

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

METODOLOGIA PARA LA INSPECCION DE UNA CALDERA DE RECUPERACION
DE REACTIVOS QUIMICOS

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

PRESENTA POR
P.I.Q ROBERTO MEZA CORTES

ASESOR
M.C RODOLFO RUIZ HERNANDEZ

MORELIA, NOVIEMBRE DE 2011

INDICE

	Pagina
I OBJETIVO	4
II GENERALIDADES	7
III METODOLOGIA	21
IV ANALISIS Y DISCUSIÓN	75
V CONCLUSIONES Y REFERENCIAS	76

I. OBJETIVO DEL ESTUDIO

I.-OBJETIVO DEL TRABAJO

Proveer la información necesaria que permita a los usuarios de la caldera de recuperación identificar de manera oportuna y correcta condiciones que de manera planeada y/o inmediata prevengan:

- EXPLOSION POR CONTACTO DE AGUA – FUNDIDO
- FALLAS EN LAS PARTES SUJETAS A PRESION
- IDENTIFICAR REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO Y/O FALLAS.
- REDUCIR LOS PAROS FORZADOS POR LA FALLA DEL EQUIPO
- REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS Y DE MANTENIMIENTO.

Este trabajo se soporta en las recomendaciones de *ASME, BLRBAC, AFPA, FM y demás organizaciones ligadas con la seguridad de una Caldera de Recuperación.

Todas las partes sujetas a presión en una caldera están expuestas a falla si no fueron diseñadas, operadas y mantenidas adecuadamente.

La seguridad en una caldera de recuperación tiene diferencias importantes que mencionar comparada con una caldera de fuerza que utilice combustibles como gas natural, combustóleo.

La diferencia más importante que se puede mencionar es que en una caldera de recuperación además de una explosión por combustible no quemado, se puede tener una explosión por el contacto de fundido – agua al tener fuga en los tubos de agua.

La explosión ocurrida por contacto de agua-fundido es el riesgo más grande de una caldera de recuperación, pues al suceder esto se tiene una evaporación súbita que produce un gran incremento de volumen dentro del hogar y con una onda de presión superior a los 100,000 pa, fuerza suficiente para producir daños a todas las partes de la caldera, esta es la razón por la cual se debe de atender siempre que el riesgo sea cero y que la predicción de fallas sea la clave de cero riesgos.

En la mayoría de las ocasiones los problemas pueden evitarse cuando se realiza inspecciones oportunas y se hacen las debidas correcciones.

Los métodos de evaluación del estado de una caldera son principalmente:

- A.- INSPECCION VISUAL
- B.- MEDICION DE ESPESORES (UT) TUBOS EXPUESTOS Y FACIL ACCESO
- C.- MEDICION DE ESPESORES (UT) WIP TUBOS DIFICIL ACCESO.
- D.- PRUEBAS HIDROSTATICAS

Usando todas las anteriores técnicas siempre debemos de realizar lo siguiente.

1. OBSERVAR OPORTUNAMENTE E IDENTIFICAR LOS PROBLEMAS EXISTENTES Y LOS PROBLEMAS POTENCIALES.
2. COMUNICAR EFECTIVAMENTE LAS SITUACIONES ENCONTRADAS.
3. INICIAR EL PLAN DE CORRECCION INMEDIATA Y/O PLANEADA.

Las principales causas de Falla en las partes sujetas a presión de una Caldera de Recuperación son:

- 40 % Falla en Soldaduras
- 24 % Fatiga Térmica ó Mecánica
- 28 % Falla por corrosión (Espesor Bajo)
- 4 % Falla por Sobrecalentamiento
- 4 % Falla al tener Corrosión por stress asistido

La Localización de las fallas en la Caldera de Recuperación son en las siguientes partes:

- 41 % Economizadores
- 19 % Sobrecalentadores
- 15 % Banco de Tubos / Domo Superior
- 15 % Tubos en la parte superior del Horno
- 4 % Tubos de la Pantalla
- 4 % Paros de Emergencia Equivocados
- 4 % Canaletas de Fundido

Como fueron descubiertas estas fallas :

- 40 % Inspecciones de Campo
- 5 % Identificadas desde el cuarto de Control
- 55 % Pruebas Hidrostáticas en Paros Programados

Cualquier falla que se tenga en las partes de la Caldera arriba indicadas puede causar serios daños tanto al personal como a las instalaciones.

El Contacto de Agua-Fundido por falla de tubos es uno de los riesgos con mayor severidad pues las consecuencias son serias, pues se expone al personal que labora en la propia caldera como las áreas cercanas.

Es el principal Objetivo de las Inspecciones de Calderas evitar el riesgo de falla de los tubos, llevando un Plan Anual de revisión para evaluar el estado de cada una de sus partes además de llevar a cabo todas las acciones correctivas planeadas.

GENERALIDADES

II.- DESCRIPCION DEL PROCESO KRAFT ò PROCESO AL SULFATO PARA OBTENCION DE CELULOSA DE MADERA.

En el Proceso Kraft o al Sulfato la materia prima principal para la producción de celulosa es la madera, esta se trata con Reactivos químicos a altas temperaturas y presiones para que sea posible disolver los materiales que mantienen unidas las fibras de madera y de esta manera obtener la celulosa, que se caracteriza por su alta resistencia del papel que se produce a partir de ella.

El Proceso al sulfato tiene la flexibilidad de usar cualquier especie de madera, teniendo la necesidad de realizar previamente un estudio para tratarla adecuadamente y se logren los resultados requeridos para el producto final.

Este proceso no sería costeable si los licores residuales de la digestión de la madera no fueran recuperados.

La Contabilidad consiste en la recuperación de los reactivos químicos suministrados para la digestión.

El Proceso Kraft para obtención de Celulosa de Madera consta de Las siguientes etapas.

1.-PREPARACION DE LA MADERA

DIGESTION

DEPURACION Y LAVADO

BLANQUEO

2.-RECUPERACION DE REACTIVOS

EVAPORACION

CALDERA DE RECUPERACION

CAUSTIFICACION

HORNO DE CAL

1. PREPARACION DE LA MADERA

Para la producción de Celulosa de Madera es utilizada como Materia Prima cualquier especie, y es suministrada en forma solida y/o astillas.

La Madera solida puede tener corteza o no.



Madera Solida



Madera Astilla

La Madera en Rollo es Almacenada en Patios y los patios para posteriormente ser astillada.

Ahora bien la Madera Sólida Almacenada en los Patios de Almacenamiento, es transportada por el agua recirculada en un canal que atraviesa los patios de almacenamiento, hasta el descortezador, en donde se elimina la corteza de los troncos que sea necesaria

Al salir del descortezador, los troncos se depositan en una banda transportadora para enviarse al astillador, en donde por medio de cuchillas rotatorias, la madera se troza en astillas de tamaño adecuado para su procesamiento.

Toda vez que los troncos se han convertido en astilla, ésta se sopla neumáticamente hacia los patios donde se almacena en forma de silos a cielo abierto de acuerdo a la especie de que se trate, aquí también se deposita la astilla que llega a la planta de fuentes externas.



Silo Astilla



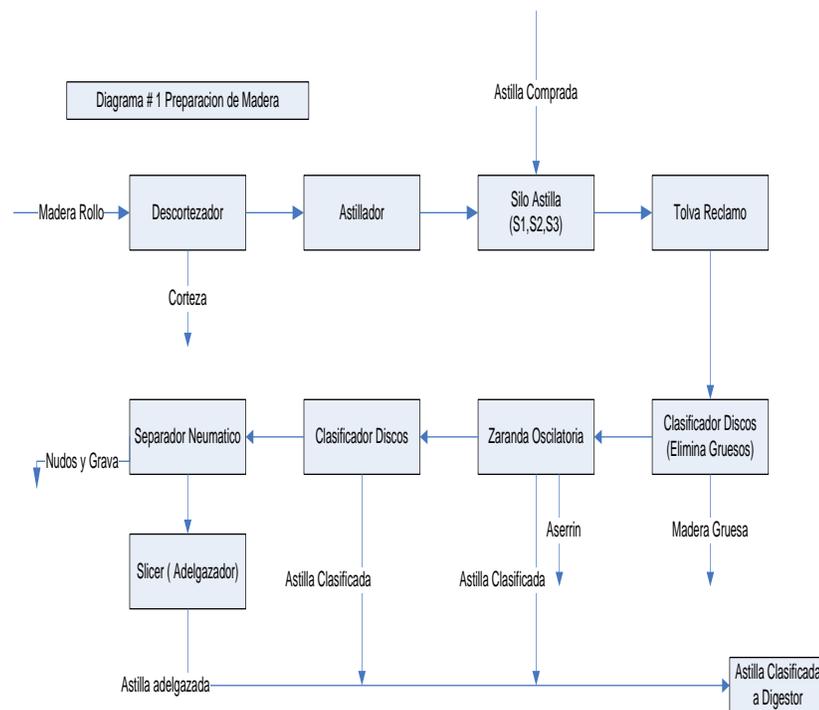
Silos de Astilla

CLASIFICACION DE LA MADERA ASTILLADA

Posteriormente la astilla es dosificada a una tolva que la envía al área de clasificación, donde la función es la de eliminar los materiales gruesos y posteriormente por medio de una criba oscilante se separan los finos (aserrín) producidos durante el astillado, así como la astilla de mayor tamaño que no cumple con las especificaciones requeridas además de los objetos extraños indeseables en el proceso de fabricación.

La astilla grande se pasa a un adelgazador que corta al espesor requerido. La astilla adelgazada se envía al mismo transportador de la astilla clasificada para posteriormente enviarla al digestor para su cocimiento.

La corteza y los trozos indeseables no aptos para cocerse son retirados de la planta y se utilizan como material de relleno en la fabricación de tabique. De la misma manera, los finos (aserrín) provenientes de la criba oscilante se retiran de la planta para disponerse como carga combustible en la elaboración de tabiques.



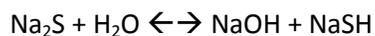
DIGESTION

Las Astillas de Madera clasificada es enviada al digesor por medio de un transportador de bandas de manera continua para mantener el Nivel de la Tolva Local de astilla y garantizar uniformidad en la alimentación.



El propósito de cocer las astillas es disolver la lignina y los demás componentes celulósicos de la madera que unen las fibras entre sí buscando obtener una pulpa de fibras individuales que puedan volver a reunirse en una hoja de papel.

El licor de cocción llamado comúnmente LICOR BLANCO, del proceso consiste principalmente de Hidróxido de sodio (NaOH) más Sulfuro de Sodio (Na_2S), así como de pequeñas cantidades de carbonato de sodio (Na_2CO_3) y sulfato de sodio (Na_2SO_4). El Sulfato de Sodio se hidroliza en agua para formar Hidróxido de Sodio y Sulfhidrato de sodio mediante la siguiente reacción.



La cantidad de Licor blanco a dosificar es en relación a la madera solida seca alimentada.

El Licor blanco y las demás sales de sodio del proceso de recuperación se expresan siempre en forma de Na_2O , con el fin de tener siempre una misma relación.

En este Caso la cantidad de Licor blanco a dosificar será según la especie de madera y de acuerdo a experiencia van desde 20% AA (de álcali activo) base madera seca para Maderas suaves, 19.0 % AA para Maderas Duras y 17.8% AA para el Eucalipto).

La calidad del licor blanco igualmente es controlada en las siguientes variables importantes para la digestión, dichas variables son:

- 1.- Concentración en gpl de AA
- 2.- Sólidos en ppm
- 3.- % Sulfidez (Conc. De Na_2S en el Licor Blanco).

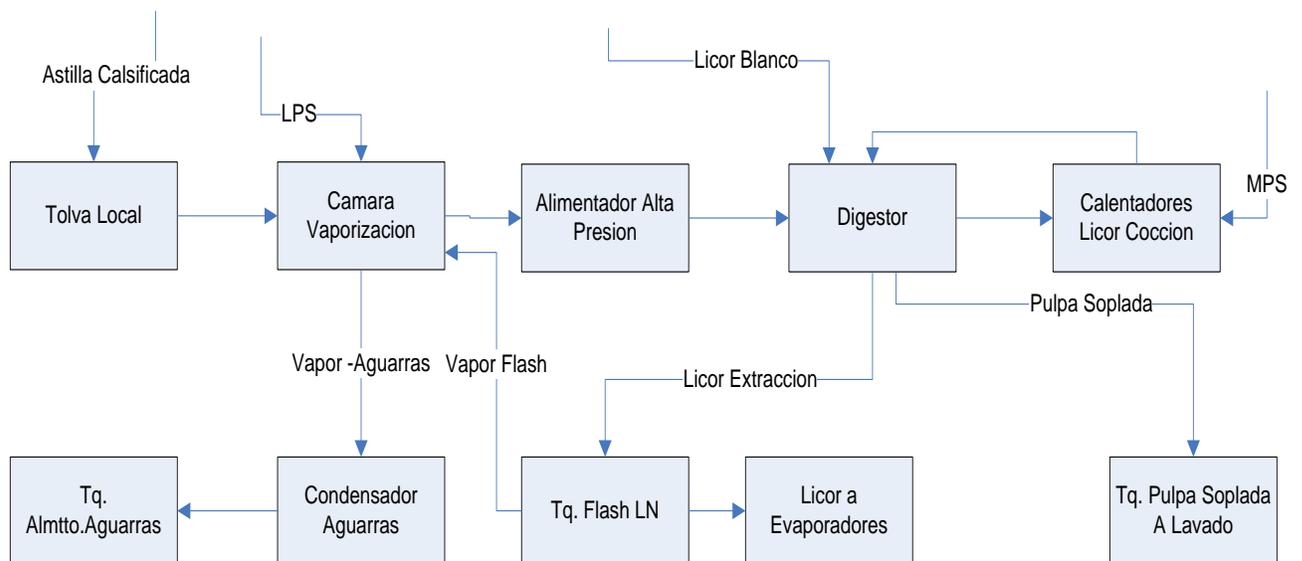
Las astillas destinadas a ser alimentadas al digestor, pasan a través de un alimentador de baja presión para ser depositadas en una cámara de vaporización, donde son tratadas con vapor de 1.5 kg/cm^2 de presión, con el objeto de desalojar los compuestos volátiles como el aguarrás, que es recuperado posteriormente y gases incondensables alojados en las cavidades de la madera, sustituyéndolos con agua para favorecer la difusión y penetración en la etapa siguiente, o sea, la impregnación de astilla con licor de cocimiento.

La astilla vaporizada es alimentada al digestor adicionando el 30% del licor Blanco Total necesario por medio de un alimentador de alta presión, teniendo como vehículo el licor recirculado de la parte superior del digestor que deposita la astilla en la parte superior del digestor contra una presión de 10.5 kg/cm^2 , para iniciar la etapa de impregnación donde son disueltos los componentes (Compuestos de Ca, K) de la madera, al final de esta etapa Aprox. 40 Min, es removido el Licor Blanco Residual con los sólidos disueltos, extraído este licor a través de coladeras ranuradas instaladas en la pared del digestor y enviado al **Área de Recuperación de Reactivos**.

Posterior la columna desciende a la Etapa de Cocimiento, donde se extrae del digestor licor que será calentado de manera indirecta a una temperatura de 162 a 172 °C dependiendo de la especie de madera en proceso, aquí mismo se adiciona el 70% de licor blanco restante para complementar el total de álcali necesario, la columna de astilla permanece descendiendo por 4 hrs más, tiempo necesario para lograr la deslignificación del 97%, al final de esta etapa de cocimiento es extraído el licor residual con los sólidos disueltos que se envía a un intercambiador de calor donde se enfría y al mismo tiempo calienta el licor blanco alimentado, después de ser enfriado y flasheado se envía este licor al **Área de Recuperación de Reactivos**, después de ser extraído el licor residual la celulosa es lavada en contracorriente en contracorriente por espacio de 10 Min. Y al mismo tiempo reducir su temperatura por debajo de 100 C descargándose a tq.s. De almacenamiento Atmosféricos Especiales donde es Explotada por el Cambio de Presiones y tener separadas las fibras.

