanto al funcionamiento de la caldera, tomándose en cuenta rendimientos y eficiencias de la caldera.

Se mantiene el antehogar, siendo los costos de mantención similar a los que rigen en este combustible. Existen grandes diferencias entre su rendimiento de combustión, puesto que los dos provienen de la misma materia prima, la madera, pero el pellets tiene una humedad muy baja (humedad 10% aprox.) y el aserrín con humedad muy variable y alta, dependiendo de la bodega y la época (invierno-verano).

5.1.2 Gas natural, petróleo y gas licuado.

Se considera la compra de nuevos equipos o la adaptación de la caldera al nuevo combustible, por lo que su costos de inversión, costos de operación, entre otros.

En la primera parte, con inversión, la empresa proveedora del potencial combustible asume los costos de implementación y adaptación.

Para estos combustibles, debe extraerse el antehogar y disponer de quemadores directo a la caldera.

5.2 Cálculos asociados a los diferentes combustibles seleccionados.

Los cálculos de consumo de combustible en m³ y \$ se harán con el mismo procedimiento realizados para el aserrín (4.7.2 Pag.59 a 62).

5.3 Comparación de combustibles en consumos.

5.3.1 Características de los bio-pellets.

Tipo de combustible: Sólido

Almacenamiento: Big - bags (1 tonelada) o a granel.

Humedad del combustible: 10%.

Poder calorífico Inferior: 4063 kcal/kg.

Densidad del combustible : 700 kg/m³

Proveedor del combustible: Andes bio-pellets, JCE.

Eficiencia caldera con el combustible: 85%.

Precio: 220 [\$/kg]

5.3.2 Características del petróleo diesel.

Tipo: Líquido.

Almacenamiento: Estanques.

Poder calorífico Inferior: 10100 kcal/kg.

Densidad: 850 kg/m³

Proveedor: Empresa regional ENAP Concepción.

Eficiencia caldera con el combustible: 85%.

Precio: 522 [\$/l]



5.3.3 Características del gas natural.

Tipo: Gaseoso

Almacenamiento: Estanques.

Poder calorífico inferior: 11500 kcal/kg.

Densidad: 0,70 kg/m³

Proveedor: Empresa regional Gas Sur.

Eficiencia caldera: 80%.

Precio: 1000 [\$/m³]

Composición :

Metano (CH₄) 85 a 90 %.

Etano (C₂H₆) 5 a 6%.

Propano (C₃H₈) 1,5 a 2%.

Butano (C₄H₁₀) 0,8 a 1 %.

Pentano (C₅H₁₂) 0,1 a 0,3 %.

Hexano (C₆H₁₂) y Superiores 0,05 a 0,1 %.

Anhídrido Carbónico (CO₂) 0,5 a 1.

Nitrógeno (N₂) 1 a 2 %.

5.3.4 Características del gas licuado.

Tipo: Gaseoso

Almacenamiento: estanques.

Poder calorífico Inferior: 11500 kcal/kg.

Densidad: 2,45 kg/m³ (15° y 1 bar como vapor)

Proveedor: Empresa regional Lipigas.

Eficiencia caldera: 85%.

Precio: 700 [\$/kg]



El $Q_{\text{comb.}}$ ya calculado en Pag.60, Ec.4.2, se podrá determinar los consumos de los diferentes energéticos en estudio.

$$Q_{\text{comb.}} = 1911342 \text{ [kcal/h]}$$

Bio pellets.

De la Ec.4.1 y los datos del Bio pellets, se obtiene que:

$$m_c = \frac{1911342}{4063} \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

$$m_c = 470,4 \text{ [kg/h]}$$

El costo de consumo de este será:

$$\text{Costo} = 470,4 \text{ [kg/h]} \cdot 220 \text{ [$/kg]} = 103488 \text{ [$/h]}$$

Por procedimiento similar con los otros energéticos (Petróleo diesel, Gas natural y Gas licuado), se tabulan los resultados en la Tabla 5.1 que se muestra a continuación.

Tabla 5.1 Comparación de combustibles elegidos.

| m_c | Bio-pellets | Petróleo | Gas natural | Gas licuado |
|-------|-------------|----------|-------------|-------------|
| kg/h | 470,4 | 189,24 | 160 | 166,2 |
| \$/h | 103488 | 116193 | 228720 | 116340 |

5.4 Resultados esperables al cambio de combustible.

- Al cambiar el tipo de combustible actual, se mejorará la producción y entrega de vapor.
- Que se incorpore un sistema de control de combustible automatizado.
- Cumplir con las normas ISO y legislaciones ambientales, que debe cumplir la sala de caldera.

El combustible a elegir es Petróleo Diésel, ya que tiene un buen poder calorífico y las modificaciones serán mínimas ya que habría que eliminar las correas transportadoras y el antehogar.

Se dispondrá de un solo quemador central, el cual será controlado de forma automatizada y la instalación de este quemador será asumido por la empresa.

Se puede obtener un mejor precio de compra del combustible al negociar este cambio.

La empresa proveedora del combustible asume el costo e instalación del estanque.

CAPITULO VI DECISIÓN Y ESTUDIO DE LAS ADECUACIONES NECESARIAS A LA CALDERA PARA OPERAR CON EL NUEVO COMBUSTIBLE Y SU SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO.

6.1 Factibilidad técnica de cambio a Petróleo Diésel de caldera.

Como se mencionó anteriormente, la caldera utiliza aserrín y viruta para la generación de vapor. En este capítulo se analizará la alternativa para el uso del Petróleo Diésel como combustible.

Para lo anteriormente señalado, es necesario estudiar opciones que demanden mínimos costos y modificaciones al sistema que existe actualmente.

6.2 Alternativa de conversión a Petróleo Diésel.

Esta alternativa, como su nombre lo indica, es la adecuación completa de la caldera a Petróleo Diésel, teniendo que retirar todo el sistema de alimentación de aserrín y antehogar, lo que conllevaría a la instalación de un único quemador central en forma directa hacia el fogón central, este sistema sería automatizado y tendría un mejor rendimiento ya que éste tiene un mayor poder calorífico.

Para poder determinar que quemador sería el más adecuado, es necesario saber cuál es la potencia de éste.

Para efectos de cálculo se utilizará:

- Un rendimiento máximo con el combustible utilizado de 72,2%, como se detalló en capítulo 2.2.1 Pag.5.
- Se considera la presión de operación máxima de trabajo de 100 psig (7,9 bar ab), $h_g= 3177$ [kJ/kg] y $h_l=433,8$ [kJ/kg]
- Una producción de vapor de 2500 [kg/h], en placa detallada en capítulo 2.1 Pag.4.

Reemplazando en la Ec.4.1 y Ec.4.2 Pag.59, la potencia del quemador (kcal/h) será:

$$\text{Potencia}_{\text{quemador}} = 2269113,5 \text{ [kcal/h]}$$

Tabla 6.1 Tipos de quemador de Petróleo Diésel según potencia

| Modelos | Kcal/h x 1000 | |
|----------------------|---------------|-------------|
| | Mínimo. | Máximo. |
| MAIOR P 200.1 | 612 | 2040 |
| MAIOR P 300.1 | 867 | 2586 |
| MAIOR P 400.1 | 1128 | 3362 |

Según tabla anterior, el quemador indicado es **MAIOR P 300.1**, ya que la potencia requerida ($2269 \times 1000 = 2269000 \text{ kcal/h}$) está en rango de este quemador.

Estos se diferencian en el circuito de llamas del quemador (Anexo 3)



Figura 6.1 Quemador modelo MAIOR P 300.1

Costos asociados al quemador:

Costos de quemador: 12.000 USD

Costos instalación: 10.000 USD

El quemador estaría conectado al sistema de control de presión de la caldera, y mantendría una presión de trabajo adecuada y constante, teniendo así un mayor rendimiento de la caldera

El lugar de instalación sería el que se indica en la figura a continuación:



Figura 6.2 lugar de instalación del quemador

Comentarios:

De las distintas alternativas señaladas, el caso del uso de petróleo diésel facilita la operación, ya que se eliminará el sistema de ingreso de aire manual y el exceso de aire sería menor produciendo una combustión menos nociva, previo a la instalación el sistema requiere modificaciones Cap.5.4 Pag.68 y Cap. 6.2 Pag.69 y pruebas de operación para regular el funcionamiento del quemador.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

CONCLUSIONES

Las condiciones de trabajo no son buenas de la caldera tomando en cuenta el uso de combustibles de desecho biológicos como es el caso del aserrín y la viruta.

Con respecto al combustible utilizado se observa un manejo adecuado al momento de realizar la carga del combustible, teniendo como limitante la atención permanente del operario de caldera, así como las complicaciones de manejo del aserrín por su grado elevado de humedad durante época de lluvias he ahí el uso de la viruta para mejorar la combustión.

El consumo de combustible se ve aumentado notoriamente en temporada de lluvias, ya que se hace obvio el aumento de su porcentaje de humedad y con esto la disminución de su poder calorífico, lo cual se comprobó con ensayos realizados en laboratorios de la casa de estudio.

Los equipos adicionales con que cuenta la caldera hacen posible obtener rendimientos del orden del 60% en época de verano y del 40% en época de invierno, además de un control semiautomático de alimentación de combustible.

De igual manera la importancia de un buen tratamiento del agua de alimentación para una preservación adecuada de la caldera, evitando de esta manera la corrosión e incrustaciones las cuales pueden disminuir no solamente la vida útil de la caldera sino también el rendimiento de esta.

Al determinar los consumos de vapor de los equipos se obtuvo un consumo de 2159 kg/h, situación actual, lo cual no supera la producción nominal de vapor de la caldera siendo esta 2500 kg/h de vapor.

Si se toman en cuenta los factores económicos y técnicos del funcionamiento de la caldera en planta Coca-Cola, se puede concluir que el aserrín tiene un desempeño variable con su actual combustible (invierno-verano).



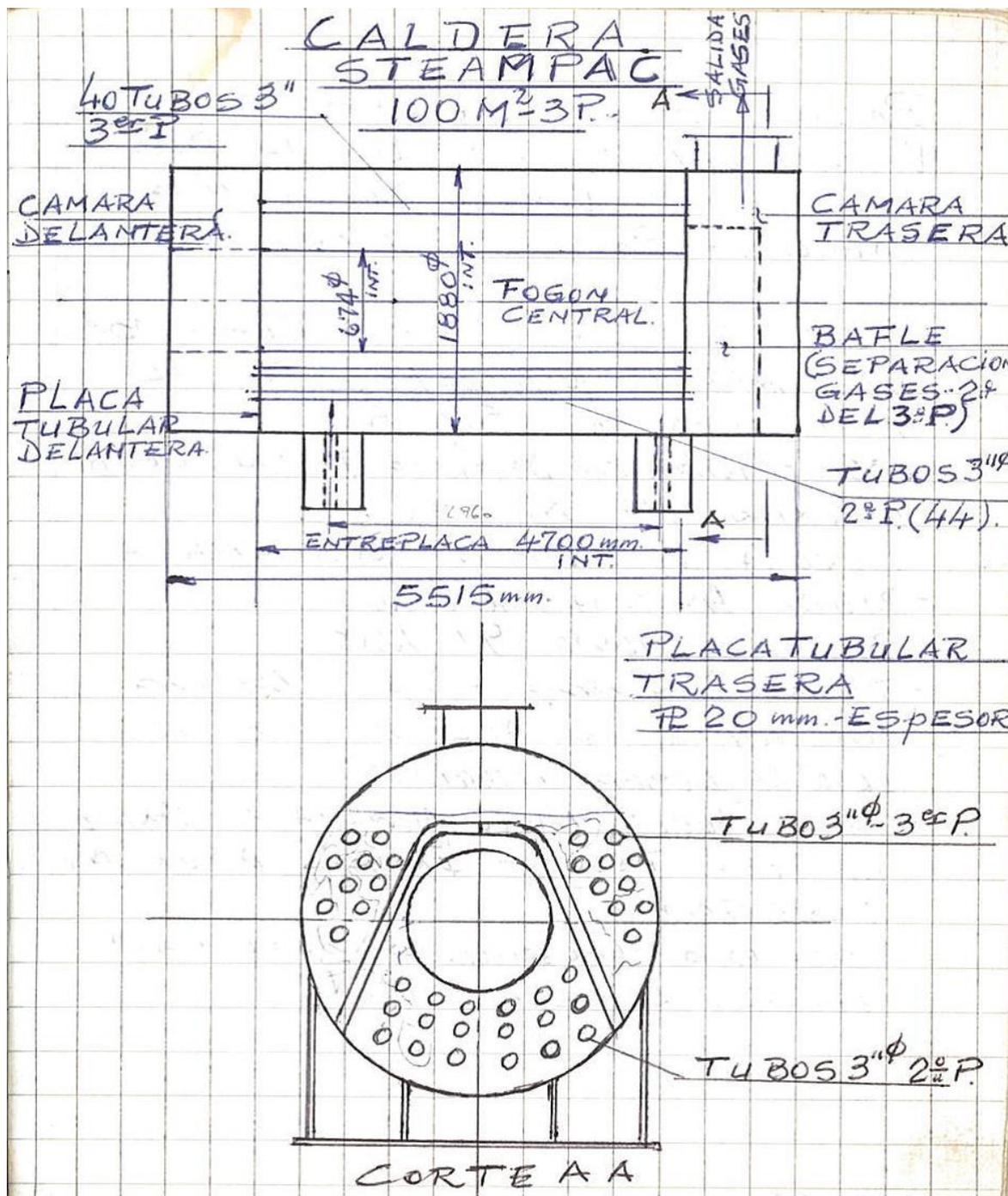
Por último, un cambio a petróleo diésel se justifica dada la inversión asociada a este no es elevada, tendría un sistema automatizado y aumentaría el rendimiento de la caldera. En cambio en el Bio pellets se tendría que cambiar el antehogar, modificar el sistema de ingreso de aire, se seguiría botando residuos sólidos los cuales hay que pagar por su retiro y el costo del combustibles es mayor, siendo este una inversión mayor. El cambio a gas natural y gas licuado también es favorable ya que las modificaciones son las mismas, pero estos tienen un mayor valor de venta al que el petróleo diésel y esto encarecería aún más la inversión.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] Información proporcionada por empresa Coca Cola Embonor S.A.
- [2] Apuntes termodinámica, Luis Cerda Miskulini.
- [3] www.oleogas.cl (Catálogos quemadores Ecoflam).
- [4] www.enap.cl
- [5] www.gassur.cl
- [6] www.lipigas.cl
- [7] Certificación caldera Coca Cola Embonor S.A, realizada por la empresa Proterm.



ANEXO 1. Características caldera Coca Cola Embonor S.A.



ANEXO 2. Precio compra m³ de aserrín.

Pedido Iratar Pasara Entorno Sistema Ayuda

Pedido Nacional 5300055177 creado por Enrique Rojas

Resumen documento activo Visualización de impresión Mensajes Parametriz.personal

Pedido Nacional 5300055177 Proveedor 31115 LUIS FERNANDO NEIRA A... Fecha doc. 27.04.2015

Cabecera

| S.. | Pos | I | P | Material | Txt.br. | Ctd.pedido | U... | T | Fe.entrega | Prc.neto | Mon... | por | CPP | Grupo art. | Ce. | Almacén | L |
|-----|-----|---|---|-----------|----------------|------------|------|---|------------|----------|--------|-----|-----|-----------------|---------------|---------|---|
| | 10 | | | 120000010 | MT3 DE ASERRIN | 385,000 | UN | D | 27.04.2015 | 6.820 | CLP | 1 | UN | Aserrin,Leda... | T2-CONCEPCION | General | |

Planif.nec.adic.

Posición [10] 120000010 , MT3 DE ASERRIN

Datos del material Cantidades/Pesos Repartos Entrega Factura Condiciones Historial de pedido Textos Dirección entrega Confirmaciones

| Txt.br. | CMv | Documento material | Pos | Fecha contab. | Σ | Importe ML | ML | Σ Cantidad en UMPP | Ctd.CIA en UMPP | UM precio pedido | Σ | Importe | Mon. | Referencia |
|----------------------------------|-----|--------------------|-----|---------------|---|------------------|------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|------------|------|------------|
| WE | 101 | 5000461453 | 1 | 27.04.2015 | | 306.900 | CLP | 45,000 | 0,000 | UN | | 306.900 | CLP | GUIA 17736 |
| WE | 101 | 5000461451 | 1 | 27.04.2015 | | 306.900 | CLP | 45,000 | 0,000 | UN | | 306.900 | CLP | GUIA 17735 |
| WE | 101 | 5000461448 | 1 | 27.04.2015 | | 306.900 | CLP | 45,000 | 0,000 | UN | | 306.900 | CLP | GUIA 17734 |
| WE | 101 | 5000461446 | 1 | 27.04.2015 | | 852.500 | CLP | 125,000 | 0,000 | UN | | 852.500 | CLP | GUIA 17733 |
| WE | 101 | 5000461444 | 1 | 27.04.2015 | | 852.500 | CLP | 125,000 | 0,000 | UN | | 852.500 | CLP | GUIA 17732 |
| Activ. Entrada mercancías | | | | | | 2.625.700 | CLP | 385,000 | UN | | 2.625.700 | CLP | | |
| RE-L | | 5105661741 | 1 | 30.04.2015 | | 852.500 | CLP | 125,000 | 0,000 | UN | | 852.500 | CLP | GUIA 17732 |
| RE-L | | 5105661741 | 2 | 30.04.2015 | | 852.500 | CLP | 125,000 | 0,000 | UN | | 852.500 | CLP | GUIA 17733 |
| RE-L | | 5105661741 | 3 | 30.04.2015 | | 306.900 | CLP | 45,000 | 0,000 | UN | | 306.900 | CLP | GUIA 17734 |
| RE-L | | 5105661741 | 4 | 30.04.2015 | | 306.900 | CLP | 45,000 | 0,000 | UN | | 306.900 | CLP | GUIA 17735 |
| RE-L | | 5105661741 | 5 | 30.04.2015 | | 306.900 | CLP | 45,000 | 0,000 | UN | | 306.900 | CLP | GUIA 17736 |
| Activ. Recepción factura | | | | | | 2.625.700 | CLP | 385,000 | UN | | 2.625.700 | CLP | | |

SAP PR2 (1) 400 | SAPPRD | OVR

ANEXO 3. Catálogo quemador Ecoflam.



LIGHT OIL BURNERS

MAIOR

MONOBLOCK 415 - 17000 kW
DUOBLOCK 500 - 25000 kW



A complete range of burners for all fuels
Полный модельный ряд горелок для всех видов топлива
Une gamme complète de brûleurs pour tous les combustibles
Una gama completa de quemadores para todos los combustibles

MONOBLOCK 20 - 17000 kW
DUOBLOCK 350 - 25000 kW

Select your application - Выберите приложение
Sélectionnez votre application - Seleccione su aplicación



- ENG
- РУС
- FRA
- ESP

Ecoflam
www.ecoflam-burners.com



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

DESIGNATION

- MODEL SIZE

| | |
|-----------|----------|
| MAIOR 120 | 120 kg/h |
|-----------|----------|

- OPERATION TYPE

| | |
|-------------|---|
| P 120 AB | 2 stages oil 120 kg/h soft start |
| P 120 AB HS | 2 stages oil hydraulic system 120 kg/h soft start |
| PR | 2 stages progressive mechanical |
| E | 2 stages modulating electronic |

- HEAD TYPE

| | |
|----|------------|
| TC | Short head |
| TL | Long head |

MODULAR DELIVERY SYSTEM

- **CB:** Complete Burner
- **KIT & ACS:** Kits and accessories according to local rules installation

MAIN FEATURES

- All burners feature high versatility on different types of domestic, commercial and industrial application
- Aluminium casing up to MAIOR P 200.1 and steel casing from P 300.1 with electrical panel on board
- Two stages with hydraulic or electric servomotor up to MAIOR P 400.1
- Progressive mechanical version with flow return nozzle. Shut down flow system on the nozzle managed by coil from MAIOR P 700.1
- Adjustable combustion head for fine-tune regulation and matching with different combustion chamber
- Modulating version with PID system controller with digital set point display and real time value
- DUOBLOCK and ELECTRONIC versions are available on request for selected output to match main boilers and industry applications
- Ecoflam offers the electronic range with BMS from the output of 2 MW up 17 MW in monoblock and up to 25 MW in duoblock configuration with electrical panel assembled into the burner or on request with separate switch cabinet

ОБОЗНАЧЕНИЕ

- ТИПОРАЗМЕР

| | |
|-----------|----------|
| MAIOR 120 | 120 кг/ч |
|-----------|----------|

- ВИД РЕГУЛИРОВАНИЯ

| | |
|-------------|---|
| P 120 AB | двухступенчатая ж.т. 120 кг/ч плавный пуск |
| P 120 AB HS | двухступенчатая ж.т. гидравлическая система 120 кг/ч плавный пуск |
| PR | плавно-двухступенчатая с механическим регулированием |
| E | двухступенчатая модулируемая с электронным регулированием |

- ТИП ГОЛОВЫ

| | |
|----|--------------------------|
| TC | Короткая огневая головка |
| TL | Длинная огневая головка |

МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОСТАВОК

- **CB:** укомплектованная горелка
- **KIT & ACS:** комплекты и принадлежности согласно местным правилам монтажа

ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Все горелки отличаются универсальностью и могут использоваться как на гражданских, так и промышленных объектах
- Алюминиевый корпус для моделей вплоть до MAIOR P 200.1 и стальной, начиная с модели P 300.1, со встроенной панелью управления
- Двухступенчатые горелки с гидро- или электроприводом воздушной заслонки до P 400.1
- Начиная с модели MAIOR P 700.1, в исполнении PR и MD, реализован контур циркуляции топлива в огневой головке. Дополнительный эл. маг. клапан перекрывает подачу топлива непосредственно у форсунок
- Регулируемая огневая головка упрощает регулировку горелки для работы с различными камерами сгорания
- Модели с модуляцией мощности оборудуются PID-регулятором с цифровым дисплеем, на котором отображаются фактические значения параметров. Имеется возможность изменения значений уставки
- Двухблочное исполнение DUOBLOCK и электронное управление доступны по запросу для определенных значений выходной мощности с целью обеспечения соответствие условиям работы в составе котла или промышленной установки
- Ecoflam предлагает типоряд горелок с электронной системой управления мощностью от 2 МВт до 17 МВт в моноблочном и до 25 МВт в двухблочном исполнении с панелью управления, встроенной в горелку или, по запросу, с отдельным шкафом управления



MAIOR P 60 AB HS

MAIOR P 200.1 AB

MAIOR P 1500.1 PR
Loose form



■ DÉSIGNATION

- TAILLE DU MODÈLE

| | |
|-----------|----------|
| MAIOR 120 | 120 kg/h |
|-----------|----------|

- TYPE DE FONCTIONNEMENT

| | |
|-------------|--|
| P 120 AB | 2 allures fuel 120 kg/h démarrage à débit réduit |
| P 120 AB HS | 2 allures fuel par système hydraulique 120 kg/h démarrage à débit réduit |
| PR | 2 allures progressives, mécanique |
| E | 2 allures progressives, électronique |

- TYPE DE TÊTE

| | |
|----|-------------|
| TC | Tête courte |
| TL | Tête longue |

■ DENOMINACIÓN

- MODELO

| | |
|-----------|----------|
| MAIOR 120 | 120 kg/h |
|-----------|----------|

- TIPO DE FUNCIONAMIENTO

| | |
|-------------|---|
| P 120 AB | 2 etapas aceite 120 kg/h puesta en marcha suave |
| P 120 AB HS | 2 etapas aceite, sistema hidráulico 120 kg/h puesta en marcha suave |
| PR | 2 etapas progresivo mecánico |
| E | 2 etapas modulante electrónico |

- TIPO DE CABEZA

| | |
|----|--------------|
| TC | Cabeza corta |
| TL | Cabeza larga |

■ SYSTEME DE LIVRAISON MODULAIRE

- **CB:** Brûleur complet
- **KIT & ACS:** Kits et accessoires selon les règles d'installation locales