Dentro del digestor, se va aumentando la presión y la temperatura para propiciar la disolución de la lignina, que se realiza con rapidez. A esta alta temperatura, la Pulpa sería atacada severamente por el hidróxido de sodio, pero gracias a la presencia de sulfuro de sodio el ataque a la Pulpa es retardado por la acción reductora de este componente.

Diagrama No. 2 "Cocimiento de la madera"



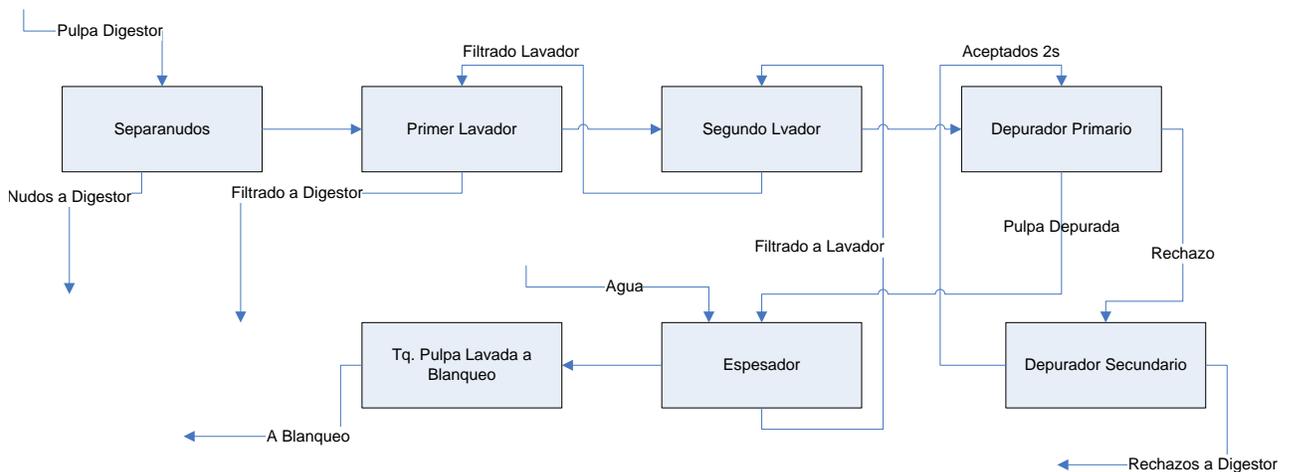
LAVADO Y DEPURADO DE PULPA CAFÉ

Antes de comenzar el lavado, se separan los nudos que no se cocieron en el digestor. El lavado de la pulpa proveniente del digestor, se lleva a cabo en tambores rotatorios a vacío y con flujo de agua a contra corriente en el sentido del flujo de la pulpa. Mediante esta acción de lavado, se remueve la mayor parte del licor negro con que sale la Pulpa del digestor, es importante la remoción del licor negro de la pulpa, ya que para poder blanquearla es necesario eliminar al máximo el licor remanente y sólidos contenidos.

Los licores negros diluidos producto del lavado de la pulpa en los tambores rotatorios se envían al digestor para dar un pre-lavado de la misma.

La depuración de la Pulpa, se lleva a cabo en depuradores centrífugos presurizados para eliminar las impurezas haciendo pasar por la fuerza centrífuga las fibras a través de una platina ranurada de un claro de 0.45 mm y afectarían la apariencia de la pulpa, tal como astillas y partículas más grandes que el normal de la pulpa. El sistema de depuración consta de dos depuradores primarios en paralelo, un depurador secundario. La pulpa lavada y depurada se envía a la siguiente sección. En esta etapa del proceso no existen reportes de Producción.

Diagrama No. 3 "Lavado y depurado de pulpa café"



La eficiencia de lavado es medido por el arrastre de sólidos en la pulpa y es medido en kg/ton de sulfato de sodio contenido en la pulpa lavada.

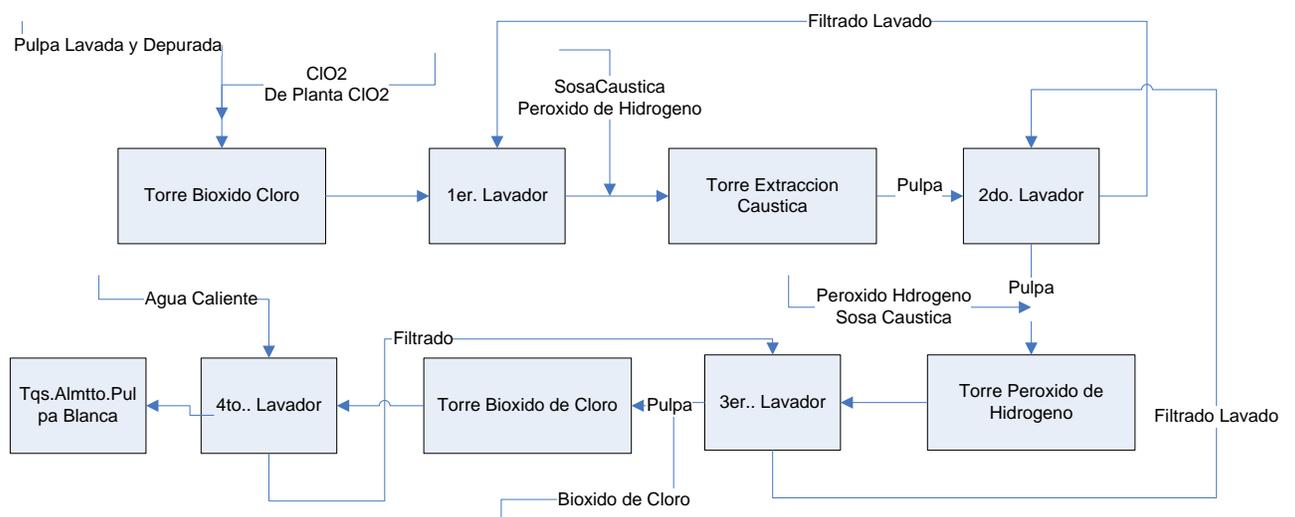
BLANQUEO DE PULPA

Una vez que la Pulpa ha sido lavada y depurada se envía a la sección de blanqueo, donde mediante la adición de reactivos químicos se elimina la lignina residual a través de las siguientes etapas.

- ✓ Etapa de Bióxido de Cloro. El B_Cloro en forma líquida es enviado de La Planta generadora de ClO₂ a 6°C para mezclarlo en un Equipo especial de alta eficiencia tipo fluidizado y aprovechar al máximo el B_Cloro como agente deslignificante. La adición del B_Cloro se controla en forma automática dependiendo de la lignina remanente que la pulpa trae. La pulpa mezclada con el B_Cloro se mantiene en una torre de 35 minutos de retención para permitir el 100% de reacción antes de que la pulpa sea lavada y llevada a su siguiente etapa.
- ✓ Etapa de Peróxido. La pulpa es lavada por segunda ocasión antes de agregarse El Peróxido de Hidrógeno en medio alcalino (10-10.5 PH). El Peróxido de Hidrogeno Además de su poder blanqueador reduce la contaminación de los efluentes.
- ✓ Etapa de Dióxido de Cloro. El uso de dióxido de cloro se debe a la propiedad característica que posee de atacar y oxidar la lignina sin atacar la Pulpa, el alto poder oxidante del Bióxido de Cloro logra alcanzar Blancura de hasta 90 GE.

Una vez que la Pulpa ha sido blanqueada de acuerdo a los parámetros especificados se almacena en tanques y se envía a limpieza y laminado y/o directo a Maquina de Fabricación de Papel.

Diagrama No. 4 “Blanqueo de Pulpa”



2.-RECUPERACION DE REACTIVOS

El Álcali residual más los sólidos disueltos enviado por el Proceso de Digestión son tratados en esta Área que consta de 4 Etapas.

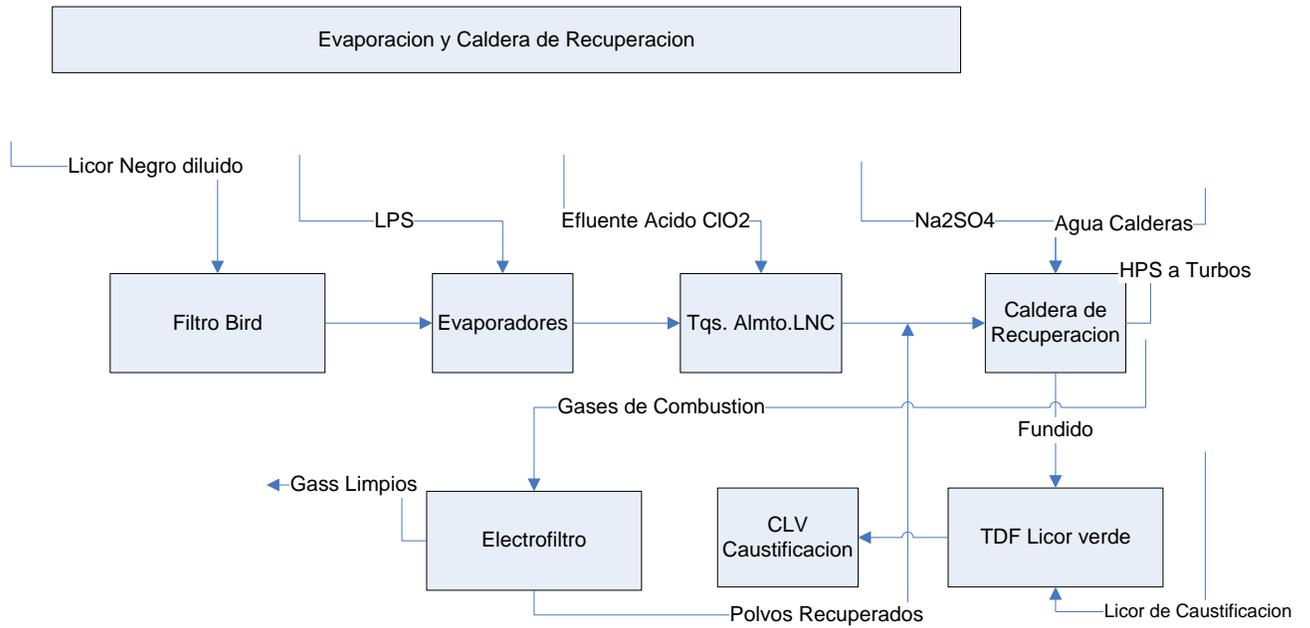
- i. EVAPORACION
- ii. CALDERA DE RECUPERACION
- iii. CAUSTIFICACION
- iv. HORNO DE CAL

2.a.i EVAPORACION

La Primera Etapa de la Recuperación de Reactivos es la Evaporación del Licor Residual ahora llamado como Licor Negro Diluido que se compone de Materia Orgánica Disuelta de la Madera y Materia Inorgánica de los Reactivos Alcalinos Agregados como reactivo de cocimiento, el Licor Negro Diluido es Alimentado a Evaporación con una Concentración de Sólidos del 16-18 % de Sólidos, La Planta de Evaporación de 5 Efectos y utilizando como Unidad de Evacuación Eyectores con Vapor de 13 Kg/cm² , al final del Primer Efecto el Licor Negro tiene una concentración del 65% de Sólidos y un Poder Calorífico de 6,000 BTU/Lb de Solido Seco, Requisito indispensable para utilizarse como combustible en la Caldera de Recuperación, concentraciones inferiores a 6,000 BTU /Lb seria riesgoso su uso. El Licor Negro Evaporado a 65% es ahora conocido como Licor Negro Concentrado (LNC) es almacenado en unos Tqs. Especiales con Agitación y Calentamiento.



Diagrama No. 7 "Recuperación de reactivos, Evaporación-Caldera de recuperación"



2.a.i CALDERA DE RECUPERACION

La Caldera de Recuperación tiene funciones muy importantes en la producción de Celulosa.

- Funciona como reactor químico para producir el Na_2CO_3 y Na_2S
- Es un Generador de Vapor
- Al quemar toda la Materia Orgánica disuelta de la Madera elimina que esto se descargara al Medio Ambiente



El licor negro concentrado proveniente de evaporación, está formado por una parte Combustible y una parte no combustible.

La Parte combustible formada principalmente por Carbón e Hidrogeno de la Lignina, Carbohidratos, Jabón los cuales fueron disueltos cuando la astilla fue cocida en el Digestor.

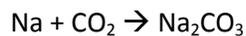
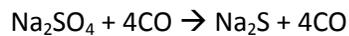
Y la parte No Combustible está formada por el Agua y el Material Inorgánico proveniente del Reactivo de Cocimiento (Licor Blanco) y de la misma Madera. El Material Inorgánico esta formado principalmente por Sodio, Potasio, Carbonatos, Sulfatos, Tiosulfatos, Cloruros, Álcalis Activos Residuales.

El Licor Negro Concentrado (LNC) producido por la planta de Evaporación es enviado al tanque Mezclador donde se le adiciona el sulfato de sodio como reactivo de reposición y los polvos colectados por el precipitador electrostático; mezclado el LNC es espreado dentro del Horno de la Caldera donde el agua es Evaporada, la parte Orgánica es Quemada, la parte de

Material Inorgánico Reacciona y en forma de Fundido es retirado de la Caldera por medio de la Canaletas de Fundido.

El Sulfato de Sodio fue reducido a Sulfuro de Sodio en el Horno de la Caldera, el resto de la materia inorgánica es convertida en una mezcla de Sulfuros y Carbonatos en el Horno, pequeñas porciones de Cloruros y sulfatos también son encontrados en el fundido removido de la Caldera y posteriormente Disuelto.

Las reacciones que se realizan en el hogar de la caldera son las siguientes:



La relación de Material Inorgánico y Orgánico tiene una gran influencia en el comportamiento en el licor como Combustible de La Caldera y sobre La eficiencia de Recuperación de químicos.

Una forma de medir la eficiencia de Recuperación químicos es la relación de $\text{Na}_2\text{S} / (\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ normalmente se considera buena cuando es superior al 90% y por otro la eficiencia de Generación de Vapor, la cual debera de estar de 3 a 4 T de Vapor por T de Solido Seco Quemado.

Finalmente aunque los sólidos disueltos de la madera fueron el combustible para generar vapor, si no se contara con una Caldera de Recuperación seria incosteable la disposición de estos compuestos químicos con su respectivo impacto ambiental.

Es la Caldera de Recuperación la unidad más importante en el ciclo de Recuperación de Químicos para la producción de Celulosa de Madera, pues requiere de Cuidados Especiales en su Operación y Mantenimiento, ya que a diferencia de una Caldera de Fuerza tiene un riesgo de explosión por Contacto Agua-Fundido, esta reacción produce una Evaporación súbita que produce grandes volúmenes de Gases dentro de la Caldera y una onda de Presión Superior a los 100,000 Pa suficiente para provocar daño estructural de la Caldera causando paro de la producción de Celulosa.

2.a.iii CAUSTIFICACION

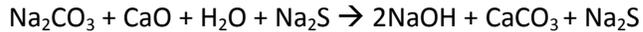
El licor verde se envía a la etapa de Caustificación en donde el carbonato de sodio (Na_2CO_3) se transforma en hidróxido de sodio (NaOH) mediante la adición de óxido de calcio (CaO).



El proceso consiste en alimentar el licor verde a un clarificador donde por sedimentación se separan los materiales inertes, mientras que la solución se envía al apagador de cal en donde se agrega el óxido de calcio (CaO) el cual al contacto con el agua del licor verde se Hidroliza; la reacción de Caustificación se lleva a cabo en tres tanques conectados en serie llamados Caustificadores.

Las reacción de Caustificación es :

Caustificación

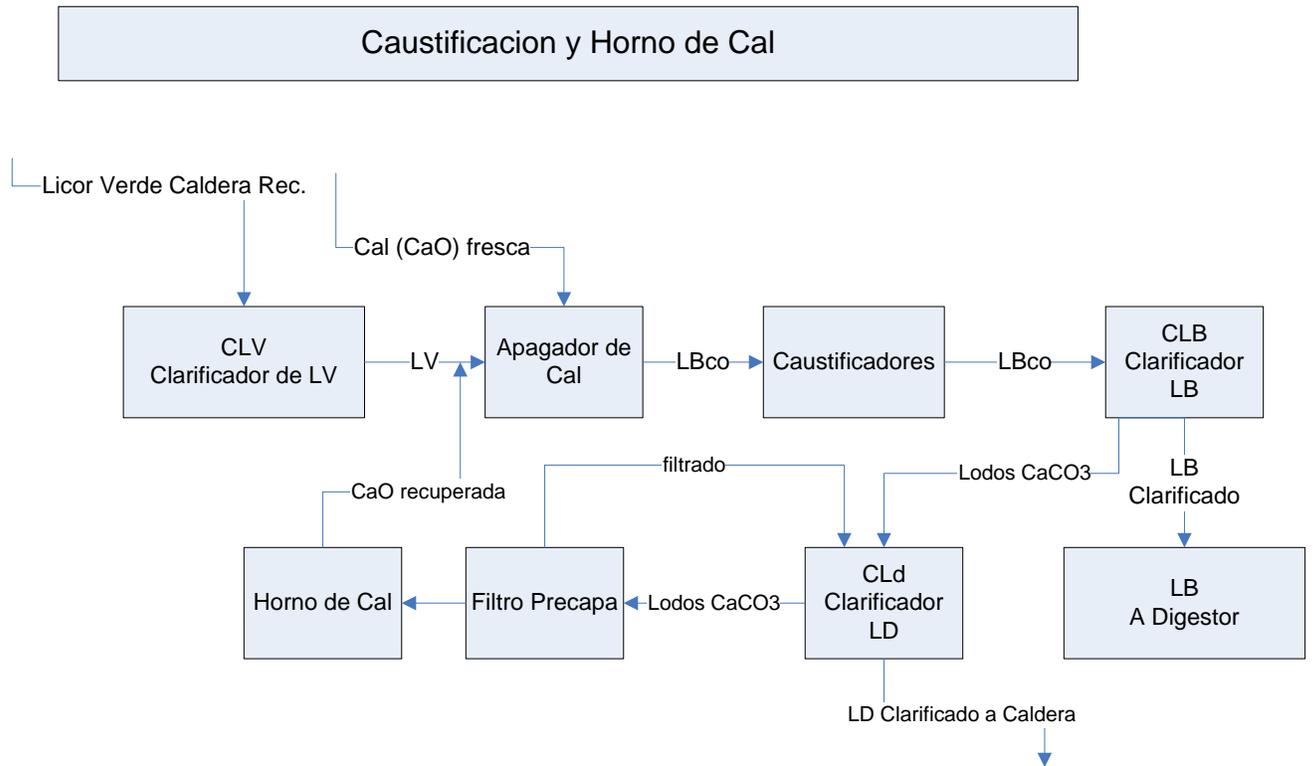


Una vez terminada la reacción, la lechada se alimenta a un clarificador donde por sedimentación se separan los lodos de Carbonato de Calcio (CaCO_3), después de lavarlos y filtrados, éstos lodos se envían al horno de cal en donde por medio de calcinación se recupera el óxido de calcio (CaO) que se alimenta nuevamente a la etapa de Caustificación.



La sosa, el sulfuro de sodio que se formó en la caldera, el sulfato de sodio que no se redujo y el carbonato de sodio que no reaccionó forman el licor blanco que es alimentado nuevamente al digestor.

"Recuperación de reactivos Caustificación – Horno de cal"



III METODOLOGIA

III. Metodología para la Inspección de Una Caldera de Recuperación de Reactivos Químicos

III.1 Objetivos de la Inspección de la Caldera

Las inspecciones en la Caldera de Recuperación son una herramienta muy útil para la predicción de problemas potenciales, Seguridad y continuidad de Operación.

Los Principales Objetivos De La Inspección De La Caldera Son:

1. Prevenir explosiones por contacto agua-fundido
2. Prevenir falla de partes a presión
3. Identificar requerimientos de mantenimiento de partes
4. Reducir paros forzados por falla de equipos
5. Reducir los costos de Mantenimiento

Todas las partes de una caldera sujetas a presión pueden sufrir fallas si no se tiene una operación adecuada así como el mantenimiento y para el cual fue diseñada.

Los paros de manto. No programados son los más costosos y mas ineficientes y hay un alto grado de problemas de explosión después de un arranque a un paro forzado no programado. La experiencia muestra que muchos paros forzados son causados por falla en turbinas, sopladores, bombas, precipitadores, etc, etc.

Un Programa De Mantenimiento Preventivo

Una Cuidadosa Inspección

Un buen seguimiento de las Corrección Recomendadas

Pueden Eliminar un gran número de fallas y Paros no programados además

De tener mayor confiabilidad de la Instalación.

III.2 Requisitos del Inspector

El Personal Que Inspeccione Deberá De Ser Entrenado Previamente en este tipo de Inspección, además de tener la experiencia en Calderas de Recuperación

El Inspector deberá de ser claro en su Reporte

El Inspector deberá de describir de manera exacta los hallazgos con el fin de que todos los involucrados puedan localizar los puntos a corregir.

El Inspector siempre deberá de conocer la seguridad para acceso a la Caldera, como son los procedimientos de acceso a espacios confinados, uso del Equipo de Protección Personal, Trabajo en Alturas.

La responsabilidad de la Validación de las inspecciones deberá de ser del Gerente a Cargo y del Inspector asignado para realizar dicho trabajo, además del Personal de Mantenimiento que realizara las reparaciones y/o planeación de los hallazgos

III.3 Formato de la Inspección

La inspección de la caldera deberá de incluir reportes por escrito, fotografías, etc. Típicamente un reporte de inspección deberá de contener:

1. Lista de chequeos llenada, fecha y firmada
2. Comentarios respecto al problema localizado
3. Recomendaciones y razones
4. Listado de ítems. necesarios para realizar en el paro o próximo paro o sobre la operación continúa.
5. Fotografías que clarifiquen el problema.

III.4 Importancia de las Inspecciones de la Caldera de Recuperación

Como ya se menciona las inspecciones deberán ser sobre una lista de chequeos que complementara el inspector y que por lo tanto una buena inspección resultara en:

1. Operaciones más seguras y mejor medio ambiente
2. Reducción del número de paros no planeados

3. Mayor y mejor información de partes a reparar y/o modificar
4. Mejor efectividad del paro programado de Mantenimiento

Otro beneficio de estas recomendaciones es encontrar las áreas de oportunidad que solo se hacen en paros programados de la caldera.

III.5 Frecuencias de las Inspecciones

Las Inspecciones en una Caldera de Recuperación deberán de ser del Tipo Visual y deberán de realizarse al menos cada año durante los paros programados.

III.6 Preparativos Para La Inspección

III.6.1 Antes del paro el inspector deberá de:

Revisar los reportes de operación, hojas de reportes para detectar posibles problemas.

1. Chequeo del Procedimiento de Paro de Emergencia ESP según BLRBAC .
2. Preparar una lista de posibles problemas o sospechas de tal forma de que estén sean más cuidadosamente investigadas.
3. Revisión de reportes anteriores, revisión de los reportes de inspección de espesores y que indiquen problemas de desgaste localizadas y ahí concentrar la atención.
4. Se recomienda ampliamente realizar una prueba hidrostática posterior al lavado del Paso de Gases con agua, esto sería útil para detectar pequeñas fugas y poder programarse durante el paro normal, evitando de esta forma una retraso en el arranque.

III.6.2 Actividades durante el Paro de la Caldera de Recuperación

Después de que la caldera ha sido parada es necesaria la buena limpieza con el fin de garantizar seguridad y una correcta inspección.

Lavado con Agua.

Es importante un buen enfriado y un buen barrido de la cama de carbón antes del lavado con agua , no olvidar quemar toda la cama de carbón de tal forma de tener el mínimo nivel de fundido dentro de la caldera y tener el suficiente tiempo para solidificar el residual de fundido.

Es recomendado dejar la caldera llena con agua para minimizar el impacto de la piedras que caen durante el lavado.

Cuando se usa agua para lavado es recomendable un periodo de secado con el fin de evitar reacciones químicas con los residuales de sodio, que causan corrosión en los tubos.

Puede ser utilizado aire caliente del Ventilador de Tiro Forzado hasta asegurar no haya humedad.

Otra forma es Poner en Servicio los quemadores de combustible auxiliar y secar pero no se recomienda mucho ya que causa depósitos de hollín dificultando la inspección visual.

No necesariamente el procedimiento de secado es el que evita la corrosión, lo más importante es usar el mínimo de agua de lavado.

Con el fin de tener cubiertos cada una de las recomendaciones se diseña un hoja de inspección la cual se recomienda seguir, y solo modificarla si no aplica en la instalación Inspeccionada.

III.6.3 Preparativos de Inspección

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1

FECHA _____

REALIZADA POR: _____

Precaucion . Verificar la limpieza del interior de la caldera piedras de incrustaciones pueden causar un serio accidente, las superficies deberan de estar limpias y frias.

<i>ITEMS QUE CHECAR</i>		COMENTARIOS
1	La cama fue quemada correctamente a nivel mínimo de fundido	
2	Se comprobó que todo la incrustación externa de los tubos fue removida	
3	El procedimiento de lockout /tagout fue completo en la caldera al quedar fuera de servicio.(anexas formato de lockout caldera)	
4	El permiso de espacio confinado fue completado antes del acceso a cualquier confinamiento.	
5	Puertas de acceso al Tanque de Disolución de Fundido, caldera, economizador, Electrofiltro fueron abiertas y aseguradas	
6	Los escaleras y andamios, requeridas fueron instaladas Correctamente.	

7	Los domos fueron abiertos y ventilados	
8	Los internos de los domos fueron removidos	
9	Los tapones de los cabezales de las paredes de agua, screen, economizador	
10	Los tapones CAP en la entrada y del sobrecalentador fueron removidos	
11	Alumbrado y extensiones eléctricas fueron instaladas y probadas con un sistema de falla de tierra.	
12	Existe un sistema de no permitir la entrada de nadie a dentro de la caldera sin su permiso de lockout , y siempre existe alguien en el exterior que auxilie en caso de una emergencia	
13	Usa el EPP correcto todo el personal como guantes, casco, ropa, lentes, para en caso de contacto con residuales de compuesto cáusticos que pudieran causar irritaciones.	

En esta parte debemos de tomar evidencias de acumulaciones de sales no removidas con el lavado e inspeccionar posibles daños en tuberías con acumulaciones de sales muy duras, tomar Fotografías y auxiliarse con un análisis NDT de Medición de Espesores si se observa ataque o Deformación de las partes observadas.

III.7 limpieza Para La Inspección Lado Gas Y Agua

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____

REALIZADA POR: _____

Peligroso no comprobar que la caldera esta completamente libre de depositos que puedan caer y provocar un daño al personal.

ITEMS QUE CHECAR		COMENTARIOS
1	<p>Lado Gas</p> <p>Después de que la caldera ha sido enfriada y lavada checar:</p> <p>Áreas oscuras o blancas podría indicar fugas de tubos.</p> <p>Cama de carbón completamente barrida</p> <p>Checar no se tenga depósitos de sales en:</p> <p>Paredes de agua</p> <p>Screen</p> <p>Sobrecalentadores</p> <p>Techo, esquinas</p> <p>Banco</p> <p>Economizador</p> <p>Nariz, zonas no fuego</p> <p>Reportar las acumulaciones grandes</p> <p>Reportar depósitos graves de cenizas en:</p> <p>Ventilador de Tiro Forzado</p> <p>Ductos de gases al Electrofiltro</p>	
2	<p>Lado agua</p> <p>Verificar lo siguiente</p> <p>Depósitos en los tubos del screen</p> <p>Depósitos en el domo superior y en domo Inferior</p> <p>Incrustación en el tubo de Agua de Alimentación.</p> <p>Línea de químicos (sosa, fosfatos)</p> <p>Separadores de Vapor</p> <p>Domo Inferior Depósitos anormales</p> <p>Depósitos en la entrada de agua al economizador</p> <p>Depósitos en la entrada de agua en cabezales del fondo caldera</p>	

III.8 Problemas más Frecuentes encontrados en las Inspecciones Lado Gas

La mayoría de los problemas encontrados en lado Gas de una Caldera de Recuperación son:

Corrosión

Sobrecalentamientos

Daños Mecánicos

Fallas en Juntas de soldadura

Erosión

III.8.1 Corrosión

Una breve descripción de la Corrosión en una Caldera de Recuperación, sería decir que se trata de un Proceso continuo. También podemos decir que la Corrosión es cualquier daño o deterioro de un Material por medio de una reacción Química, generalmente este material se trata de un metal. El Metal desgastado por la corrosión puede ser acelerado y puede confundirse con Erosión o Sobrecalentamiento.

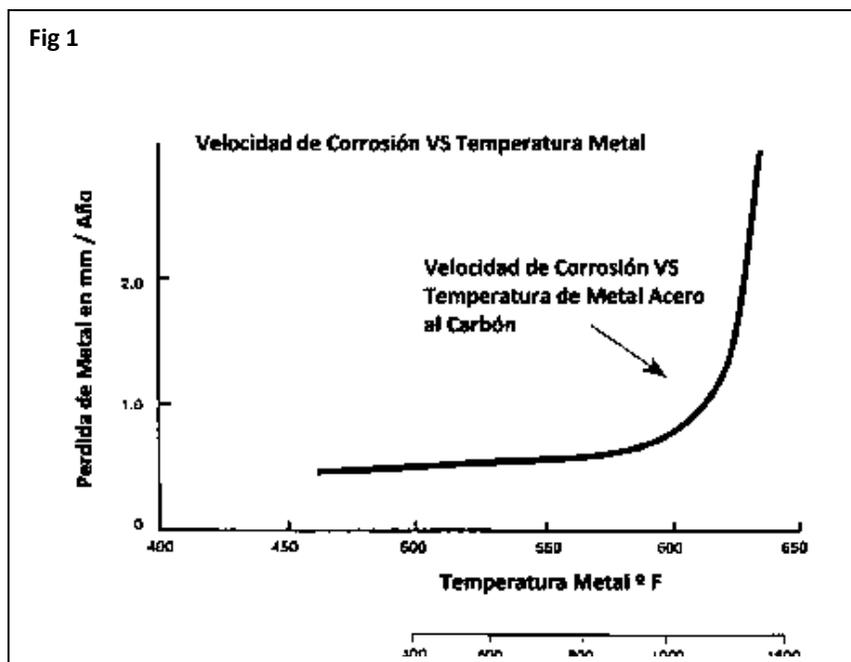
El Acero al Carbón y otras Superficies Metálicas son Atacadas por la Acción Corrosiva del Fundido, Sales de Sulfato y Carbonato así como los compuestos contenidos en la corriente de Gases. En Resumen en una Caldera de Recuperación la corrosión se lleva a cabo en cada momento. Ejemplo en Tabla · 1 Es mostrado cuando tenemos alta temperatura en un tubo por tener depósitos en el lado agua y se muestra cómo se comporta la Corrosión cuando la Temperatura del Metal se incrementa. Fig.· 1

En la mayoría de las Calderas la temperatura del Metal depende de la Temperatura de Saturación (La cual es determinada por la Presión de Trabajo de la Caldera), así mismo incrustaciones en el lado agua incrementarían la resistencia a la transferencia y la temperatura del tubo será mayor por el bajo flujo de circulación.