■ SISTEMA DE ENTREGA MODULAR

- **CB:** Quemador completo
- **KIT & ACS:** Kit y accesorios de acuerdo a las reglas locales de instalación

■ CARACTERISTIQUES

- Toute la gamme se caractérise par sa grande adaptabilité dans les applications domestique et industrielles
- Corps en aluminium jusqu'au MAIOR P 200.1, corps en acier à partir du P 300.1; avec tableau de bord intégré au brûleur
- Versions deux allures avec système hydraulique ou avec servomoteur électrique jusqu'au MAIOR P 400.1
- Gicleur à retour pour versions PR et MD avec système de fermeture électromagnétique du gicleur à partir du MAIOR P 700.1
- Tête de combustion réglable pour garantir de meilleurs accouplements sur différentes chambres de combustion
- Versions modulantes avec thermostat PID et affichage numérique qui donne la valeur réelle et permet de régler le point de consigne
- Les versions DUOBLOCK et ELECTRONIQUE sont disponibles sur demande pour des puissances choisies en combinaison avec les grosses chaudières et les applications industrielles
- Ecoflam propose la gamme électronique avec BMS à partir de la puissance 2 MW jusqu'à 17 MW en configuration monoblock et jusqu'à 25 MW en configuration duoblock avec armoire électrique intégrée dans le brûleur ou séparée, sur demande

■ CARACTERÍSTICAS

- Toda la gama se caracteriza por su gran versatilidad en la aplicación para instalaciones domésticas, comerciales e industriales
- Cuerpo de aleación de aluminio hasta el modelo MAIOR P 200.1 y en fundición de acero a partir del modelo MAIOR P 300.1, con el cuadro eléctrico incorporado en el quemador
- Versión de dos llamas con sistema hidráulico o con servomotor eléctrico hasta el MAIOR P 400.1
- Inyector de refugio para las versiones PR y MD con sistema de cierre del flujo al inyector a partir del modelo MAIOR P 700.1
- Cabeza de combustión regulable para garantizar el mejor acoplamiento en las diferentes cámaras de combustión
- Versión modulante con termostato PID con display digital que visualiza el valor real y permite la regulación del set point
- Versiones DUOBLOCK y ELECTRONICA están disponibles a solicitud para ciertas potencias para hacer juego con calderas principales y aplicaciones industriales
- Ecoflam ofrece el rango electrónico con BMS desde 2 MW hasta 17 MW en la serie monoblock y hasta 25 MW en la configuración duoblock con panel eléctrico ensamblado en el quemador o a solicitud con gabinete separado



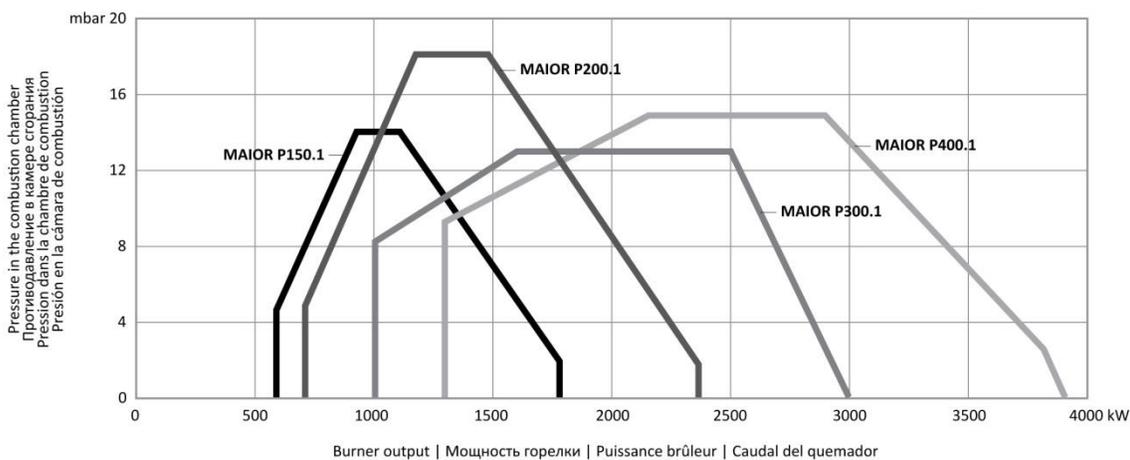
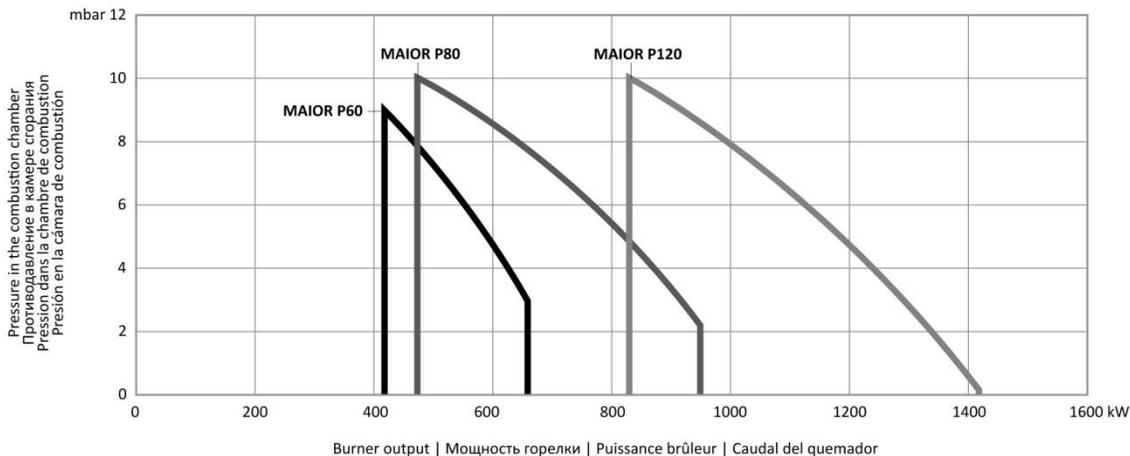
MAIOR P 800.1 PR

MAIOR P 600.1 PR



UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

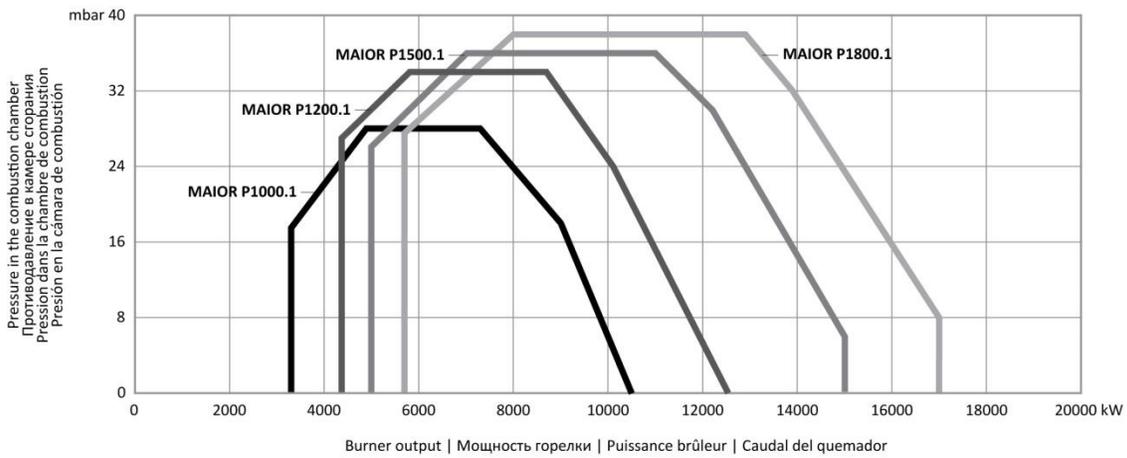
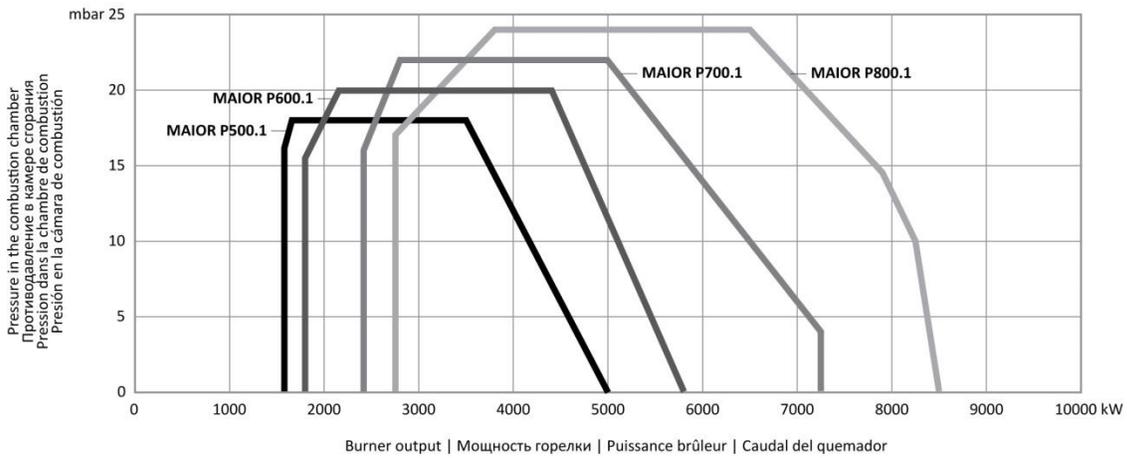
WORKING FIELDS | РАБОЧИЙ ДИАПАЗОН | COURBES DE TRAVAIL | CURVAS DE TRABAJO



TECHNICAL DATA | ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ | DONNEES TECHNIQUES | DATOS TECNICOS

| | Output Тепловая мощность Puissance calorifique Potencia térmica MIN / МИН | | Output Тепловая мощность Puissance calorifique Potencia térmica MAX / МАКС | | Flow Rate Расход Débit Caudal MIN / МИН | Flow Rate Расход Débit Caudal MAX / МАКС | Power supply Электроснабжение Tensión eléctrica | Motor Мощность Двигателя Moteur Motor | Operation Модификация Funcionamiento |
|----------------------|---|----------------------------|--|----------------------------|---|--|---|---|--|
| | kW | kcal/h*1000 ккал/ч*1000 | kW | kcal/h*1000 ккал/ч*1000 | kg/h кг/ч | kg/h кг/ч | V В | kW кВт | |
| MAIOR P 60 | 415 | 350 | 710 | 600 | 35 | 60 | 230/400 | 0,7 | PAB |
| MAIOR P 80 | 474 | 400 | 949 | 800 | 40 | 80 | 230/400 | 1,1 | PAB |
| MAIOR P 120 | 830 | 700 | 1423 | 1200 | 70 | 120 | 230/400 | 2,2 | PAB |
| MAIOR P 150.1 | 592 | 510 | 1780 | 1530 | 50 | 150 | 230/400 | 3 | PAB |
| MAIOR P 200.1 | 710 | 612 | 2372 | 2040 | 60 | 200 | 230/400 | 4 | PAB |
| MAIOR P 300.1 | 1000 | 867 | 3000 | 2586 | 85 | 250 | 230/400 | 7,5 | PAB - PR |
| MAIOR P 400.1 | 1300 | 1128 | 3900 | 3362 | 110 | 350 | 230/400 | 9 | PAB - PR |
| MAIOR P 500.1 | 1578 | 1369 | 5000 | 4310 | 134 | 422 | 230/400 | 11 | PR |
| MAIOR P 600.1 | 1795 | 1557 | 5800 | 5000 | 153 | 490 | 230/400 | 15 | PR |