Por lo anterior la combinación de Propiedades del Metal, composición de los compuestos químicos corrosivos en contacto con el metal, la temperatura del metal determinaran la velocidad de corrosión.

La corrosión es diferente en cada parte de la caldera y se ha identificado las siguientes partes:

Bajo Horno	Tubos en contacto con el fundido
Tubos que Forman los Puertos de la caldera	Parte Alta del Horno y Tubos Screen
Sobrecalentadores	Banco Generador
Economizador	Tubos lado Agua



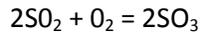
La corrosión puede ser excesiva si la temperatura de la pared del tubo es superior a los 590° F es ahí donde la velocidad de pérdida de metal del tubo se incrementa más rápidamente.

Muchos tipos de corrosión en el lado gas de una Caldera de recuperación requieren el Oxígeno para que la reacción de corrosión se lleve, aunque el Oxígeno por sí solo no es directo causante de la reacción de la corrosión, deberán de existir otras condiciones tales que la provoquen como lo es la Alta temperatura de la pared del metal, ensuciamiento o condensación por debajo del punto de rocío.

Condensación Ácida localizada en áreas frías como son todas las entradas de la caldera (Puertos de aire, Distribuidores de aire, sopladores de hollín, puertos de inspección de flama) pueden tener alta corrosión.

Altos niveles de exceso de aire, puede hacer que el punto de rocío de los gases de combustión descienda y provoque condensación generalmente acida, por lo que se recomienda tener una temperatura de gases superior a 325 ° F cuando los combustibles quemados contengan compuestos de Azufre como es nuestro caso.

Los niveles de exceso de aire elevados favorecen la formación del SO₃ el cual se forma por la siguiente reacción.



Corrosión Puertos Aire Fig 2



Corrosión por acumulación Fundido



La concentración de SO₃ cuando el Bióxido de Azufre y Oxígeno se incrementan, al ocurrir esto convierten el flujo de gases altamente corrosivos, este tipo de corrosión es frecuentemente encontrada en la salida de los Economizadores de una Caldera de Recuperación que es donde la temperatura de Gases es menor y la entrada de aire frío es mayor, igualmente en el Precipitador, el Inspector deberá de tomar en cuenta esta condición.

También la Corrosión puede ocurrir cuando se tengan altas concentraciones de oxígeno y altas temperaturas de Metal y el tubo es Acero al Carbón no tiene una aleación resistente ocurriría la siguiente reacción.



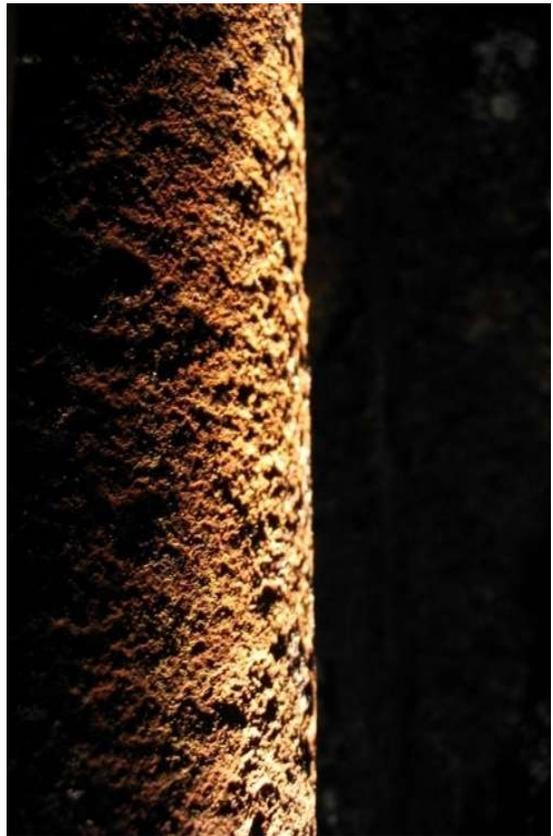
Depende como ya se dijo de la concentración de Oxígeno y la temperatura del Metal, solo la Magnetita se forma de manera tal que previene el ataque de otros químicos.

Cuando el Acero al Carbón tiene aleaciones con Cromo, Níquel ó Molibdeno la Magnetita se continuara formando sin embargo los demás compuestos de Hierro como el Oxido Férrico y Ferroso no se formaran o casi nulos, cada día se tienen aleaciones del acero con compuestos que soportan altas temperaturas sin ser atacados.

Corrosión/Erosión Externa Tubo Economizador Fig 3



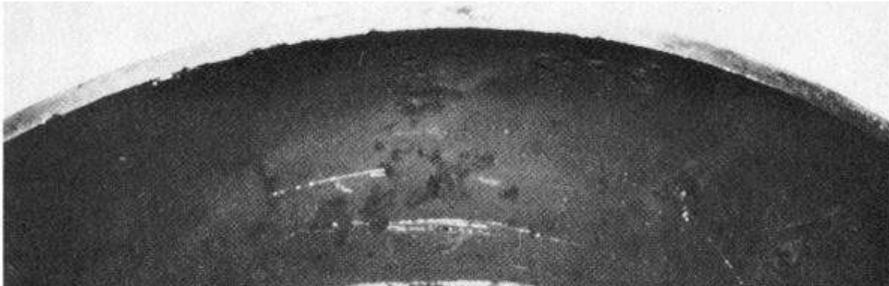
Tubo Muestra de Corrosión / Erosión



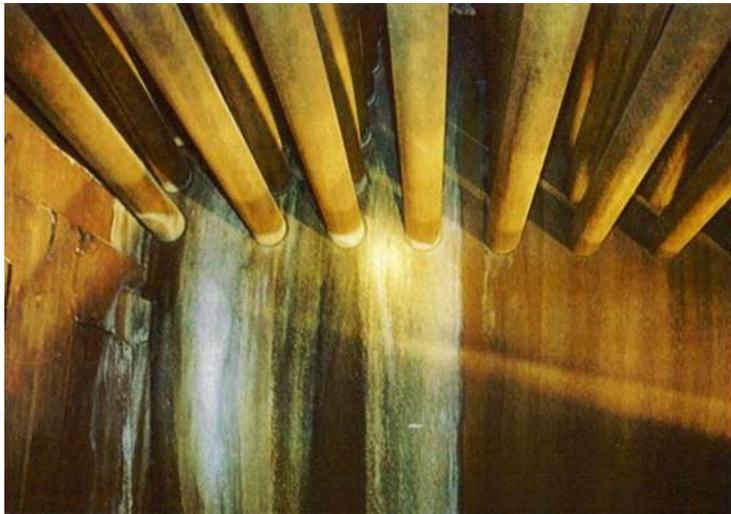
Pruebas No destructivas (NDT) pueden ser usadas para verificar la integridad de las partes con **Corrosión Lado Frio adquirida después de un Lavado**



Corrosión Interna Por Oxígeno Disuelto



Corrosión Banco Generador Domo Inferior



III.8.2 Sobrecalentamientos

Generalmente los tubos de acero al carbón son diseñados para soportar temperaturas de metal de 750 °F máximo, cuando por ensuciamiento interno del tubo (incrustación lado agua) no se tiene la transferencia de calor requerida para prevenir que se incremente la temperatura a más de 900°F o más provocando la pérdida de resistencia y causando la falla.

Las principales causas de sobrecalentamiento del metal en una caldera de recuperación son

Incrustación Interna lado agua

Problemas de Circulación de Agua por daño mecánico del tubo

Problemas de Control del Nivel del Domo

Problemas de Baja Circulación

De las causas mencionadas la referente a Incrustación Interna del Tubo es la más frecuentemente encontrada, una pequeña capa de incrustación representa una gran pérdida de transferencia y como resultado un sobrecalentamiento del metal. Fig 4

La segunda causa es debida a golpes ocasionados por la caída de partes de incrustaciones del paso de gases que reducen el paso de agua, golpes accidentales en las inspecciones, etc. Fig 5

Problemas de Control del Nivel del Domo y el debido funcionamiento de un sistema de protección que prevenga esta causa producen también sobrecalentamiento del metal y su falla .Fig 4

Fig 4 Tubo con Incrustación Interna que produce sobrecalentamiento





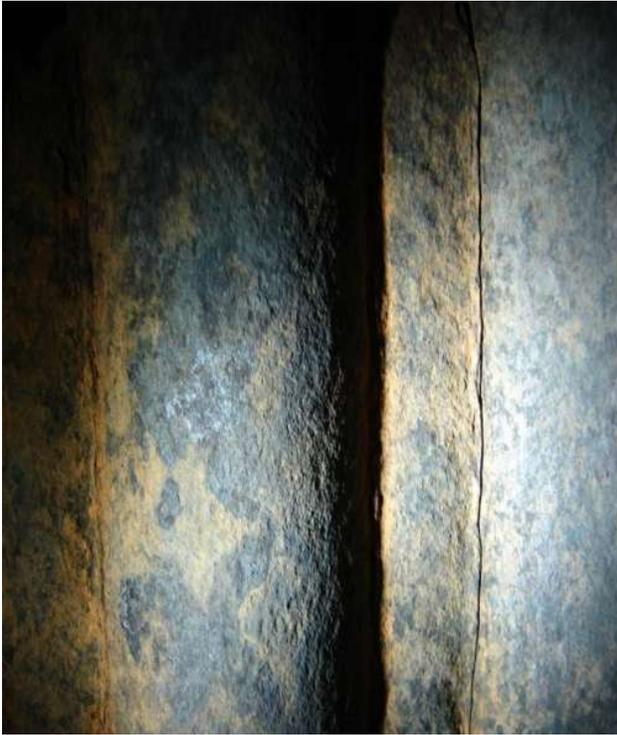
Tubo con Daño Mecánico que tiene sobrecalentamiento por obstrucción mecánica

Tubo con Daño Mecánico Fig 5

Tubo Sobrecalentado con daño Mecánico en Piso Horno Fig 6



Tubo Con Fatiga Térmica



Tubos con deflexión por sobrecalentamiento



III.8.3 Daños Mecánicos

Los tubos con daño mecánico principalmente encontrados en el área de canaletas de fundido, puertos de aire primario y demás registros de inspección, tendrán especial atención de verificarse pues con frecuencia son golpeados. Fig.7^a,7^b,8^a,8^b.

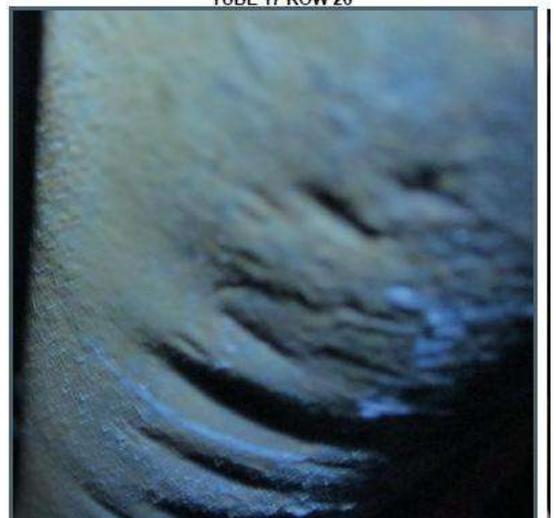
Otra área que cuenta igualmente con tubos con daño mecánico son los localizados en el piso de la caldera ya que reciben el impacto de las incrustaciones removidas por los sopladores de hollín.

La mala alineación de los sopladores de hollín pueden también provocar daño mecánico a los tubos por lo tanto es punto importante para revisar.

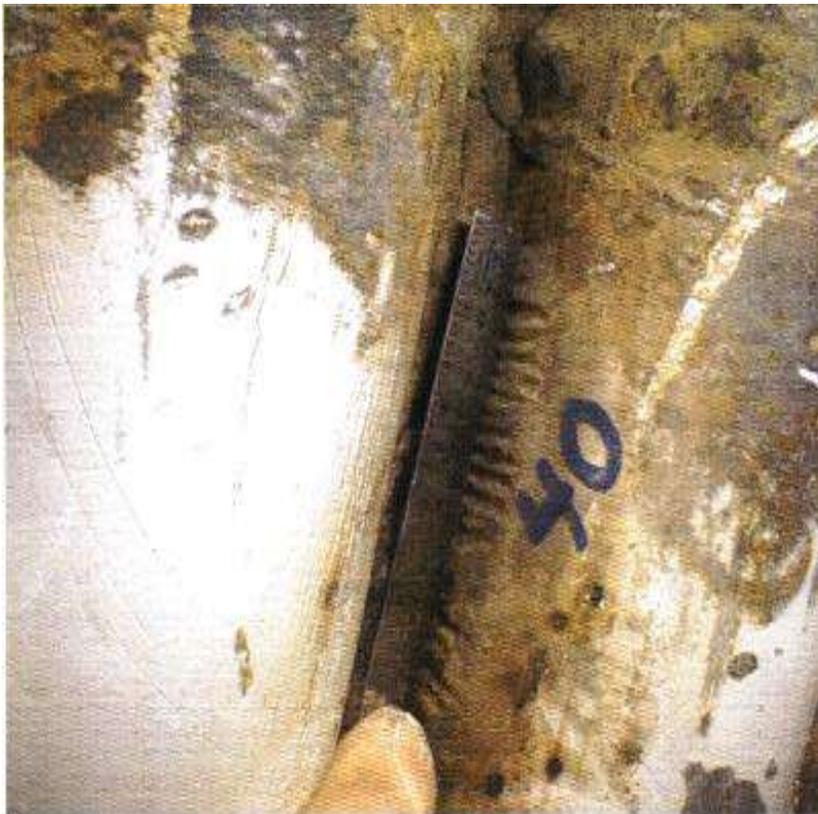
Tubo con daño Mecánico Fig 7a



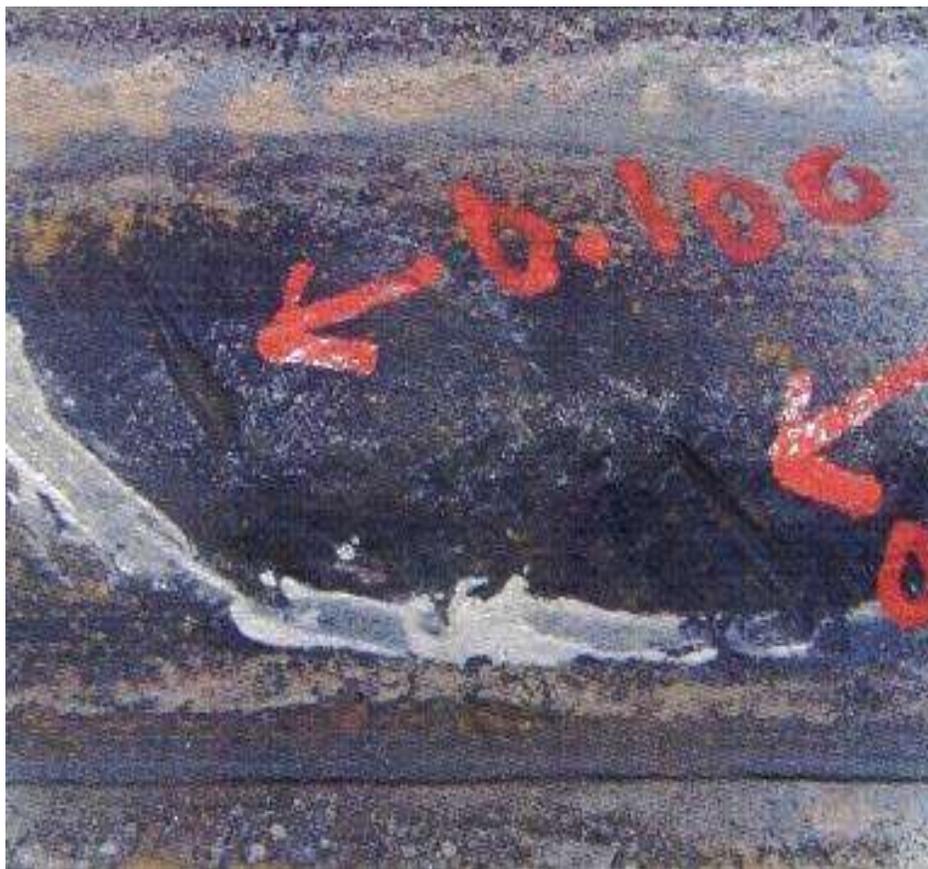
Tubo con Daño Mecánico provocado por Sopladores Fig 7b



Daño Mecánico Tubo Pared Fig. 8a



Daño Mecánico Tubo Pared Agua Fig 8b



III.8.4 Falla en juntas de Soldadura

Existen en la Caldera un gran número de Juntas de soldadura como son:

Soldadura en Membranas Tubo-Tubo

Soldadura en Placas de tubos con aletas

Soldadura en Junta de Cajas de Soporte Sopladores

Soldadura en Soporte de Puertas de Inspección

Soldadura en Soportes Temporales usados durante el montaje

Soldadura en Clips de Elementos Tubos Sobrecalentador

Soldadura en espaciadores

La Falla de la soldadura en las membranas es raro ya que normalmente esta soldadura se realiza por una maquina desde que se fabrican los tubos más sin embargo cuando se tiene la necesidad de reemplazar tubos con membrana por cualquier razón, la membrana tiene que ser resoldada en el campo esto deberá de ser verificado con Pruebas NDT al 100%.

Algunas veces la Membrana deberá de ser revisada por craking y puede causar fugas de gases y/o fundido dependiendo de su localización.

Falla Soldadura Membranas Tubo-Tubo Fig 9



Aquí se muestra la Falla de la Soldadura en la Membrana Tubo-Tubo.

Es muy difícil descubrir este tipo de Falla pues cuando un tramo de tubo es cambiado y por lo tanto nueva membrana podemos incurrir en fallas como esta que nos podría causar fugas de gases y/o daño al tubo

Falla de Soldadura FIG 10

La fotografía ilustra negligencia del soldador al haber realizado esta soldadura sin una buena preparación y la falta de control de calidad ya que de haber realizado inspección de Rayos "X" se hubiera descubierta

Falla de Soldadura Fig 11

Se muestra nuevamente Falta de Control de Calidad en la aplicación de la soldadura y Falta de Inspección.

Falla soldadura Membrana



Daño Tubo en Preparación para soldadura



Falla Soldadura en Puertos de aire



Mala Calidad Soldadura Membrana



III.9 Partes del Horno de una Caldera de Recuperación con mayor Problema de Corrosión

Abertura de Tubos en Salida de Fundido

Puertos de Entrada de Aire Primario

Puertos de Entrada de Aire Secundario

Puertos de Entrada de Aire Terciario

Puertos de Entrada de Quemadores de Combustible Auxiliar

Puertos de Entrada de Distribuidores de Licor Negro

La corrosión del lado frío también puede suceder cuando existen fugas de gases, fundido y son acumuladas sales que combinadas con la humedad hacen esta reacción, la cual puede ser evitada si el secado de la caldera después de un Lavado con Agua se hace adecuadamente y por otro lado se verifican no tener fugas en las membranas de los tubos soldados en las esquinas principalmente.

Fig 12

AREAS CON MAYOR PROBLEMA DE CORROSION
EN EL HORNO DE UNA CALDERA DE RECUPERACION

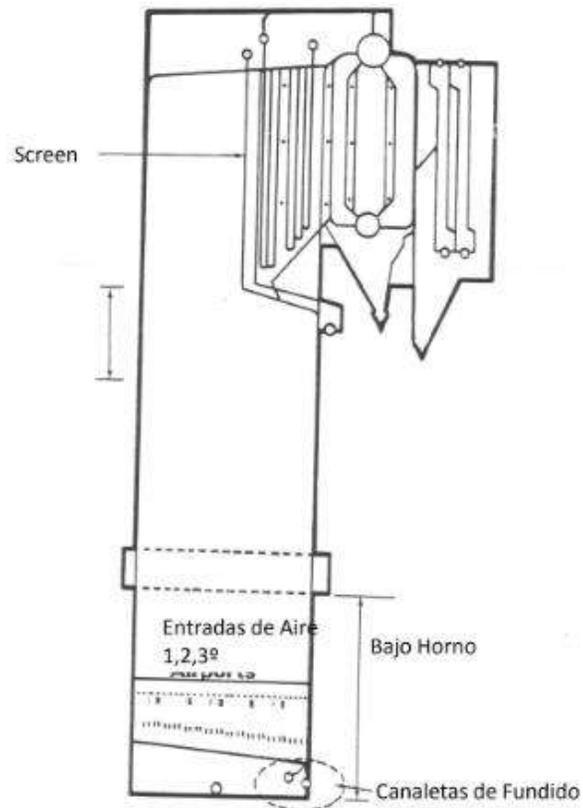


Fig 13 Canaleta de Fundido



Falla de Canaleta por exceso de Lanceo

Temperaturas de Metal Altas mayor será la Velocidad de Perdida de Material. Grietas Internas en la Soldadura pueden ser encontradas.

Corrosión Acelerada lado frio



III.10. TIPOS DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS REALIZADAS A UNA CALDERA (NDT)

Derivado del conocimiento de las partes críticas de una Caldera de Recuperación y sabiendo las diferentes formas de fallas que se pueden tener en las partes que se encuentran a presión podemos aplicar las siguientes pruebas no destructivas sin afectarlas física o químicamente.

INSPECCION VISUAL

PRUEBA HIDROSTATICA

LIQUIDOS PENETRANTES (PT)

PARTICULAS MAGNETICAS (MT)

ULTRASONIDO (UT)

RADIOGRAFIAS

Las inspecciones visuales siguen siendo aun las más comprensivas y de mayor ayuda para descubrir las fallas en una caldera y poder dirigir las demás pruebas que determinen con exactitud la magnitud de la falla y de esta manera corregir y/o programar el mantenimiento.

La Radiografía y Pruebas de Ultrasonido son usadas generalmente para examinar los materiales con defectos debajo de la superficie.

Algunos defectos superficiales pueden ser detectados con el uso de líquidos penetrantes o Partículas Magnéticas, sin embargo es conveniente aclarar que únicamente detectan fallas superficiales.

El espesor de la pared de los tubos se determina fácilmente usando pruebas de ultrasonido y de fácil acceso.

Tubos de difícil acceso como pueden ser los que forman al banco generador es utilizado otra técnica de ultrasonido denominadas WIP con equipos que son capaces de detectar defectos en los tubos de adentro hacia afuera analizándose el 100% del tubo.

Las pruebas No destructivas requeridas en una caldera deberán de ser realizadas por personal calificado en cada una de ellas, los requisitos mínimos para un inspector son los indicados en los procedimientos de la ASNT (American Society for Nondestructive Testing).

PRUEBAS DE ULTRASONIDO

Las pruebas de ultrasonido son ampliamente conocidas para la determinación de espesores o detección de fallas en los tubos.

En una Caldera de Recuperación las pruebas de Ultrasonido son usadas como parte de un programa de:

Medición de Espesores

Medición espesor de la Pared del Tanque de disolución

Falla en soldaduras

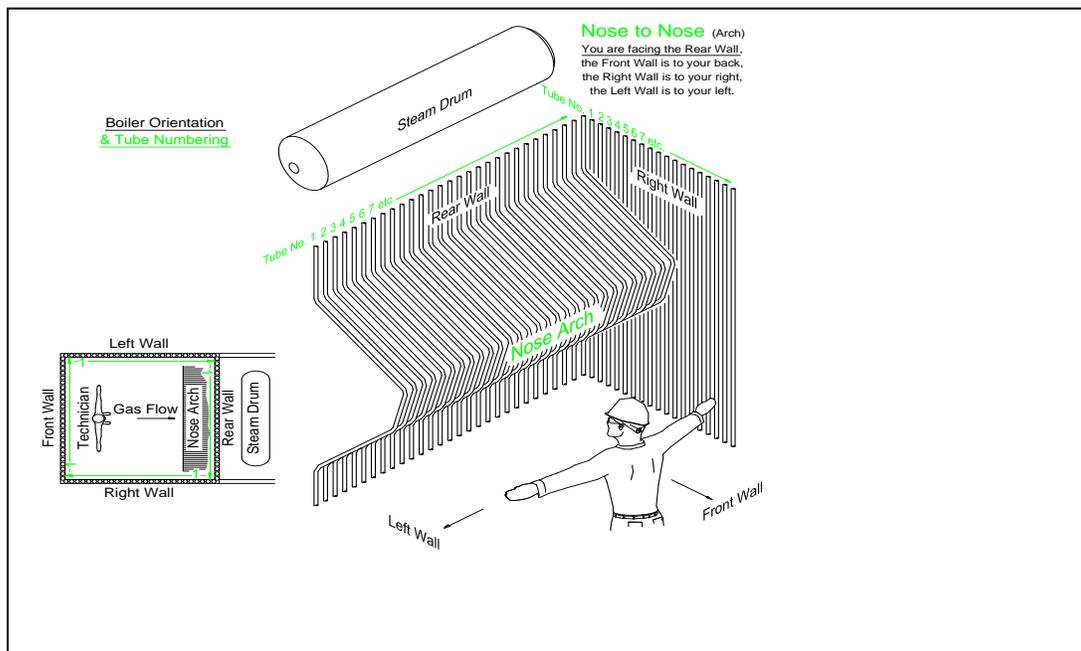
Tuberías de Alimentación de Agua y Vapor.

Como los Tubos en una Caldera de Recuperación operan en condiciones severas de corrosión, es requerido que al menos una vez al año se lleve a cabo el programa de evaluación de la velocidad de corrosión.

La preparación de la superficie a medir es la clave de la exactitud de la medición, suciedad, fundido, superficies deformes interfieren en la transmisión de los Pulsos de ultrasonido. Una área limpia debe ser antes de cada medición no se requiere más de media pulgada cuadrada de área.

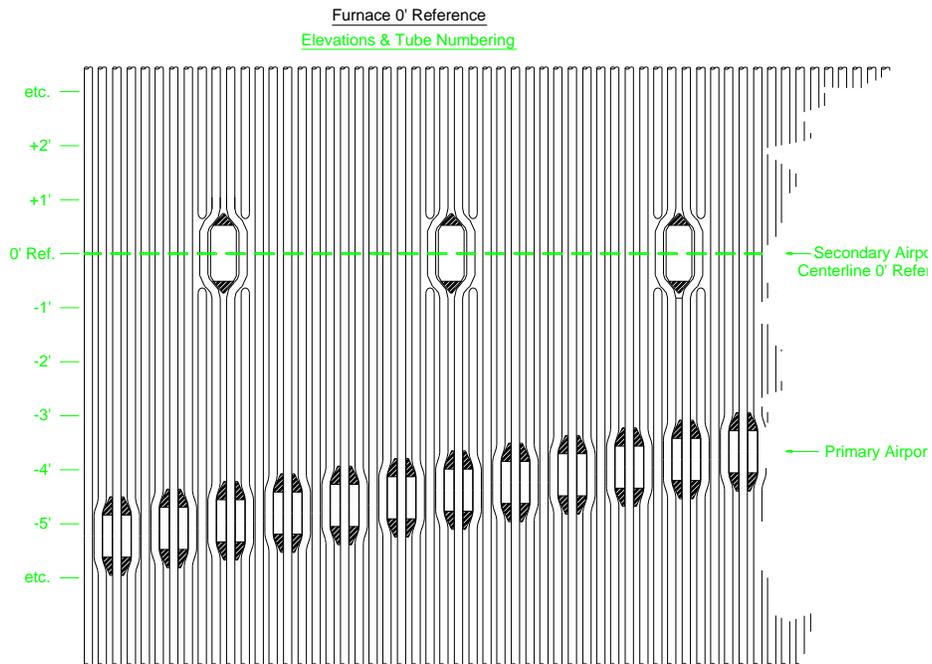
Calibración del Instrumento deberá ser frecuente, usando patrones de espesor conocido y de acuerdo a la escala de medición.

Existe un sistema de identificación de las partes de la caldera con el fin de que siempre se tenga la referencia de medición.



Como se ha mencionado de acuerdo al historial de mediciones de espesor debemos de contar con prioridades e incrementar los puntos a medir en las áreas problemas con mayor perdida de material.

Ejemplo contar con un Mapa de mediciones que ubiquen exactamente el lugar a controlar



Es recomendado que el horno parte baja sean analizados la mas corto posible obteniendo con esto la mayor cantidad de mediciones. Como lo muestra la figura parte superior que se refiere a una pared del horno.

Es recomendable que la sonda de UT se mueva de izquierda a derecha abarcando toda la cara expuesta al fuego.

PRUEBAS DE LIQUIDOS PENETRANTES

La prueba de líquidos penetrantes es una de las pruebas iniciales que se aplican a los materiales detectados con fallas en las INSPECCIONES VISUALES realizadas en las tuberías, domos, cabezales, soldaduras, y/o porosidad de los materiales.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN

El líquido penetrante generalmente es coloreado de rojo y es esreado sobre la superficie con defecto.

El líquido penetrara la superficie con defecto como grietas, perforaciones por capilaridad. El líquido penetrante en exceso que coloreo se limpia de la superficie. Si las grietas son muy pequeñas o muy estrechas que el líquido no pueda por capilaridad entrar no será fácil detectar esta falla con este método.

Después de que se limpio el exceso de líquido penetrante de la superficie se aplica un revelador de color blanco. Esto hace que el líquido penetrado muestre la superficie con la grieta o defecto. Los defectos son claramente visibles como si sangrara sobre el revelador blanco.

PREPARACION DE LA SUPERFICIE

Las áreas que serán analizadas deberán estar libres de fundido, sulfato, suciedad, incrustación, grasa, aceite, etc.

Los defectos pueden abiertos con un esmeril de tal manera que permitan la penetración de los líquidos. No es recomendada la limpieza con sandblast pues podrían cerrar la grieta o defecto.

El área a inspeccionar se deberá de limpiar antes de aplicar el líquido con limpiadores apropiados compatibles con los demás líquidos usados.

Se deberá de esperar al menos 10 Minutos después de secar para poder aplicar el líquido penetrante. Se puede acelerar el secado usando aire seco y libre grasa, aceite, agua u otros contaminantes.

RECOMENDACIONES

Existen varios productos en el mercado para ser utilizados en este método de detección de fallas o defectos, las siguientes recomendaciones deberán de ser tomadas por aquellos que necesitan usar líquidos penetrantes para determinar si se tiene fallas o defectos.

- Los líquidos deberán de ser aplicados de manera uniforme
- Los líquidos deberán de permanecer el tiempo necesario para secarse, este tiempo dependerá de la temperatura, tipo de material, posición, facilidad de penetración en la grieta.