WORKING FIELDS | РАБОЧИЙ ДИАПАЗОН | COURBES DE TRAVAIL | CURVAS DE TRABAJO



TECHNICAL DATA | ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ | DONNEES TECHNIQUES | DATOS TECNICOS

| | Output Тепловая мощность Puissance calorifique Potencia térmica | | Output Тепловая мощность Puissance calorifique Potencia térmica | | Flow Rate Расход Débit Caudal | Flow Rate Расход Débit Caudal | Power supply Электропитание Tension Tensión eléctrica | Motor Мощность Двигателя Moteur Motor | Operation Модификация Funcionamiento |
|----------------|--|---------------------|--|---------------------|--|--|--|---|--|
| | MIN / МИН | MAX / МАКС | MIN / МИН | MAX / МАКС | | | | | |
| MAIOR P 700.1 | 2417 кВт | 2096 ккал/ч*1000 | 7500 кВт | 6465 ккал/ч*1000 | 205 кг/ч | 634 кг/ч | 230/400 В | 15 кВт | PR |
| MAIOR P 800.1 | 2750 | 2385 | 8500 | 7328 | 234 | 718 | 230/400 | 18,5 | PR |
| MAIOR P 1000.1 | 3300 | 2862 | 10500 | 9052 | 281 | 887 | 230/400 | 22 | PR |
| MAIOR P 1200.1 | 4367 | 3788 | 12500 | 10776 | 371 | 1056 | 230/400 | 37 | PR |
| MAIOR P 1500.1 | 5000 | 4310 | 15000 | 12931 | 422 | 1268 | 230/400 | 45 | PR |
| MAIOR P 1800.1 | 5700 | 4914 | 17000 | 14655 | 482 | 1437 | 230/400 | 55 | PR |

- FUEL:
light oil (L.C.V. 10200 kcal/kg,
max visc. 1,5°E at 20°C)

- ВИД ТОПЛИВА:
дизтопливо (низшая теплота сгорания
10200 ккал/кг, макс. вязкость 1,5°E при 20°С)

- COMBUSTIBLE:
fioul domestique (L.C.V. 10200 kcal/kg,
max visc. 1,5°E à 20°C)

- COMBUSTIBLE:
gasóleo (L.C.V. 10200 kcal/kg,
max visc. 1,5° E a 20° C)

DETAILS | УЗЛЫ DETAILS | DETAILS | DETALLE



- Two stages with hydraulic system
- Гидропривод воздушной заслонки 2х-ступенчатой горелки
- 2 allures avec système hydraulique
- Quemador de dos llamas con circuito hidráulico



- Two stages with three nozzles
- Электропривод воздушной заслонки 2х-ступенчатой горелки
- Deux allures avec trois gicleurs
- Quemador de dos llamas con tres inyectores



- 700.1 - 1200.1 (standard)**
- Version with sliding bars
- Салазки для облегчения обслуживания
- Système à bride coulissante
- Versión con barras deslizantes



- Progressive version with servomotor, mechanical cam and pressure regulator
- Узел регулирования расхода топлива для моделей с плавным переходом с малого на большое горение
- Version progressive avec servomoteur, came mécanique, régulateur de pression
- Servomotor con leva mecánica y regulador de presión para la versión progresiva

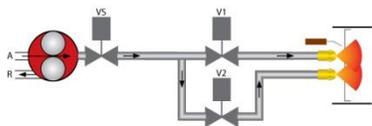


BMS

- DUOBLOCK and ELECTRONIC versions are available on request for selected output to match main boilers and industry applications
- Двухблочное исполнение DUOBLOCK и электронное управление доступны по запросу для определенных значений выходной мощности с целью обеспечения соответствия условиям работы в составе котла или промышленной установки
- Les versions DUOBLOCK et ELECTRONIQUE sont disponibles sur demande pour des puissances choisies en combinaison avec les grosses chaudières et les applications industrielles
- Versiones DUOBLOCK y ELECTRONICA están disponibles a solicitud para ciertas potencias para hacer juego con calderas principales y aplicaciones industriales

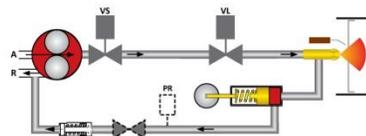
HYDRAULIC CIRCUIT | ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КОНТУР | CIRCUIT HYDRAULIQUE | SISTEMA HIDRAULICO

- version with servomotor two nozzles
- 2х-ступенчатая горелка эл. приводом возд. заслонки
- version deux allures avec servomoteur
- versión dos llamas con servomotor

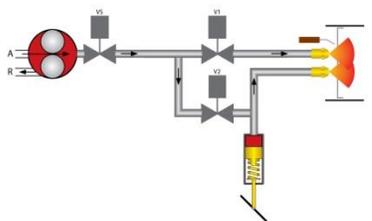


- version with hydraulic pressure regulator (PR)
- вариант с регулятором давления (PR)
- version avec régulateur de pression (PR)
- versión con regulador de presión (PR)

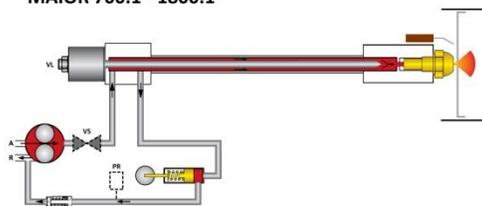
MAIOR 300.1 - 600.1



- version with hydraulic system (HS)
- 2х-ступенчатая горелка с гидроприводом воздушной заслонки
- version deux allures avec système hydraulique (HS)
- versión dos llamas con circuito hidráulico

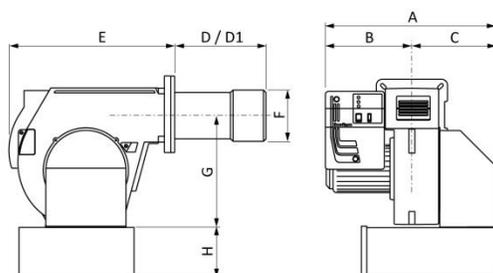


MAIOR 700.1 - 1800.1

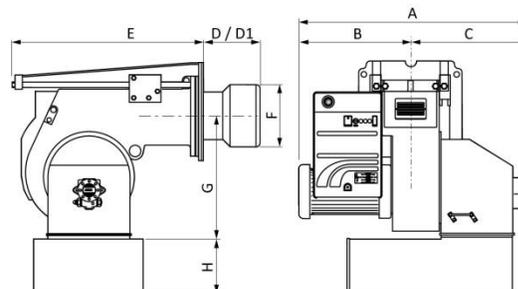


OVERALL DIMENSIONS | РАЗМЕРЫ | DIMENSIONS | DIMENSIONES

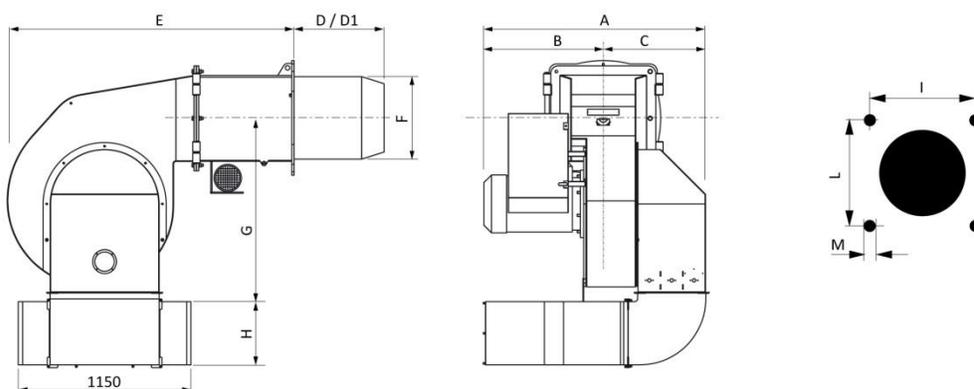
MAIOR P 60 - P 600.1



MAIOR P 700.1 - P 1200.1



MAIOR P 1500.1 - P 1800.1



| | A | B | C | D | D1 | E | F | G | H | I | L | M |
|------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|
| MAIOR P 60 | 590 | 330 | 260 | 230 | 390 | 555 | 180 | 376 | 225* | 190 | 190 | M10 |
| MAIOR P 80 | 590 | 330 | 260 | 230 | 390 | 555 | 180 | 376 | 225* | 190 | 190 | M10 |
| MAIOR P 120 | 690 | 350 | 340 | 220 | 440 | 555 | 190 | 376 | 225* | 190 | 190 | M10 |
| MAIOR P 150.1 | 775 | 385 | 390 | 285 | 485 | 660 | 250 | 398 | 283* | 240 | 240 | M14 |
| MAIOR P 200.1 | 795 | 405 | 390 | 285 | 485 | 660 | 270 | 398 | 283* | 240 | 240 | M14 |
| MAIOR P 300.1 | 1055 | 502 | 553 | 330 | 530 | 810 | 290 | 471 | 275 | 315 | 315 | M16 |
| MAIOR P 400.1 | 1100 | 547 | 553 | 345 | 545 | 810 | 320 | 471 | 275 | 315 | 315 | M16 |
| MAIOR P 500.1 | 1180 | 535 | 645 | 355 | 555 | 970 | 320 | 570 | 395 | 330 | 330 | M16 |
| MAIOR P 600.1 | 1190 | 545 | 645 | 355 | 555 | 970 | 320 | 570 | 395 | 330 | 330 | M16 |
| MAIOR P 700.1 # | 1340 | 585 | 755 | 457 | - | 1247 | 420 | 800 | 500 | 460 | 460 | M20 |
| MAIOR P 800.1 # | 1410 | 655 | 755 | 457 | - | 1247 | 420 | 800 | 500 | 460 | 460 | M20 |
| MAIOR P 1000.1 # | 1440 | 685 | 755 | 457 | - | 1247 | 420 | 800 | 500 | 460 | 460 | M20 |
| MAIOR P 1200.1 # | 1550 | 795 | 755 | 457 | - | 1247 | 450 | 800 | 500 | 460 | 460 | M20 |
| MAIOR P 1500.1 | 1670 | 800 | 870 | 590 | - | 1750 | 550 | 1100 | 500 | 620 | 620 | M20 |
| MAIOR P 1800.1 | 1670 | 800 | 870 | 590 | - | 1750 | 550 | 1100 | 500 | 620 | 620 | M20 |

- Dimensions in mm
D: short head
D1: long head
*: optional silencer
#: sliding bars

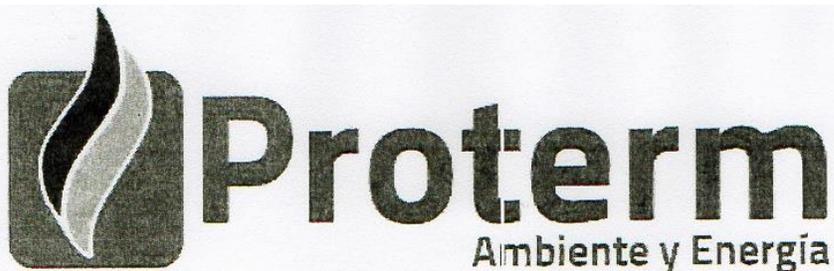
- Размеры в мм
D: короткая огневая головка
D1: длинная огневая головка
*: шумоглушитель в комплект поставки не включен
#: салазки

- Dimensions in mm
D: tête courte
D1: tête longue
*: silencieux en option
#: bride coulissante

- Dimensiones in mm
D: cabeza corta
D1: cabeza larga
*: silenciador opcional
#: barras deslizantes



ANEXO 4. Certificación caldera realizada por empresa Proterm.



Mediciones

INFORME OFICIAL



Laboratorio

Medición isocinética de la emisión de Material Particulado Total (MPT), PM10 y Gases de Combustión



Ingeniería

**Chimenea Caldera M. Rivera
Coca-Cola Embonor S.A.
Talcahuano**



Diagnóstico

20 de Enero de 2015
Inf01E1.M-14-147



Asesoría

Avenida Sanhueza 1825 - B
Concepción, Chile.