- La temperatura de la superficie deberá de estar al menos en 60 °F sin rebasar los 125 °F.
- El líquido remanente deberá de ser removido con un paño o papel.
- Usar Limpiador aprobado.
- Evitar el uso excesivo de limpiador.
- El líquido revelador igualmente deberá de ser únicamente una película fina.
- Después de un Corto tiempo la superficie esta lista para ser inspeccionada, las partes con grietas muy cerradas tardaran en aparecer las fallas.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

La interpretación de los resultados emitidos por la prueba de líquidos penetrantes generalmente requiere de expertos, sin embargo las siguientes consideraciones `pueden ayudar a determinar la falla.

- Fallas superficiales, fracturas, grietas, serán mostradas claramente con una marca roja.
- Algunas veces golpes mecánicos o golpes de herramientas dejan marcas que pueden confundir la determinación del defecto.

El uso de la prueba de Líquidos Penetrantes en las Inspecciones de Calderas de Recuperación representan análisis muy económicos que se usan generalmente en análisis de:

- Fallas por grietas en tubos
- Grietas en soldaduras
- Grietas en Membranas
- Fallas en membranas de los puertos de aire, sopladores, canaletas
- Defectos en Membranas Paredes o cualquier otro defecto que de manera Preliminar se quiera analizar.

PRUEBA DE PARTICULAS MAGNETICAS

Este método es parecido al de líquidos penetrantes, es usado para encontrar fallas superficiales, la Prueba de partículas magnéticas sin embargo mostrara defectos bajo la superficie, se limita solo a materiales que sean magnéticos.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN

El campo magnético es inducido por una corriente eléctrica en el metal a examinar, las partículas magnéticas generalmente polvo seco de fierro es atomizado sobre la superficie, las partículas se alinean con la línea magnética del metal, grietas o defectos mostraran un patrón de imperfección en la línea magnética.

PREPARACION DE LA SUPERFICIE

Las áreas a examinar deberán de estar libres de suciedad, fundido, incrustación, grasa, aceite, etc.

CAMPO MAGNETICO

El campo magnético es inducido por dos electrodos que pasan corriente directa por el metal. La corriente forma un campo magnético. Las partículas son luego espreadas sobre la superficie para formar una línea uniforme de polvo

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Las siguientes recomendaciones ayudaran a determinar la falla más fácilmente

- Grietas, defectos mostraran una discontinuidad en el patrón formado por la línea magnética.
- No todas las discontinuidades son defectos es requerido tener cierta experiencia en el uso de este método

En una caldera de recuperación el uso de esta prueba generalmente es en determinar fallas en:

- Soldaduras de partes a presión en domos y cabezales
- Grietas en líneas de vapor
- Deaereador
- Soldadura en tanque del deaereador

PRUEBA RADIOGRAFICA

Este método NDT solo puede ser usado por personal experto y calificado por ASME o Por ASNT (American Society for NonDestructive Testing) además de tener un procedimiento calificado .

La inspección por Rayos “ X “ o Rayos Gamma utilizan maquinas que producen isotopos es una herramienta altamente usada para verificar la calidad de las soldaduras en las calderas de recuperación. Una caldera nueva es fabricada e inspeccionada con este tipo de pruebas y el fabricante guarda sus records para dar seguimiento durante la operación de la caldera.

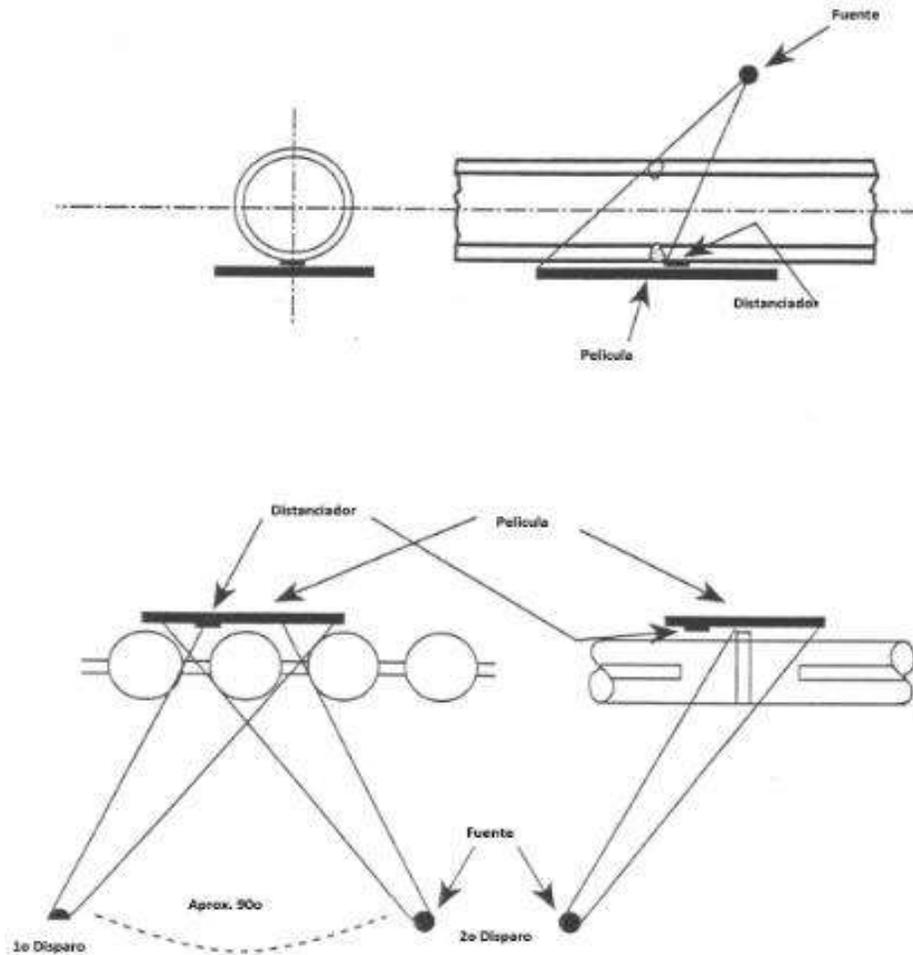
Todas las reparaciones realizadas a la caldera son probadas con este método.

PRINCIPIO DE OPERACION

La parte a revisar se coloca entre una fuente de rayos y una película que sensa estos. Si existiera porosidad, fallas, grietas u otros defectos o discontinuidades del material los rayos pasarían a por esta más rápidamente y la película estaría más expuesta a los rayos y el área se mostrara más oscura. Esto hará que el inspector localice más fácilmente la falla y determine su tamaño.

En una Caldera de Recuperación el Método de Prueba de Rayos X , es ampliamente usado desde la Construcción de Unidades Nuevas como las reparaciones realizadas durante los mantenimientos, soldaduras en tubos, domos, cabezales, puertos de inspección, etc.

Método de Toma Radiográfica



La figura muestra la Forma de Toma de una radiografía, la mejor cobertura se logra haciendo 2 disparos de aproximadamente 90° de distancia, de esta manera se lograra identificar de manera precisa el defecto en la soldadura y/o material, tamaño y recomendación por lo tanto para su reparación.

PRUEBA HIDROSTATICA

El objetivo de la prueba Hidrostática es detectar cualquier fuga de las partes presurizadas de la caldera antes de iniciar el quemado de combustible después de cualquier reparación y/o Inspección.

La prueba Hidrostática en una Unidad Nueva es realizada a 1.5 veces la presión de Operación, esta prueba se concluye con una inspección Visual de toda la Unidad.

En otras ocasiones la prueba se realiza cuando se realizan trabajos de soldadura en cualquier parte presurizada ya sea tubo, membranas, cabezales, una vez terminado todos los trabajos.

Existen también requerimientos de realizar esta como autoridades, aseguradoras y el mismo personal de mantenimiento con el fin de garantizar que las reparaciones fueron hechas con éxito.

Cuando la Caldera de recuperación tiene cierto tiempo de operación se recomienda no realizar la prueba hidrostática más del 2% mas la presión de operación, pues podríamos dañar la integridad de la misma, esta decisión se toma únicamente cuando se cuenta con un historial de la caldera en cuanto a Espesores se refiere, mantenimiento realizado, etc.

PREPARACION PARA LA PRUEBA

Antes de realizar la prueba Hidrostática se recomienda realizar lo siguiente:

- Inspección de Soldaduras y de todas las reparaciones realizadas
- Seleccionar la bomba de prueba y verificar sus conexiones
- Las Válvulas de seguridad deberán de removerse y colocar un ciego ya que de otra manera abrirán durante la prueba.
- Usar agua sin Oxígeno, desmineralizada, o condensado
- El Agua usada y el metal de la caldera deberán de tener una temperatura de por lo menos 70 °F con el fin de evitar fragilizar de los materiales y provocar una fractura, evitando así una condensación, nunca debemos de rebasar los 120 °F, arriba de esta temperatura será difícil inspeccionar el interior de la caldera, además de que pequeñas fugas o lagrimeos no serán posibles detectarlos ya que se evaporaran rápidamente.
- Al iniciar el llenado la diferencia de temperaturas entre el metal y el agua no debe ser mayor a 120 °F.

- Después de la Prueba Hidrostática la caldera deberá de ser protegida si es que no se pone en marcha con el fin de evitar corrosión.

LEVANTAMIENTO DE PRESION

Después de que la caldera ha sido llenada con el tipo de agua recomendado y el sobrecalentador igualmente se ha llenado y venteado, incrementar la presión lentamente. Algunas calderas usan la bomba de agua de alimentación, otras una bomba de desplazamiento positivo.

Es muy importante que la presión sea siempre controlada bajo todas las circunstancias ya que la caldera está llena sin espacio de aire.

Como ya se menciona en calderas existentes ASME A -63 Sección 1 dice que la presión de prueba puede ser no más del 2%.

El tiempo de prueba es diferente en cada unidad pues depende del tamaño de la misma, tomarse siempre a presión controlada y el necesario para inspeccionar visualmente toda la unidad.

La despresurización una vez terminada la prueba deberá de ser en igual tiempo que requirió para su elevación, una regla de dedo usada es que sea de 1 Kg/cm² cada Minuto.

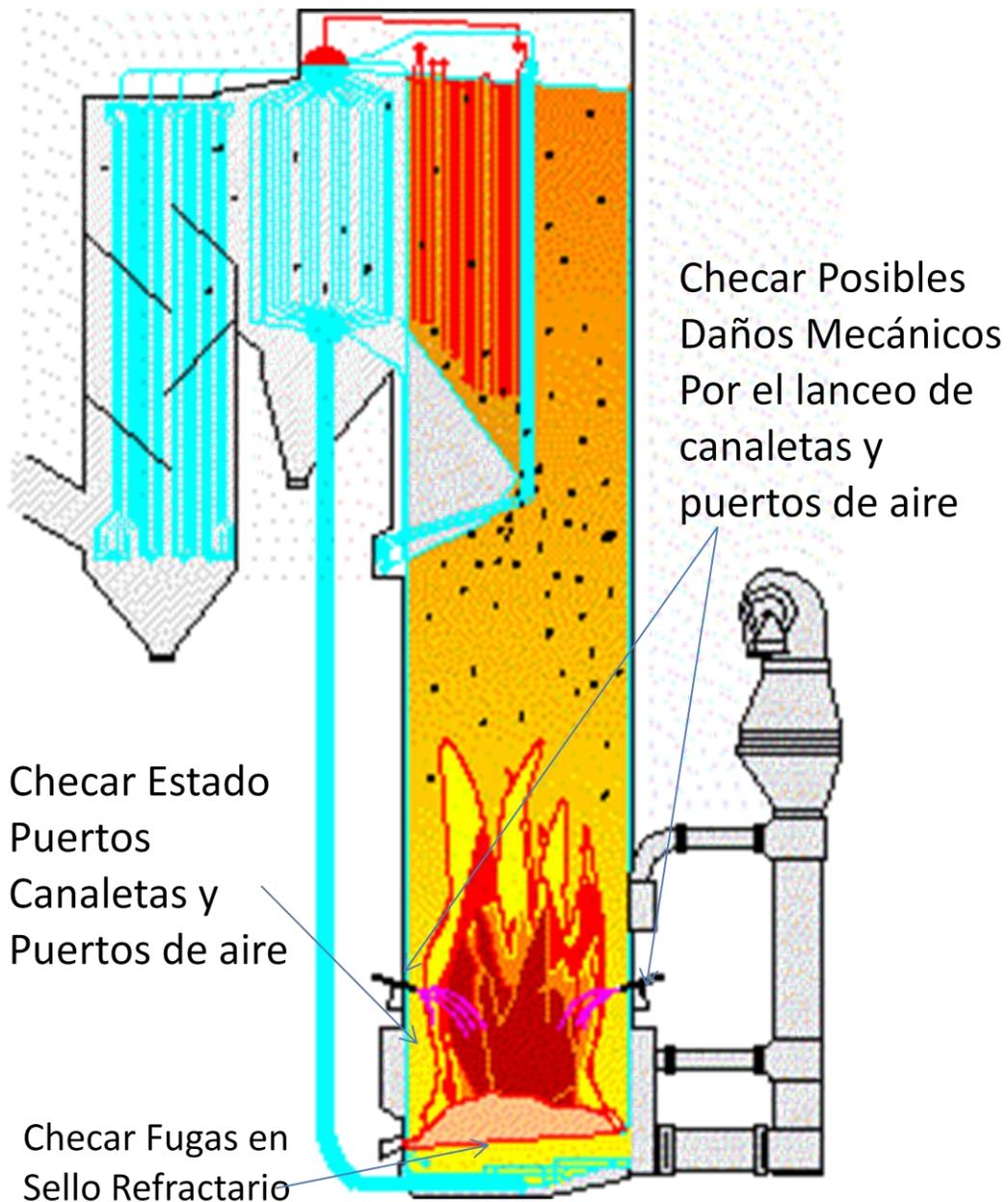
III.10.1 GUIA DE INSPECCION LADO GAS DEL HORNO

FECHA _____ REALIZADA POR: _____

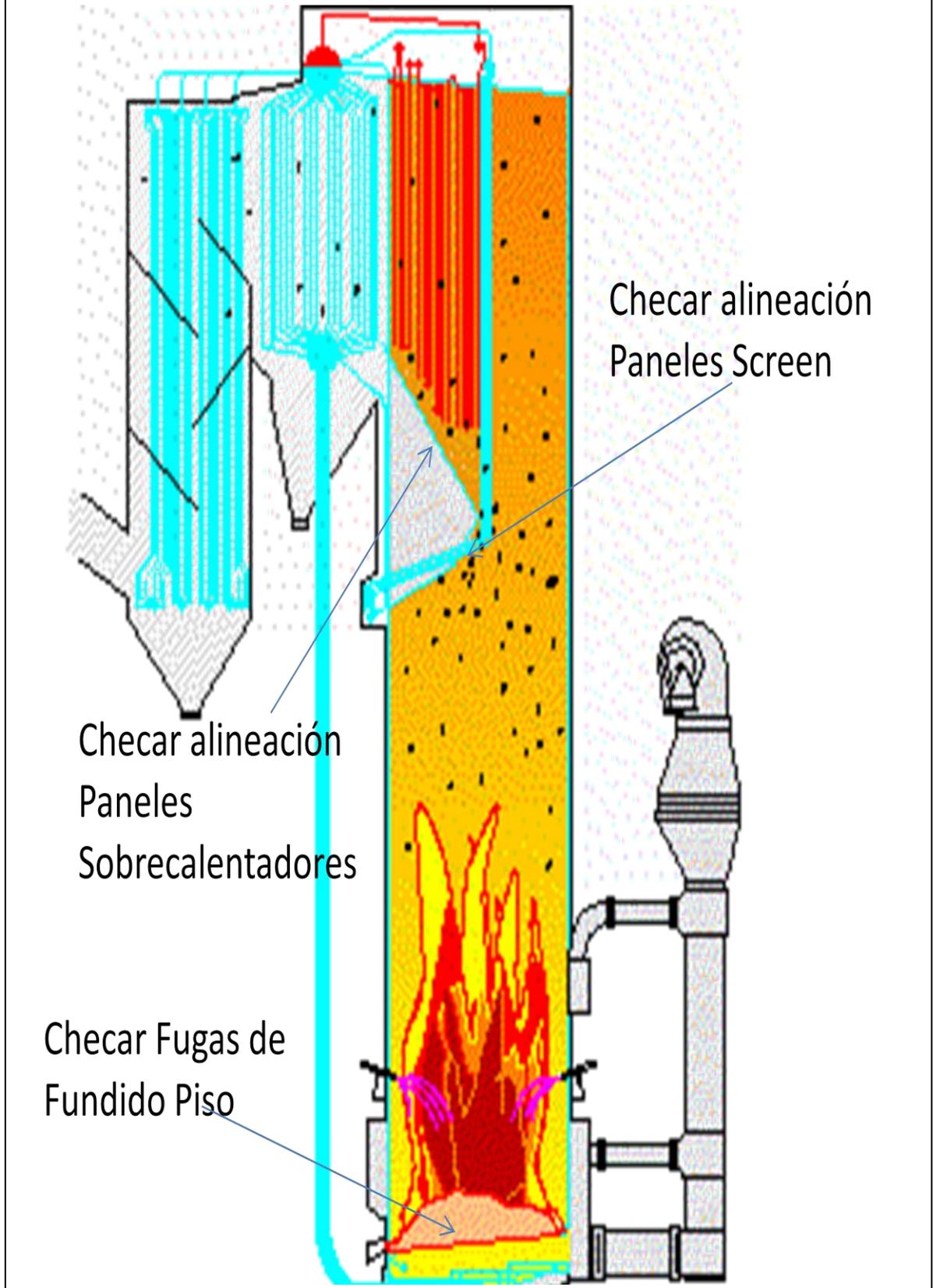
ITEMS QUE CHECAR		Comentarios
1	<ul style="list-style-type: none"> • PUERTOS AIRE PRIMARIO, SECUNDARIO • Cracking de las membranas • Estado de los pernos de soporte • Checar desgaste de las cavidades • Diferente color de los tubos • Estado de los separadores de la entrada de aire • Estado del refractario • Checar el desgaste de las anclas del piso 	
2	<ul style="list-style-type: none"> • PAREDES DE AGUA • Checar no se tengan ampollas, protuberancias o hinchazón de los tubos, decoloración. • Apariencia de los tubos, brillante ó con pitting (carcomida). • Evidencia de daño por golpes o trabajo de las lanzas de limpieza. 	
3	<ul style="list-style-type: none"> • ABERTURAS DE LAS CANALETAS DE FUNDIDO • Revisar no se tenga desgaste, erosión, cracking del tubo o membrana , si es necesario utilizar líquidos penetrantes para garantizar la inspección) • Estado del refractario • Especial atención es revisar la línea de fundido en la caldera cracking y espesor. 	
4	<ul style="list-style-type: none"> • ABERTURAS DE LOS QUEMADORES AUXILIARES • Especial cuidado de espesores en la abertura del quemador • No daño de los tubos, ampollas, pitiing, etc. • Decoloración. 	
5	<ul style="list-style-type: none"> • PISO DE LA CALDERA • Checar no haya fugas de fundido • Distorsión de los tubos • Daño mecánico por lanzas y/u otros herramientas • Sello del refractario entre paredes y fondo de la caldera • Sello entre piso y demás paredes • 	

6	<ul style="list-style-type: none">• PUERTAS DE ACCESO• Checar sellado ,refractario de la puerta• Cracking de los tubos• Daño mecánico de los tubos de la abertura• Aletas entre tubo y tubo	
---	--	--

Inspección Horno Lado Gas



Inspección Horno Lado Gas



III.10.2 GUIA DE INSPECCION LADO GAS DE LOS PANELES DEL SCREEN

Siempre que se tenga la oportunidad de checar de cerca los tubos del screen hacerlo ya que las siguientes Causas han sido motivo de fallas de tubos:

- FATIGA DEL MATERIAL
- DAÑO POR CAIDA DE GRANDES DEPOSITOS
- SOBRECALENTAMIENTO
- CORROSION

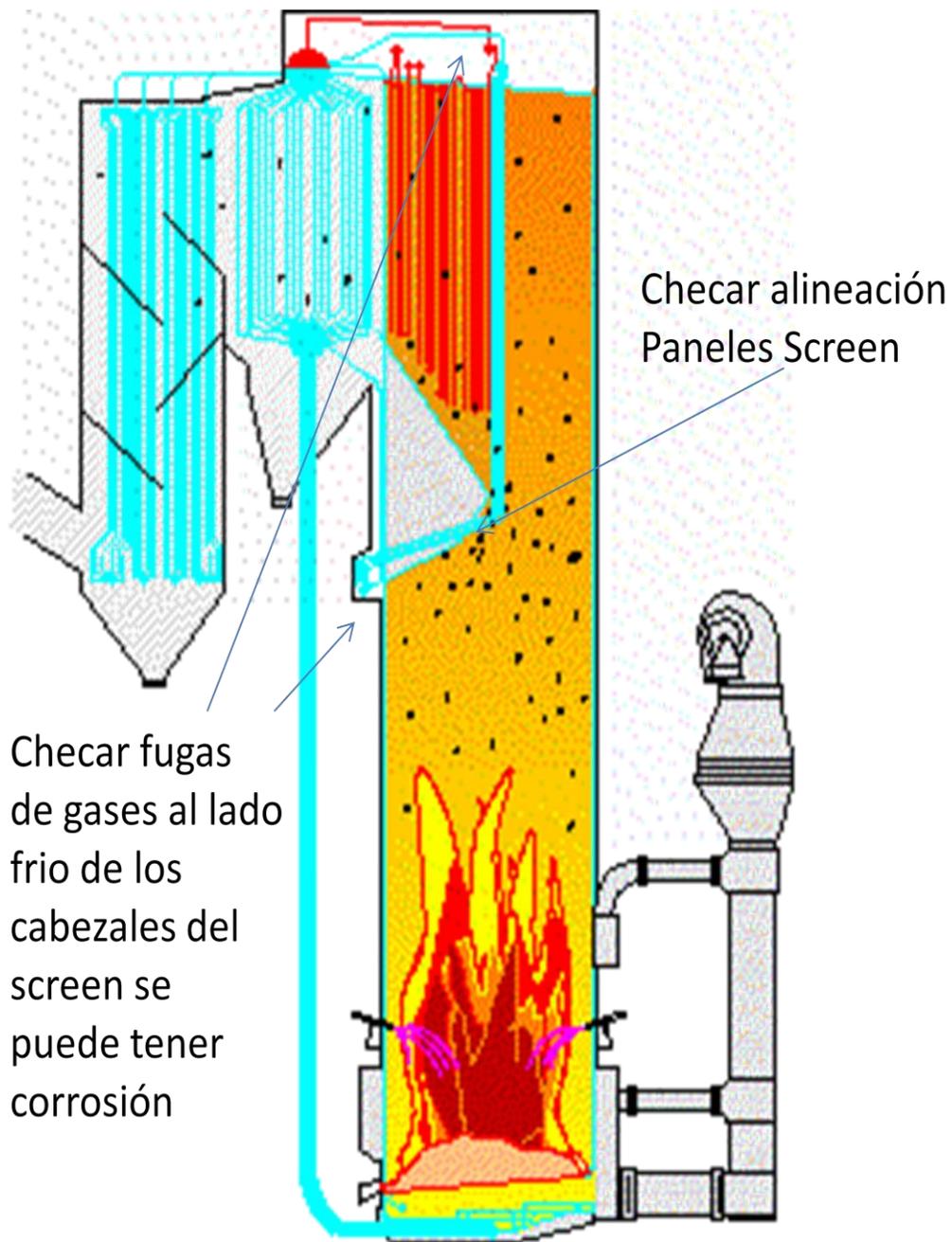
En aquellas calderas donde el screen son tubos con más de 10 Metros De largo y el metal se fatiga por vibración, dicha vibración se tiene cuando se han roto algunos de los soportes o que se han quemado.

Los tubos del screen es muy fácil de tener corrosión y sobrecalentamiento igual que los tubos de la caldera de ahí que se debe de tener el mismo cuidado de inspección.

Los tubos del screen son más vulnerables a dañarse cuando están vacios, de ahí que se recomiende hacer el lavado con agua antes de drenar la caldera.

ITEMS QUE CHECAR		COMENTARIOS
1	<ul style="list-style-type: none"> • Checar en el screen: • Alineación de lado a lado • De atrás al frente • Curvaturas de los tubos • Ampollas, pitting , erosión • Alguna erosión por sopladores • Perdida de metal o corrosión • Fuga de gases donde el screen entra a la pared y entra en el techo. • Sobrecalentamiento • Coloración diferente • Evidencia de distorsión hecha por la química de las sales depositadas. • Deformación de los tubos al entrar en el techo. • Remover los tapones cap. En los cabezales y verificar no haya incrustación y flushear si es necesario. 	

Inspección Lado Gas Screen



III.10.3 GUIA DE INSPECCION LADO GAS DEL SOBRECALENTADOR

La inspección visual del sobrecalentador es bien importante ya que fácilmente podemos ver problemas como:

Mal alineación con los otros tubos indican sobrecalentamiento o mala distribución del vapor formada durante los arranques o en operación normal.

Cuando esto es observado lo que sigue es la reparación de la parte dañada y realizar una investigación de las causas. La mayoría de las veces es difícil determinar de inmediato las causas, sin embargo una investigación detallada de las condiciones de operación, graficas, revelaran la información que ayude a encontrar las causas.

Lo más común encontrado en un sobrecalentador es la corrosión por alta temperatura En las partes horizontales y en las curvas y parte bajas del sobrecalentador.

Medición de espesores y su registro son necesarios para determinar el grado de corrosión y programar sus cambios.

La corrosión puede ser bien localizada y puede ser fácilmente omitida si las mediciones de espesores no son en el lugar correcto. Como ya se dijo lo más común son las partes bajas, curvas, soportes.

Una inspección de los soportes deberá de ser llevada.

Los soportes o guías de los sobrecalentadores, ver los craks en las soldaduras y posibles deterioros del soporte.

Sobrecalentadores con tubos colgados entre ellos pueden tener cracking en las soldaduras y deben de ser checados frecuentemente. En muchos casos se tiene la necesidad de ser cambiados los sobrecalentadores con toda la ingeniería necesaria.

INSPECCION DEL SOBRECALENTADOR

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

ITEMS QUE CHECAR		COMENTARIOS
1	<p>CHECAR EN EL SOBRECALENTADOR ALINEACION DE FRENTE A ATRÁS Y DE CADA HILERA DE TUBOS LO STE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cracking en soldaduras • Salido de del techo • Saliéndose del techo o un cerca del techo. • Corrosión • Erosión • Pitting • Decoloración del metal • Evidencia de daño mecánico de los sopladores • Señales de sobrecalentamiento. 	

III.10.4 GUIA DE INSPECCION LADO GAS DEL BANCO GENERADOR

Problemas críticos que más frecuentemente se observan

- Alineación de tubos
- Estado de los baffles
- Fuga del asiento de los tubos o corrosión
- Fuga del asiento de los tubos, especialmente en el domo de lodos puede causar pérdida o daño del material y potencial falla donde los tubos son rolados. Ver fig. 38
- Tubos con 5 pulgadas Dentro del domo (principalmente del domo de lodos) pueden almacenar cenizas y posible corrosión. Checar un técnicas wip or iris su espesor.
- Desalineación de tubos puede ser causa de sobrecalentamiento por bajos números de circulación depósitos en los tubos
- Deterioro de los baffles pueden ser causas de pérdidas de calor en la caldera.
- Erosión por sopladores debe de ser muy checado el estado de espesores.

Se deberá de reportar la cantidad de depósitos encontrados después de la limpieza realizada.

BANCO GENERADOR

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

ITEMS QUE CHECAR		COMENTARIOS
1	<ul style="list-style-type: none"> • Cavidades del banco generador • Alineación de los tubos lado a lado y de frente a atrás . • Fugas y condiciones de los fables • Entrada de los tubos a cada uno de Iso domos • evidencia de pérdida de metal cercas del domo • Erosión en el paso de sopladores • Corrosión • Pitting • Cracks cerca del domo y cercas de las curvas • Soportes rotos • Chipotes, ampollas , decoloración del material • Alineación de los tubos en el pasaje de los sopladores de hollín • Fugas de sellos en la caldera , registros hombre 	

	<p>, casing, etc.</p> <ul style="list-style-type: none">• Evidencia de entrada de condensado por los sopladores.• Daño mecánico por golpes de herramientas o golpes con sopladores.	
2	<p>Ceniceros del banco generador</p> <ul style="list-style-type: none">• Checar estado del bafle• Corrosión• Evidencia de sobredeposición• Hay descarga libre de las cenizas	

III.10.5 GUIA DE INSPECCION LADO GAS DEL ECONOMIZADOR

Inspeccionar las condiciones y posición de los baffles y sus soportes.

Buscar evidencias de canalización de gases.

Checar posición y estado de las barras de vibración y checar alineación de los tubos.

Verificar también la corrosión externa especialmente al final del economizador donde la temperatura de los gases es más baja y pudieran ser más agresivos los gases por condensación acida.

Observar el estado de la soldadura en los cabezales, cracking, pudiera haber falla por alta vibración de los tubos, también checar la soldadura de las aletas no tengan cracking.

Revisar espesores donde está el pasaje de los sopladores y checar no haya evidencia de condensación de los sopladores y falta de alineación.

INSPECCION LADO GAS DEL ECONOMIZADOR

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

ITEMS QUE CHECAR		COMENTARIOS
1	<p>ECONOMIZADOR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Checar alineación de lado a lado y de frente a atrás. • Checar la condición de los baffles, soportes, casing, puertas de acceso, evidencia de canalización de gases. • Erosión de sopladores • Corrosión, pitting. • Checar el asiento de los tubos en los cabezales. • Estado de las aletas, corrosión. Cracking • Alineación de los sopladores. • Daño mecánico por herramientas, etc. 	
2	<p>CENICEROS DEL ECONOMIZADOR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evidencia de infiltración de aire • Corrosión • Depósitos • Deterioro de la tolva del cenicero 	

III.10.6 GUIA DE INSPECCION LADO GAS DEL PENTHOUSE (PARTE SUPERIOR CABEZALES)

Antes de realizar la limpieza del pent-house, buscar evidencias de sales cristalizadas, cenizas que pudieron ser cristalizadas por fuga de gases y con la humedad del medio ambiente, es importante buscar fuentes de estas cenizas.

Checar cuidadosamente el patrón de los depósitos de las cenizas que podrán decirnos algunas cosas como:

- 1 Magnitud y localización de las fugas de gases del pent-house
- 2 Humedad del agua de servicios, pruebas hidrostáticas, gases, etc, etc.
- 3 Los depósitos de sal pueden decirnos donde hay un problema de cabezales o infiltraciones, etc.

Acumulaciones de sal pueden ser prevenidas manteniendo presurizado el pent-house

(1-2" Pulgadas De Agua arriba de la presión del horno), con un pequeño soplador que sople aire dentro del pent-house.

Limpiar a conciencia el pent-house de toda suciedad con el fin de tener una inspección confiable.