Fono: +56 - 41 - 233 14 12
Fax: -56 - 41 - 233 20 98

proterm@proterm.cl
www.proterm.cl



ISO 9001:2008

2014-M-3483

INFORME OFICIAL

01E1.M-14-147

Proyecto : **Medición isocinética de la emisión de Material Particulado Total (MPT), PM10 y Gases de Combustión**

Fuente : **Chimenea Caldera M. Rivera**

Empresa : Coca-Cola Embonor S.A.
Gran Bretaña 5690
Talcahuano

Combustible : Biomasa

Encargado Proyecto : Mauricio Mera Araya

Fecha medición : 16 de Diciembre de 2014

Fecha entrega Informe : 20 de Enero de 2015



Índice

Página

| | | |
|----|---|---|
| 1. | Datos de la Medición..... | 4 |
| 2. | Datos de la Fuente | 5 |
| 3. | Resumen de Resultados | 6 |
| 4. | Ubicación de los Puertos de Muestreo | 7 |
| 5. | Comentarios | 8 |
| 6. | Resumen de Datos, Cálculos y Antecedentes | 9 |



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



ISO 9001:2008

2014-M-3483

1.- Datos de la Medición:

| | |
|-----------------------------|--|
| Realizado en | Coca-Cola Embonor S.A. |
| Fuente medida | Chimenea Caldera M. Rivera y Cía. Ltda. |
| Contaminante medido | Partículas, PM10, gases CO y NO _x |
| Realizado por | Proterm S.A. |
| Revisado por | Fernando Castillo Seguel |
| Aprobado por | Mauricio Mera Araya |
| Fecha del informe | 20 de Enero de 2015 |
| Supervisor del muestreo: | Daniel Burgos Pedraza |
| Operador caja medidora: | Néstor Correa Toledo |
| Operador sonda | Jonathan Álvarez Álvarez |
| Análisis Laboratorio | Scarlett Riffo Sánchez |
| Digitador | Ruth Orellana Escares |
| Responsable medición | Fernando Castillo Seguel |
| Nº interno equipo medición: | ESC - 5102 Nº 1993-D |
| Fecha última calibración: | 11 de Julio de 2014 |
| Nº corridas | : 3 |
| Método(s) utilizados(s) | CH Nº5, Nº3, Nº7E y Nº10 |
| Tipo de fuente | Puntual |



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



ISO 9001:2008

2014-M-3483

2.- Datos de la Fuente:

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Propietario/razón Social de fuente: | Coca-Cola Embonor S.A. |
| Representante legal | Fernando Canessa S. |
| RUT | 93.281.000-K |
| Dirección | Gran Bretaña 5690, Talcahuano |
| Comuna | Talcahuano |
| Teléfono/Fax | 2501600 / 2412711 |
| Tipo de equipo muestreado | Chimenea Caldera |
| Fecha y hora de la medición | 16.12.14 – 13:25 - 15:42 hrs. |
| Nº Registro S.S. | S.S. TALH-46 |
| Nº de fábrica | 027 |
| Nº interno | S/R |
| Año de fabricación | 1988 |
| Modelo | Igneotubular de tres pasos |
| Fabricante | M. Rivera y Cía. Ltda. |
| Sistema de control de emisiones: | Ciclón |
| Tipo de combustible | Biomasa (Aserrín y Chip) |
| Horas/Día de funcionamiento | 18 |
| Días/Año de funcionamiento | 288 |
| Sistema de evacuación de gases: | Ventilador inducido |



ISO 9001:2008

2014-M-3483

3.- **Resumen de Resultados:**

| Material Particulado Total | | | | | | |
|---------------------------------|--------|--------------------|-------|-------|------------|--------------|
| Parámetro | Unidad | C1 | C2 | C3 | Des.están. | Promedio |
| Material particulado | mg/m3N | 103 | 72,7 | 76,0 | 16,7 | 83,9 |
| Emisión Horaria | kg/h | 0,38 | 0,26 | 0,25 | 0,07 | 0,30 |
| Emisión Diaria | kg/día | 9,18 | 6,29 | 5,98 | 1,77 | 7,15 |
| Caudal de Gases | m3N/h | 3.711 | 3.607 | 3.276 | 227 | 3.531 |
| Exceso de Aire | % | 315 | 264 | 216 | 49,3 | 265 |
| Concentración de CO2 | % | 2,98 | 3,60 | 4,40 | 0,71 | 3,66 |
| Concentración de O2 | % | 16,2 | 15,5 | 14,6 | 0,81 | 15,5 |
| Concentración de CO | % | 0,13 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,07 |
| Isocinetismo | % | 99 | 101 | 100 | 1,16 | 100 |
| Humedad de gases | % | 9,50 | 9,54 | 9,61 | 0,06 | 9,55 |
| Velocidad de gases | m/s | 6,51 | 6,42 | 5,87 | 0,35 | 6,26 |
| Temperatura de gases | °C | 149 | 155 | 157 | 4,16 | 154 |
| Desviación estándar | = | 16,7 mg/m3N | | | | |
| Porcentaje de desv.están | = | 19,9 % | | | | |

| Resultados Medición de Material Particulado PM10 | | |
|--|--------|-----------|
| | Unidad | Resultado |
| Concentración PM10 | % | 73,87 |

| PROTERM S.A. | | HOJA CÁLCULO DE GASES | | | | | | | V.3.0 | |
|--|--------------|-----------------------|------|------|------|---------|---------|------|-----------------|--|
| Coca-Cola Embonor S.A. | Flujo Gases | Composición | | | | | Emisión | | | |
| 16 de Diciembre de 2014 | m3N/h-seco | C#1 | C#2 | C#3 | % | ppm | mg/m3N | kg/h | kg/día | |
| Chimenea Caldera Planta Térmica | 3.531 | | | | | | | | | |
| CO2 | | 2,98 | 3,60 | 4,40 | 3,66 | 36.571 | 66.239 | 234 | 5,61E+03 | |
| O2 | | 16,2 | 15,5 | 14,6 | 15,5 | 154.630 | 202.459 | 715 | 1,72E+04 | |
| CO | | 1.293 | 490 | 408 | | 730 | 836 | 2,95 | 70,9 | |
| NOx (=NO2) | | 15 | 23 | 33 | | 24 | 44,3 | 0,16 | 3,75 | |

NOTA:

N: Condición Normalizada (de 25 °C y 101 kPa.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

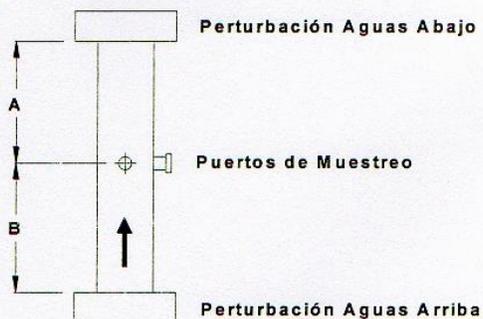


ISO 9001:2008

2014-M-3483

4.- Ubicación de los Puertos de Muestreo:

Esquema básico del ducto



| | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro interno | 0,56 metros |
| Distancia "A" | 5,8 metros |
| Distancia "B" | 7,3 metros |
| Posición del ducto | Vertical |
| Singularidad aguas abajo: | Expansión por término de la chimenea |
| Singularidad aguas arriba: | Cambio de dirección |
| Sección ducto | Circular |
| Matriz Puntos | 2 x 4 |
| Largo de coplas | 0,16 metros |

| Ubicación de los puntos de muestreo | | |
|-------------------------------------|---|---|
| Nº puntos | Distancia pared interna centro de boquilla (cm) | Distancia entre boquilla y marca sonda con largo copla (cm) |
| 1 | 3 | 19 |
| 2 | 14 | 30 |
| 3 | 42 | 58 |
| 4 | 53 | 69 |



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



ISO 9001:2008

2014-M-3483

5.- Comentarios:

Respecto a las condiciones de operación:

- a) La operación de la Planta se mantuvo estable durante el periodo de medición manteniendo sus dos líneas productivas al 100% de carga. Esto implica que la caldera generó la máxima cantidad de vapor requerida para el proceso. A continuación se presentan los principales datos de operación registrados durante las mediciones:

| | |
|------------------------|----------|
| Presión de Vapor | 80 PSI |
| Consumo de combustible | 293 kg/h |

- b) El combustible utilizado correspondió a Aserrín. El análisis de Humedad del combustible entregó un valor de 43,2 % en base húmeda.

Respecto a los resultados:

- c) El flujo de gases medido en la Chimenea de la Caldera entregó un valor promedio de 3.531 m³N/h-seco, con una Temperatura de 154°C y una Humedad de 9,55% en Volumen.
- d) La medición de Material Particulado Total arrojó una concentración promedio de 83,9 mg/m³N. Se calcula una emisión diaria de Material Particulado Total de 7,15 kg/día.
- e) El resultado del análisis de Material Particulado PM10, realizado al filtro en el Laboratorio Geovaly, detectó que el 73,87% del Material Particulado recolectado corresponde a partículas de tamaño inferior a 10 micrones.
- f) La concentración de Óxidos de Nitrógeno fue de 24 ppmv, con lo que se calcula una emisión de 3,75 kg/día expresada como NO₂.
- g) La medición de Monóxido de Carbono indicó una concentración promedio de 730 ppmv. Se calcula una emisión diaria de 70,9 kg/día de CO.

Mauricio Mera Araya
Ingeniero Civil Mecánico
Subgerente de Mediciones
Proterm S.A.

Fernando Castillo Seguel
Ingeniero (E) Mecánico
Supervisor de Mediciones
Proterm S.A.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



ISO 9001:2008

2014-M-3483

6.- Resumen de Datos, Cálculos y Antecedentes:

Listado de Anexos:

- Anexo N°1: Resultados mediciones de Material Particulado Total
- Anexo N°2: Resultados mediciones de Gases
- Anexo N°3: Resultados de análisis Granulométrico
- Anexo N°4: Resultados de análisis de Humedad
- Anexo N°5: Autorizaciones y certificaciones Proterm S.A.



ISO 9001:2008

2014-M-3483

Anexo N°1: Resultados mediciones de Material Particulado Total

| | | | | | | | |
|---|---------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|----------------------------|
| PROTERM S.A. | | | | | | | V.3.0 |
| RESULTADOS MEDICIÓN ISOCINÉTICA MATERIAL PARTICULADO | | | | | | | |
| Empresa | : | Coca-Cola Embonor S.A. | | | | | |
| Fuente | : | Chimenea Caldera Planta Térmica | | | | | |
| Lugar de medición | : | Salida Chimenea | | | | | |
| Ensayo N° | : | 2014-M-3483 | | | | | |
| Fecha | : | 16 de Diciembre de 2014 | | | | | |
| Metodología | : | CH-5 | | | | | |
| Condición Normalizada | : | Temperatura | 25 °C | | | | |
| | | Presión | 760 mm Hg | | | | |
| Item | Parámetro | Fecha | 16-dic | 16-dic | 16-dic | Promedio | Desviación estándar |
| | | Hora | 13:25-13:57 | 14:20-14:52 | 15:10-15:42 | | |
| | | Corrida N° | 1 | 2 | 3 | | |
| | | Filtro N° | 6.949 | 6.951 | 6.946 | | |
| 1.0 | Datos de la fuente | | | | | | |
| 1.1 | Diámetro chimenea | m | 0,560 | 0,560 | 0,560 | | |
| 1.2 | Tipo combustible | | Biomasa | Biomasa | Biomasa | | |
| 2.0 | Datos del equipo | | | | | | |
| 2.1 | Coefficiente @H | mm Hg | 45,651 | 45,651 | 45,651 | | |
| 2.2 | Coefficiente Y | | 0,999 | 0,999 | 0,999 | | |
| 2.3 | Coefficiente pitot | | 0,84 | 0,84 | 0,84 | | |
| 2.4 | Diámetro boquilla | mm | 11,18 | 11,08 | 11,18 | | |
| 3.0 | Datos de terreno | | | | | | |
| 3.1 | Ambiente | | | | | | |
| 3.1.1 | Temperatura | °C | 22,0 | 24,0 | 26,0 | 24,0 | |
| 3.1.2 | Humedad | % | 50 | 48 | 48 | 49 | |
| 3.1.3 | Presión | mm Hg | 765 | 765 | 764 | 765 | |
| 3.2 | Fuente | | | | | | |
| 3.2.1 | Temperatura | °C | 149 | 155 | 157 | 154 | |
| 3.2.2 | Presión | mm c.a. | -2,0 | -2,0 | -2,0 | -2,0 | |
| 3.2.3 | CO2 | % | 2,98 | 3,60 | 4,40 | 3,66 | |
| 3.2.4 | O2 | % | 16,2 | 15,5 | 14,6 | 15,5 | |
| 3.2.5 | CO | % | 0,13 | 0,05 | 0,04 | 0,07 | |
| 3.3 | Equipo | | | | | | |
| 3.3.1 | Temperatura DGM | °C | 23 | 24 | 26 | | |
| 3.3.2 | Presión DGM | mm c.a. | 61 | 57 | 48 | | |
| 3.3.3 | Volumen DGM | m3 | 0,763 | 0,748 | 0,690 | | |
| 3.3.4 | Tiempo muestreo | min. | 32 | 32 | 32 | | |
| 3.3.5 | Delta p pitot | mm c.a. | 2,5 | 2,4 | 2,0 | | |



ISO 9001:2008

2014-M-3483

| | | | | | | | |
|------------|-------------------------------------|---------|-------|-------|-------|--------------|------|
| 4.0 | Datos de Laboratorio | | | | | | |
| 4.1 | Volumen condensado | ml | 53,0 | 52,0 | 47,9 | | |
| 4.2 | Agua en sílica | g | 7,2 | 7,1 | 6,5 | | |
| 4.3 | Peso material en filtro | mg | 62,2 | 47,5 | 37,4 | | |
| 4.4 | Peso material en acetona | mg | 17,9 | 7,70 | 15,3 | | |
| 5.0 | Resultados intermedios | | | | | | |
| 5.1 | Peso material total | mg | 80,1 | 55,2 | 52,7 | | |
| 5.2 | Humedad gases | | | | | | |
| 5.2.1 | Volumen agua | ml | 60 | 59 | 54 | | |
| 5.2.2 | Volumen vapor | m3N | 0,08 | 0,08 | 0,07 | | |
| 5.2.3 | Humedad real | % | 9,50 | 9,54 | 9,61 | 9,55 | 0,06 |
| 5.3 | Volumen DGM | m3N | 0,78 | 0,76 | 0,69 | | |
| 5.4 | Peso molecular | | | | | | |
| 5.4.1 | Seco | g/g-mol | 29,2 | 29,2 | 29,3 | | |
| 5.4.2 | Húmedo | g/g-mol | 28,1 | 28,1 | 28,2 | | |
| 5.5 | Velocidad gases | m/s | 6,51 | 6,42 | 5,87 | 6,26 | |
| 5.6 | Exceso de aire | % | 315 | 264 | 216 | 265 | |
| 5.7 | Isocinetismo | % | 99 | 101 | 100 | | |
| 6.0 | Resultados finales | | | | | | |
| 6.1 | Flujo gases | | | | | | |
| 6.1.1 | Real húmedo | m3/h | 5.771 | 5.690 | 5.203 | 5.555 | 307 |
| 6.1.2 | Normalizado húmedo | m3N/h | 4.101 | 3.987 | 3.624 | 3.904 | 249 |
| 6.1.3 | Normalizado seco | m3N/h | 3.711 | 3.607 | 3.276 | 3.531 | 227 |
| 6.2 | Concentración partículas | | | | | | |
| 6.2.1 | Normalizado seco | mg/m3N | 103 | 72,7 | 76,0 | 83,9 | 16,7 |
| 6.3 | Emisión material particulado | | | | | | |
| 6.3.1 | Emisión horaria | kg/h | 0,38 | 0,26 | 0,25 | 0,30 | 0,07 |
| 6.3.2 | Emisión diaria | kg/día | 9,18 | 6,29 | 5,98 | 7,15 | 1,77 |



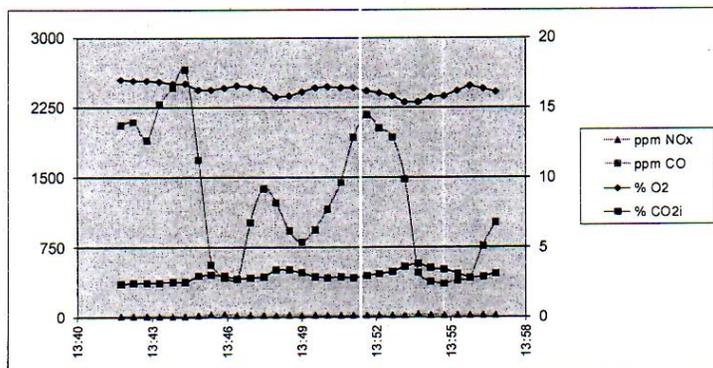
ISO 9001:2008

2014-M-3483

Anexo N°2: Resultados mediciones de Gases

| PROTERM S.A. | | | | | | |
|---------------------|------|---------------------------------|--------|---------|--------|---------|
| Empresa | | Coca-Cola Embonor S.A. | | | | |
| Fuente | | Chimenea Caldera Planta Térmica | | | | |
| Fecha | | 16 de Diciembre de 2014 | | | | |
| Corrida N° | | 1 | | | | |
| Fecha/hora | % O2 | ppm CO | % CO2I | ppm NO2 | ppm NO | ppm NOx |
| 16/12/2014 13:42:27 | 17,0 | 2062 | 2,36 | 1 | 9 | 9 |
| 16/12/2014 13:42:57 | 16,9 | 2089 | 2,42 | 1 | 8 | 9 |
| 16/12/2014 13:43:27 | 16,9 | 1896 | 2,43 | 1 | 9 | 10 |
| 16/12/2014 13:43:57 | 16,8 | 2275 | 2,47 | 1 | 8 | 9 |
| 16/12/2014 13:44:27 | 16,7 | 2459 | 2,51 | 1 | 6 | 7 |
| 16/12/2014 13:44:57 | 16,7 | 2652 | 2,53 | 1 | 4 | 4 |
| 16/12/2014 13:45:27 | 16,2 | 1692 | 2,94 | 1 | 11 | 12 |
| 16/12/2014 13:45:57 | 16,2 | 569 | 3,04 | 1 | 21 | 23 |
| 16/12/2014 13:46:27 | 16,3 | 424 | 2,95 | 1 | 24 | 26 |
| 16/12/2014 13:46:57 | 16,6 | 415 | 2,77 | 1 | 16 | 17 |
| 16/12/2014 13:47:27 | 16,4 | 1020 | 2,82 | 1 | 14 | 15 |
| 16/12/2014 13:47:57 | 16,3 | 1381 | 2,93 | 1 | 13 | 15 |
| 16/12/2014 13:48:27 | 15,7 | 1225 | 3,39 | 1 | 17 | 18 |
| 16/12/2014 13:48:57 | 15,8 | 926 | 3,38 | 1 | 16 | 17 |
| 16/12/2014 13:49:27 | 16,1 | 805 | 3,16 | 2 | 15 | 17 |
| 16/12/2014 13:49:57 | 16,4 | 945 | 2,91 | 1 | 13 | 14 |
| 16/12/2014 13:50:27 | 16,5 | 1160 | 2,83 | 2 | 12 | 13 |
| 16/12/2014 13:50:57 | 16,4 | 1446 | 2,86 | 1 | 12 | 13 |
| 16/12/2014 13:51:27 | 16,4 | 1927 | 2,81 | 1 | 11 | 13 |
| 16/12/2014 13:51:57 | 16,2 | 2170 | 2,99 | 1 | 11 | 12 |
| 16/12/2014 13:52:27 | 16,0 | 2026 | 3,10 | 1 | 12 | 13 |
| 16/12/2014 13:52:57 | 15,8 | 1934 | 3,27 | 1 | 13 | 15 |
| 16/12/2014 13:53:27 | 15,4 | 1479 | 3,65 | 2 | 17 | 18 |
| 16/12/2014 13:53:57 | 15,3 | 476 | 3,65 | 2 | 20 | 22 |
| 16/12/2014 13:54:27 | 15,7 | 379 | 3,52 | 2 | 16 | 20 |
| 16/12/2014 13:54:57 | 15,8 | 354 | 3,42 | 2 | 17 | 19 |
| 16/12/2014 13:55:27 | 16,1 | 392 | 3,15 | 2 | 17 | 19 |
| 16/12/2014 13:55:57 | 16,5 | 424 | 2,83 | 2 | 15 | 17 |
| 16/12/2014 13:56:27 | 16,3 | 780 | 2,90 | 2 | 14 | 16 |
| 16/12/2014 13:56:57 | 16,1 | 1017 | 3,15 | 2 | 15 | 17 |

Promedio 16,2 1293 2,98 1 14 15





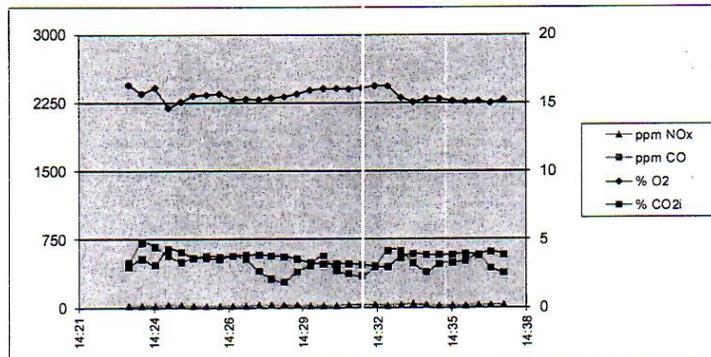
ISO 9001:2008

2014-M-3483

PROTERM S.A.
 Empresa Coca-Cola Embonor S.A.
 Fuente Chimenea Caldera Planta Térmica
 Fecha 16 de Diciembre de 2014
 Corrida Nº 2

| Fecha/hora | % O2 | ppm CO | % CO2i | ppm NO2 | ppm NO | ppm NOx |
|---------------------|------|--------|--------|---------|--------|---------|
| 16/12/2014 14:23:03 | 16,3 | 488 | 2,96 | 3 | 14 | 17 |
| 16/12/2014 14:23:33 | 15,6 | 711 | 3,52 | 1 | 19 | 20 |
| 16/12/2014 14:24:03 | 16,1 | 667 | 3,11 | 7 | 14 | 21 |
| 16/12/2014 14:24:33 | 14,6 | 571 | 4,25 | 2 | 23 | 25 |
| 16/12/2014 14:25:03 | 15,1 | 505 | 4,04 | 3 | 19 | 22 |
| 16/12/2014 14:25:33 | 15,5 | 549 | 3,64 | 3 | 15 | 18 |
| 16/12/2014 14:26:03 | 15,5 | 569 | 3,60 | 3 | 15 | 18 |
| 16/12/2014 14:26:33 | 15,6 | 558 | 3,53 | 3 | 15 | 18 |
| 16/12/2014 14:27:03 | 15,2 | 571 | 3,80 | 3 | 15 | 18 |
| 16/12/2014 14:27:33 | 15,2 | 531 | 3,83 | 4 | 16 | 20 |
| 16/12/2014 14:28:03 | 15,2 | 403 | 3,87 | 4 | 19 | 22 |
| 16/12/2014 14:28:33 | 15,4 | 318 | 3,77 | 4 | 20 | 24 |
| 16/12/2014 14:29:03 | 15,4 | 283 | 3,73 | 4 | 20 | 23 |
| 16/12/2014 14:29:33 | 15,6 | 391 | 3,53 | 4 | 18 | 22 |
| 16/12/2014 14:30:03 | 16,0 | 461 | 3,27 | 4 | 17 | 20 |
| 16/12/2014 14:30:33 | 16,0 | 569 | 3,18 | 4 | 16 | 20 |
| 16/12/2014 14:31:03 | 16,0 | 406 | 3,18 | 4 | 17 | 21 |
| 16/12/2014 14:31:33 | 16,0 | 367 | 3,20 | 10 | 18 | 28 |
| 16/12/2014 14:32:03 | 16,1 | 342 | 3,11 | 10 | 17 | 27 |
| 16/12/2014 14:32:33 | 16,3 | 443 | 3,01 | 10 | 17 | 27 |
| 16/12/2014 14:33:03 | 16,2 | 621 | 2,98 | 3 | 17 | 20 |
| 16/12/2014 14:33:33 | 15,4 | 621 | 3,63 | 5 | 22 | 27 |
| 16/12/2014 14:34:03 | 15,0 | 492 | 3,94 | 11 | 24 | 35 |
| 16/12/2014 14:34:33 | 15,2 | 388 | 3,82 | 3 | 19 | 22 |
| 16/12/2014 14:35:03 | 15,3 | 480 | 3,81 | 4 | 17 | 21 |
| 16/12/2014 14:35:33 | 15,2 | 494 | 3,86 | 4 | 17 | 21 |
| 16/12/2014 14:36:03 | 15,1 | 511 | 3,95 | 4 | 18 | 21 |
| 16/12/2014 14:36:33 | 15,2 | 569 | 3,88 | 4 | 18 | 22 |
| 16/12/2014 14:37:03 | 15,0 | 436 | 4,07 | 4 | 21 | 26 |
| 16/12/2014 14:37:33 | 15,2 | 374 | 3,88 | 10 | 21 | 30 |

Promedio 15,5 490 3,60 5 18 23





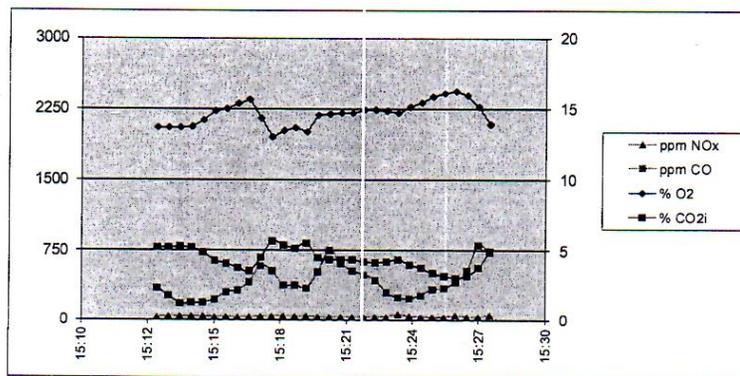
ISO 9001:2008

2014-M-3483

PROTERM S.A.
 Empresa Coca-Cola Embonor S.A.
 Fuente Chimenea Caldera Planta Térmica
 Fecha 16 de Diciembre de 2014
 Corrida N° 3

| Fecha/hora | % O2 | ppm CO | % CO2i | ppm NO2 | ppm NO | ppm NOx |
|---------------------|------|--------|--------|---------|--------|---------|
| 16/12/2014 15:13:21 | 13,7 | 343 | 5,24 | 3 | 29 | 31 |
| 16/12/2014 15:13:51 | 13,7 | 267 | 5,24 | 6 | 32 | 38 |
| 16/12/2014 15:14:21 | 13,7 | 181 | 5,28 | 2 | 34 | 35 |
| 16/12/2014 15:14:51 | 13,7 | 187 | 5,21 | 2 | 33 | 35 |
| 16/12/2014 15:15:21 | 14,2 | 191 | 4,88 | 3 | 32 | 35 |
| 16/12/2014 15:15:51 | 14,8 | 225 | 4,31 | 3 | 27 | 30 |
| 16/12/2014 15:16:21 | 15,0 | 305 | 4,10 | 3 | 26 | 29 |
| 16/12/2014 15:16:51 | 15,4 | 326 | 3,79 | 4 | 24 | 27 |
| 16/12/2014 15:17:21 | 15,6 | 413 | 3,54 | 3 | 24 | 27 |
| 16/12/2014 15:17:51 | 14,3 | 586 | 4,49 | 4 | 31 | 34 |
| 16/12/2014 15:18:21 | 13,0 | 535 | 5,67 | 4 | 40 | 43 |
| 16/12/2014 15:18:51 | 13,5 | 379 | 5,41 | 3 | 36 | 40 |
| 16/12/2014 15:19:21 | 13,6 | 384 | 5,20 | 3 | 33 | 36 |
| 16/12/2014 15:19:51 | 13,4 | 350 | 5,53 | 3 | 36 | 39 |
| 16/12/2014 15:20:21 | 14,5 | 518 | 4,51 | 4 | 24 | 27 |
| 16/12/2014 15:20:51 | 14,6 | 754 | 4,39 | 4 | 22 | 26 |
| 16/12/2014 15:21:21 | 14,7 | 612 | 4,35 | 4 | 22 | 26 |
| 16/12/2014 15:21:51 | 14,7 | 534 | 4,35 | 4 | 23 | 28 |
| 16/12/2014 15:22:21 | 14,9 | 492 | 4,22 | 5 | 21 | 25 |
| 16/12/2014 15:22:51 | 14,9 | 438 | 4,17 | 5 | 22 | 26 |
| 16/12/2014 15:23:21 | 14,8 | 300 | 4,22 | 6 | 25 | 32 |
| 16/12/2014 15:23:51 | 14,7 | 243 | 4,37 | 29 | 30 | 58 |
| 16/12/2014 15:24:21 | 15,1 | 234 | 4,02 | 7 | 27 | 34 |
| 16/12/2014 15:24:51 | 15,4 | 274 | 3,75 | 6 | 24 | 30 |
| 16/12/2014 15:25:21 | 15,9 | 333 | 3,40 | 1 | 22 | 23 |
| 16/12/2014 15:25:51 | 16,1 | 344 | 3,21 | 5 | 21 | 26 |
| 16/12/2014 15:26:21 | 16,2 | 413 | 3,06 | 23 | 21 | 44 |
| 16/12/2014 15:26:51 | 15,9 | 528 | 3,22 | 6 | 24 | 29 |
| 16/12/2014 15:27:21 | 15,2 | 805 | 3,75 | 4 | 25 | 29 |
| 16/12/2014 15:27:51 | 13,9 | 731 | 4,97 | 20 | 32 | 52 |

Promedio 14,6 408 4,40 6 27 33

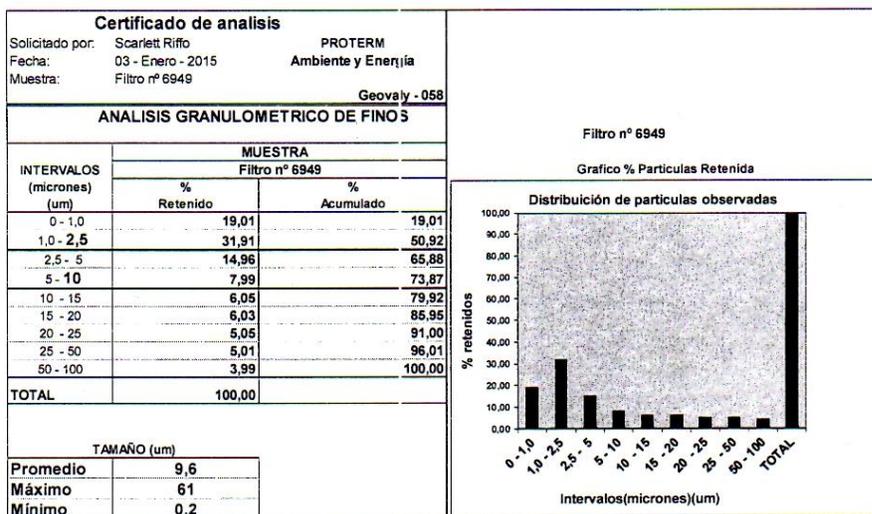




ISO 9001:2008

2014-M-3483

Anexo N°3: Resultados de análisis (Granulométrico)





ISO 9001:2008

2014-M-3483

Anexo N°4: Resultados de análisis de Humedad

| PROTERM S.A. | | RESULTADOS MEDICIÓN DE HUMEDAD COMBUSTIBLE | | | | | V.3.0 |
|--------------|------------|--|-------|-------|---------------------------|--------------------|-------|
| Empresa | : | Coca-Cola Embonor S. A. | | | | | |
| Fuente | : | Chimenea Caldera Planta Térmica | | | | | |
| Ensayo N° | : | 2014-M-3483 | | | | | |
| Fecha | : | 16 de Diciembre de 2014 | | | | | |
| Corrida N° | Bandeja N° | Tara | Bruto | Final | Delta | Humedad% | |
| 1 | 8 | 406,2 | 640,9 | 539,8 | 101 | 43,1 | |
| 2 | 11 | 356,6 | 691,6 | 546,6 | 145 | 43,3 | |
| | | | | | Humedad promedio = | 43,2 % b.h. | |



ISO 9001:2008

2014-M-3483

Anexo N°5: Autorizaciones y certificaciones Proterm S.A.



Contigo mejor salud

RESOLUCIÓN EXENTA N° 00014

CONCEPCION, 08.SEP.2008

VISTOS: Los Antecedentes, la solicitud de autorización 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° 725/67 "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° 20/1.206 de 1996 del Servicio de Salud Coquimbo-Arauco y Res. Ex. 205/6938 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
 - c. Métodos Homologados Oficiales
 - a. Método CH-1 Determinación de Punto de Medición
 - b. Método CH-1A Determinación de Traversas 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 de 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 Carbonico 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 Disolvo de Azufre mediante analizador instrumental
 - m. Método CH-7E Medición Óxido 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



ISO 9001:2008

2014-M-3483

o Métodos No Homologados de Muestreo y Medición a la fecha de esta resolución:

- r. Método EPA 8 Medición Dióxidos de Azufre, SO₃ 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 Fluor)
- 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° 2C5/6938 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° 2C/1206 del 13.JUN.1996 del Servicio de Salud Concepción-Arauco, que autorizó a la empresa PROTERM S.A.
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 Bio 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 BioBío, 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@redsaud.gov.cl y hugo.rojas@redsaud.gov.cl, pertenecientes a la Unidad de Gestión Ambiental de la Autoridad Sanitaria Región del Bio 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



ISO 9001:2008

2014-M-3483

ANÓTESE Y COMUNÍQUESE



Handwritten signature of Andrea Aste von Bennewitz

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 : 2C5010308
- Derechos Cancelados por la cantidad de \$ 366.222 según Comprobante de Recaudación N° 176226 del 15.09.2008



ISO 9001:2008

2014-M-3483

PROTERM S.A.

RUT: 78.165.540-1
 Av. Sanhueza N°1824 B - Concepción
 CHILE

Este es un certificado multi-sitio, detalles del sitio se incluyen en el anexo del presente certificado

Bureau Veritas Certification, certifica que el Sistema de Gestión de la organización mencionada ha sido evaluado y se muestra acorde con los requerimientos de las normas detalladas a continuación.

NORMA

**ISO 9001:2008
 NCh 9001. Of 2009**

ALCANCE DEL SISTEMA

DIAGNÓSTICOS TÉRMICOS, INSPECCIONES DE DIAGNÓSTICOS DE CALDERAS Y EQUIPOS TÉRMICOS, MEDICIONES AMBIENTALES DE MATERIAL PARTICULADO Y GASES EN FUENTES FIJAS BAJO NORMAS NACIONALES CH HOMOLOGADAS Y EPA AMERICANAS.

El Ciclo de Certificación comienza en la fecha: **05 Octubre 2014**

Sujeto a una continua y satisfactoria operación del Sistema de Gestión de la organización.
 Este certificado es válido hasta: **04 Octubre 2017**

Fecha Original de Certificación: **05 Octubre 2011**

Número de Registro DFN: 667 Versión Número: 00 Fecha: Octubre 22, 2014
 Certificado Serie N°: BPCSG3143

Sandra Pizarro Olivares
 Gerente Técnico y Operaciones



Gestión e Impresión Bureau Veritas Certification Chile Francisco Niquero N°100 Oficina 130, Providencia Santiago - Chile



ISO 9001:2008

2014-M-3483



CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 229/14

1.- IDENTIFICACION:

- Nombre Empresa o Razón Social: **PRI TERM S.A.**
- Representante Legal: **MANFRED HEILWIG FRANCKENHOFF**
- R.U.T.: **78.155.540 - 1**; Teléfono: **233 14 12**
- Ubicación: Calle: **AV. SANHUEZA N° 1825 - B**; **PEDRO DE VALDIVIA**; Ciudad: **CONCEPCION**.

2.- IDENTIFICACION DEL EQUIPO:

- Equipo : **SISTEMA DE MEDICION**
- Marca : **ENVIRONMENTAL SUPPLY COMPANY**
- Modelo : **C - 5100**
- N° Serie : **1993-D**
- N° Registro : **ISP-MS-15-04**

3.- **RESULTADOS:** De acuerdo a los procedimientos establecidos en el Manual de Metodologías de Medición y Análisis de Emisiones de Fuentes Fijas, el equipo individualizado anteriormente, presenta los siguientes valores:

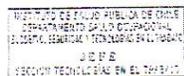
| | |
|-------------------------------------|--|
| - Factor de calibración promedio | $Y = 0,999$ |
| - Diferencial de velocidad promedio | $\Delta H_{10} = 45,651 \text{ mm. H}_2\text{O}$ |
| - Velocidad de fuga | $V_f = 0,0000 \text{ m}^3/\text{min}$ |

4.- **OBSERVACIONES:** La calibración del equipo se efectuó por comparación utilizando como patrón un Medidor de Gas Húmedo, marca Shinjawa Corporation Tokio Factory, modelo W-NK-5A, N° de serie 338885, Informe de Ensayo N° 1112680 de fecha 22/07/13 de DICTUC S.A.

5.- **TOLERANCIA MÁXIMA:** $Y = 1 \pm 0,05$, y para valores individuales $Y = 0,02$ del promedio $\Delta H_{10} = 46,737 \pm 6,35 \text{ mm. H}_2\text{O}$, y para valores individuales $\Delta H_{10} = 0,20$ del promedio.

6.- **CONCLUSIONES:** Este Laboratorio de Calibración certifica que, el equipo anteriormente individualizado, cumple con los requerimientos indicados en el Manual de Metodologías de Medición y Análisis de Emisiones de Fuentes Fijas. Este certificado será válido mientras el equipo no sufra modificaciones y/o reparaciones y tendrá una vigencia de un año.

Fecha: 11/07/14



ING. MIGUEL L. CAMUS BUSTOS
SECCIÓN TECNOLOGÍAS EN EL TRABAJO
INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE



ISO 9001:2008

2014-M-3483



CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº 230/14

1.- IDENTIFICACION:

- Nombre Empresa o Razón Social: PRO*TERM S.A.
- Representante Legal: MANFRED HELLWIG FRANCKENHOFF
- R.U.T: 75.155.540 - 1; Teléfono: 233 14 12
- Ubicación: Calle: AV. SANHUEZA Nº 1825 - B; PEDRO DE VALDIVIA - CONCEPCION

2.- IDENTIFICACION DEL EQUIPO:

- Equipo : SENSOR DE TEMPERATURA ENTRADA MEDIDOR GAS SECO.
- Nº Registro : ISP-ST-15-07

3.- RESULTADOS: De acuerdo a los procedimientos establecidos en el Manual de Metodologías de Medición y Análisis de Emisiones de Fuentes Fijas, el equipo individualizado anteriormente, presenta los siguientes valores:

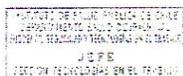
| Fuente | Temperatura de Referencia (°C) | Temperatura Termocupla (°C) | Diferencia Temperatura (%) |
|--------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Hielo | 0,0 | 0 | 0,00 |
| Agua | 25,0 | 25 | 0,00 |
| Agua | 50,0 | 50 | 0,00 |

4.- OBSERVACIONES: Instrumentos de medición utilizados: Termómetro de Inmersión parcial, columna de Hg, rango de 0 °C - 200 °C, resolución de 0,2 °C, marca H-B Instrument Company, con Certificado de Calibración Nº 2012-6246 de fecha 12/17/12 del Laboratorio de Calibración de DTS Ltda. con trazabilidad NIST, magnitud Temperatura.

5.- TOLERANCIAS: Diferencia de temperatura máxima = 1,5%

6.- CONCLUSION: Este Laboratorio de Calibración certifica que, el equipo anteriormente individualizado, cumple con los requerimientos indicados en el Manual de Metodologías de Medición y Análisis de Emisiones de Fuentes Fijas. Este certificado será válido mientras el equipo no sufra modificaciones y/o reparaciones y tendrá una vigencia de un año.

Fecha: 11/07/14



ING. MICHEL L. CAMUS BUSTOS
SECCIÓN TECNOLOGÍAS EN EL TRABAJO
INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE



ISO 9001:2008

2014-M-3483



CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº 231/14

1.- IDENTIFICACION:

- Nombre Empresa o Razón Social: PROTERM S.A.
- Representante Legal: MANFRED HELMWIG FRANCKENHOFF
- R.U.T.: 78.155.540 - Teléfono: 233 14 12
- Ubicación: Calle: AV. SANHUEZA, Nº 1325 - B; PEDRO DE VALDIVIA - CONCEPCION

2.- IDENTIFICACION DEL EQUIPO:

- Equipo : SENSOR DE TEMPERATURA SALIDA MEDIDOR GAS SECO.
- Nº Registro : ISP-ST-15-08

3.- RESULTADOS: De acuerdo a los procedimientos establecidos en el Manual de Metodologías de Medición y Análisis de Emisiones de Fuentes Fijas, al ajuste individualizado anteriormente, presenta los siguientes valores:

| Fuente | Temperatura de Referencia (°C) | Temperatura Termocouple (°C) | Diferencia Temperatura (%) |
|--------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Hielo | 0,0 | 0 | 0,00 |
| Agua | 25,0 | 25 | 0,00 |
| Agua | 50,0 | 50 | 0,00 |

4.- OBSERVACIONES: Instrumentos de medición utilizados: Termómetro de inmersión parcial, columna de Hg., rango de 0 °C - 200 °C, resolución de 0,2 °C, marca H-B Instrument Company, con Certificado de Calibración Nº 2012-6248 de fecha 12/17/12 del Laboratorio de Calibración de DTS Ltda. con trazabilidad NIST, magnitud Temperatura.

5.- TOLERANCIAS: Diferencia de temperatura máxima = 1,5%

6.- CONCLUSION: Este Laboratorio de Calibración certifica que, el equipo anteriormente individualizado, cumple con los requerimientos indicados en el Manual de Metodologías de Medición y Análisis de Emisiones de Fuentes Fijas. Este certificado será válido mientras el equipo no sufra modificaciones y/o reparaciones y tendrá una vigencia de un año.

Fecha: 11/07/14



ING. MIGUEL L. CAMUS BUSTOS
SECCIÓN TECNOLOGÍAS EN EL TRABAJO
INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE



ISO 9001:2008

2014-M-3483



CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 039-14

1.- IDENTIFICACION:

- Nombre Empresa o Razon Social: **PRCTERM S.A.**
- Representante Legal: **MANFRED HELMIG FRANCKENHOFF**
- RUT: **75.159.540 - 1** Teléfono: **233 14 12**
- Ubicación Chile: **AV. SANHUEZA N° 1825 - B; PEDRO DE VALDIVIA - CONCEPCION**

2.- IDENTIFICACION DEL EQUIPO:

- Equipo: **JUEGO DE BOQUILLA SONDA: DE 3/8; 3/8; 7/16; 7/16; 5/32; 5/32 y 1/8 pulg.**

3.- RESULTADOS: De acuerdo a los procedimientos estandarizados en el Manual de Metodologías de Medición y Análisis de Emisiones de Fuentes Fijas, el equipo identificado anteriormente, tiene las siguientes dimensiones:

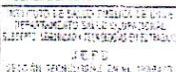
| Boquilla N° | Material | Diámetro Nominal (mm) | Diámetro Promedio (mm) | Diferencia Máxima (mm) | Ángulo Punta (°) |
|-------------|----------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| BS-15-01 | Vidrio | 3/8 | 3,98 | 0,03 | 14 |
| BS-15-02 | Vidrio | 3/8 | 3,97 | 0,03 | 14 |
| BS-15-16 | Ac. inoxidable | 7/16 | 11,13 | 0,07 | 15 |
| BS-15-17 | Ac. inoxidable | 7/16 | 11,03 | 0,08 | 15 |
| BS-15-20 | Ac. inoxidable | 5/32 | 3,90 | 0,08 | 15 |
| BS-15-21 | Ac. inoxidable | 5/32 | 3,70 | 0,07 | 15 |
| BS-15-18 | Ac. inoxidable | 1/8 | 3,16 | 0,06 | 15 |

4.- OBSERVACIONES: Instrumentos de medición utilizados: Pls. de Metro digital, rango de 0 - 150 mm, resolución de 0,01 mm, marca KOLTHUEN Certificado de Calibración N° 2013 - 0172 de fecha 10/01/13 del Laboratorio de Calibración de Longitud de DTS Ltda. y Medidor de Ángulos, marca Mitutoyo, rango de 0 - 360°, resolución de 5", con Certificado de Calibración N° SMC - 36589 de fecha 03/07/13, del Laboratorio de Calibración en la Magnitud Longitud de CESMCO S.A.

5.- TOLERANCIAS MÁXIMAS: Diferencia de diámetros si 0,1 mm y Ángulo de Punta si 20°

6.- CONCLUSIONES: Este Laboratorio de Calibración verifica que el equipo anteriormente individualizado, cumple con los requerimientos indicados en el Manual de Metodologías de Medición y Análisis de Emisiones de Fuentes Fijas. Este certificado será válido mientras el equipo no sufra modificaciones y/o reparaciones y tendrá una vigencia de un año.

Fecha: 11/03/14



ING. MIGUEL L. CAMUS BUSTOS
SECCIÓN TECNOLOGÍAS EN EL TRABAJO
INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE



ISO 9001:2008

2014-M-3483



CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº 325/14

1.- IDENTIFICACION:

- Nombre Empresa o Razón Social: **PROTERM S.A.**
- Representante Legal: **MANFRED HELMIG FRANKENHOFF**
- R.U.T.: **78.155.540 - 3**; Teléfono: **233 14 12**
- Ubicación: Calle. AV. SANHUEZA, Nº **1825 - B**; **PEDRO DE VALDIVIA - CONCEPCION**

2.- IDENTIFICACION DEL EQUIPO:

- Equipo: **TUBO DE PITOT TIPO S**
- Nº Registro: **ISP-TP-15-01**

3.- **RESULTADOS:** De acuerdo a los procedimientos establecidos en el Manual de Metodologías de Medición y Análisis de Emisiones de Fuentes Fijas, el equipo identificado anteriormente, tiene las siguientes dimensiones:

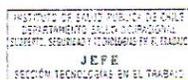
| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| - $\alpha_1 = 1.00^\circ$ | - $\alpha_2 = 0.00^\circ$ |
| - $\beta_1 = 0.00^\circ$ | - $\beta_2 = 1.00^\circ$ |
| - Z = 0.00 (mm) | - W = 0.00 (mm) |
| - P ₁ = 11.67 (mm) | - P ₂ = 11.67 (mm) |
| - D ₁ = 9.51 (mm) | ISP-TP-15-01 |

4.- **OBSERVACIONES:** Instrumentos de medición utilizados: Pie de Metro digital, rango de 0 - 150 mm, resolución de 0.01 mm, marca KNUTH, con Certificado de Calibración Nº 2013 - 0172 de fecha 10/01/13 del Laboratorio de Calibración de Longitud de DTS Ltda. y Medidor de Ángulos, marca Mitutoyo, rango de 0 - 360°, resolución de 5", con Certificado de Calibración Nº SMC - 36589 de fecha 03/07/13, del Laboratorio de Calibración en la Magnitud Longitud de CESMEC S.A.

5.- **TOLERANCIAS MÁXIMAS:** α_1 y $\alpha_2 \leq 1^\circ$; β_1 y $\beta_2 \leq 5^\circ$; Z ≤ 3.2 mm. y W ≤ 0.9 mm.

6.- **CONCLUSIONES:** Este Laboratorio de Calibración, certifica que, el equipo individualizado anteriormente, cumple con los requerimientos indicados en el Manual de Metodologías de Medición y Análisis de Emisiones de Fuentes Fijas. Este certificado será válido mientras el equipo no sufra modificaciones y/o reparaciones y tendrá una vigencia de un año.

Fecha: 08/09/14



ING. MIGUEL L. CAMUS BUSTOS
SECCION TECNOLOGIAS EN EL TRABAJO
INSTITUTO DE SALUD PUBLICA DE CHILE