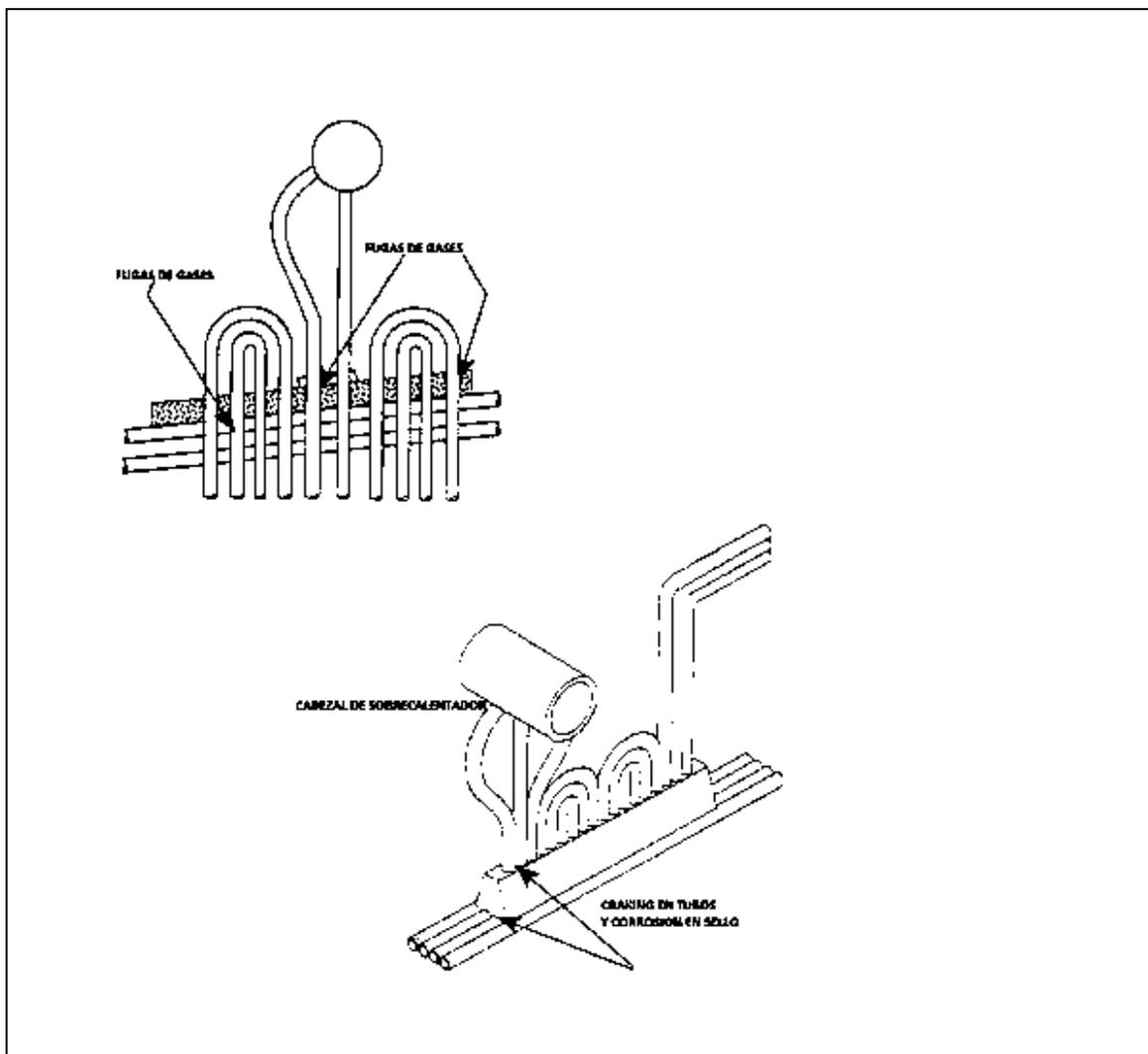
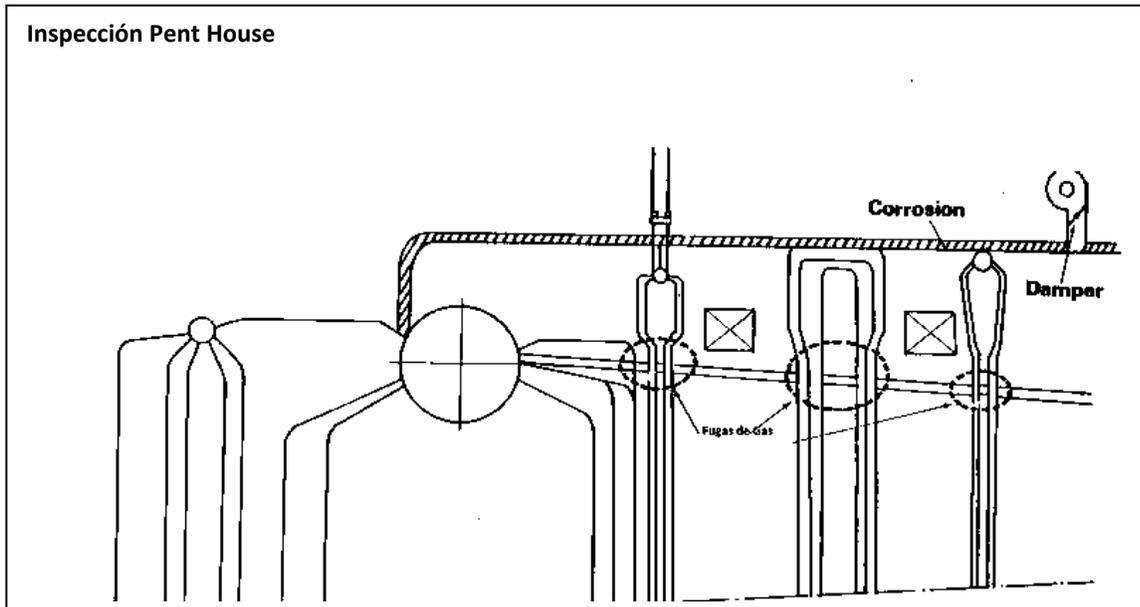
Deterioro de los sellos alrededor del techo de la caldera deberán de ser checados, reportados y corregidos, buscar corrosión, cracking y todas las demás partes metálicas, también fugas de agua fuera de la caldera y que entren al pent-house por el techo.

INSPECCION LADO GAS DEL PENTHOUSE

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

ITEMS QUE CHECAR		COMENTARIOS
1	PENTHOUSE <ul style="list-style-type: none"> • Buscar fugas de gas alrededor del techo • Condición del sello del techo • Condición del aislamiento • Estado de los soportes y ganchos • Corrosión, casing, soportes, • Agua entrando por el techo (de otras fuentes) • Evidencia de sal cristalizada • Estado de los ganchos colgantes , soportes ,etc. 	

Inspección Pent House



III.10.7 GUIA DE INSPECCION LADO GAS DE CAVIDAD DE LA NARIZ

La cavidad de la nariz atrás de la caldera es de fácil acceso por el registro de acceso.

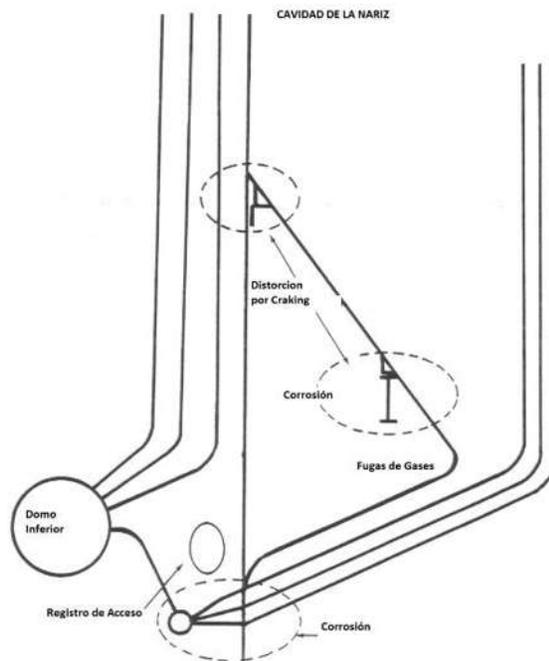
Antes de realizar la limpieza es bien importante revisar que acumulación de cenizas se tiene, checar sales cristalizadas, las cuales pudieron ser causadas por fugas de tubos o entradas de humedad, las cuales deberán de ser identificadas.

Checar los brazos de soportes y buscar corrosión, especialmente en las calderas viejas, corrosión en los cabezales.

INSPECCION LADO GAS DE LA NARIZ

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

ITEMS QUE CHECAR		COMENTARIOS
1	<p>NARIZ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de sales • Están cristalizadas • Soportes • Corrosión, pitting • Alineación de los tubos, distorsión • Soportes rotos o craqueados • Condición del refractario 	



III.10.8 GUIA DE INSPECCION LADO AGUA DEL DOMO DE VAPOR

Buscar incrustación, suave o dura y reportar donde fueron encontradas, muestrear incrustación de los depósitos, bien etiquetados y enviar al laboratorio.

Checar la instalación propia de los internos de la caldera, los cuales pueden causar arrastre de agua y los subsecuentes problemas en el sobrecalentador, checar el diagrama del domo y comprobar internos.

El estado de los internos comprobara el tratamiento de agua.

Algunas veces se encuentra problemas de cracking en domo y tubos o pitting del domo.

No olvidar la práctica de tomar fotografías del domo, marca de agua, tapones si los hay y soldaduras, soportes del tubo de alimentación, Soportes de los separadores y los baffles.

Donde se ve crack del metal en el asiento del tubo.

Checar válvula de seguridad, tubo de venteo y línea de dren de la válvula de seguridad, corrosión.

INSPECCION LADO AGUA DOMO SUPERIOR

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

PRECAUCION PARA ACCESAR AL DOMO DE VAPOR SE DEBERA DE CUMPLIR CON LAS NORMAS DE SEGURIDAD ESTABLECIDAS.

ITEMS QUE CHECAR		COMENTARIOS
1	<p>CHECAR EN EL DOMO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Línea de agua • Depósitos, color, tipo, etc. • Purga continua en posición correcta • Línea de alimentación de químicos En posición correcta y buen estado • Línea de agua de alimentación en buena posición y limpia • Pitting del domo, de los internos, • Checar drenes del separador de taponamientos • Evidencia de aflojamientos de los internos. • Evidencia de pérdidas de tonillos, tuercas, etc. • Cracking 	

III.10.9 GUIA DE INSPECCION LADO AGUA DEL DOMO INFERIOR

La precaución más importante es el acceso a cualquiera de ambos Domo es conocer los procedimientos de seguridad establecidos.

Otra recomendación de seguridad es la evitar entrar con herramientas sueltas que pudieran caer a los tubos de distribución de agua al fondo del Horno (Downcomer), La caída de un herramienta u objeto extraño bloquearía la libre circulación y provocaría una falla de tubos.

Al igual que en el domo de vapor verificar no se tenga cracking en tubos, verificar el estado correcto de instalación de los internos (Intercambiador de Calor, Línea de Químicos).

Checar que todos los bafles y soportes están bien colocados y que no haya pitting o corrosión.

INSPECCION LADO AGUA DEL DOMO INFERIOR

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

ITEMS QUE CHECAR		COMENTARIOS
1	<p>CHECAR EN EL DOMO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Línea de agua • Depósitos, color, tipo, etc. • Purga continua en posición correcta • Línea de alimentación de químicos. en posición correcta y buen estado • Pitting del domo, • Checar drenes del separador de taponamientos • Evidencia de pérdidas de tonillos, turcas, etc. • Cracking • Checar el dren de la purga del domo inferior no tenga cracking o falla. 	

III.10.10 GUIA DE INSPECCION LADO AGUA DEL HORNO

La formación de incrustación en el lado agua de los tubos del horno es generalmente lo peor que nos puede ocurrir, ya que la transferencia de calor bajaría y por tratarse de la zona más caliente donde se localiza la cama de carbón se tendrían consecuencias incalculables ya que el daño de un tubo sería muy probable por la baja de circulación.

Una de las partes de mayor cuidado son los tubos que forman los puertos de canaletas que es donde permanentemente se tiene alta temperatura por el flujo de fundido.

Una manera preventiva de reducir el riesgo en esta zona es la inspección de los tubos que por bajo espesor son removidos, se deberán de enviar al Laboratorio para su análisis de densidad de incrustación y estado metalografico.

Además de lo anterior es de mucha ayuda la instalación de termocoples que midan la temperatura de la pared metálica en diferentes partes del los tubos del piso.

Se deberán de remover los tapones de los cabezales con el fin de checar posibles acumulaciones de sales.

Definitivamente el control del tratamiento del agua de alimentación a la caldera será la garantía de la confiabilidad de esta parte, de ahí que se deba de contar con todas las recomendaciones especificas para el control de calidad de agua a calderas (ASME)

Como ya se comento necesario revisar el interior de los tubos y determinar de los análisis la necesidad de Realizar los lavados Químicos, con una empresa Calificada que cuente con la experiencia en Lavados Químicos de Calderas pues podrían causar daños irreversibles por ataque químico por falta de control al realizarse.

Checar distorsión de los tubos, deflexión entre los brazos y los tubos.

Checar corrosión, fugas de fundido y acumulaciones, fugas de humedad externa a esta parte de la caldera .Generalmente hay fugas de fundido de las paredes de la caldera por falla de la Membrana.

INSPECCION LADO AGUA DEL HORNO

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

ITEMS QUE CHECAR		COMENTARIOS
1	<p>LADO AGUA DEL HORNO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar Cada tubo que sea removido de esta área, enviarse a un Laboratorio Calificado donde se determine: <ul style="list-style-type: none"> ○ Tipo de Incrustación ○ Densidad de la Incrustación ○ Perdida del Metal ○ Espectrografía • Inspección de los cabezales de las paredes, piso, screen removiendo los tapones cap, instalados para ese fin. 	

III.10.11 GUIA DE INSPECCION LADO AGUA DEL ECONOMIZADOR

Como ya se ha mencionado en el Economizador es donde podemos encontrar mayor corrosión por el lado Gas y el Lado Agua también sufre ese problema si no es el Agua de Alimentación debidamente tratada y el Oxígeno correctamente eliminado por completo eliminando así la corrosión por oxígeno disuelto en el agua.

Visualizar la partes de los tubos que entran a los cabezales que no tengan corrosión ni depósitos de coloración negra originadas por el óxido de hierro.

Secuestrante de oxígeno son usados para garantizar que la ausencia de este elemento esté presente en el agua de alimentación, se reitera el seguimiento de un programa de Tratamiento de agua de estándares superiores a la Norma serán la Garantía de la confiabilidad.

INSPECCION LADO AGUA DEL ECONOMIZADOR

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

ITEMS QUE CHECAR		COMENTARIOS
1	<p>LADO AGUA DEL ECONOMIZADOR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incrustación en Cabezales <ul style="list-style-type: none"> ○ Dura ○ Suave ○ Espesor ○ Color • Objetos Extraños diferentes a Incrustación se deberán de analizar • Inspeccionar alineación de la tubería • Corrosión localizada • Entradas de aire por daño del Casing. 	

III.10.12 GUIA DE INSPECCION CANALETAS

Las canaletas de fundido aunque no son recipientes sujetos a presión son accesorios localizados en la parte más crítica de la caldera que es el Horno.

Las canaletas por norma deberemos de cambiarlas obligadamente cada año y hacer cortes transversales y longitudinales a cada una de ellas con el fin de evitar tener el error de volver a colocarlas y el de poder analizar el interior de la mismas.

Es práctica común hacer prueba hidrostática antes de su instalación además de tener un mapeo de espesores en todo lo largo y ancho de la canaleta.

La inspección de los tubos que forman parte del puerto de la canaletas deberá de ser revisado de manera completa revisando no tenga erosión acelerada, deformación, fugas por falta de refractario.

INSPECCION DE CANALETAS

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

	ITEMS QUE CHECAR	COMENTARIOS
1	<p>CANALETAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perdida de Material <ul style="list-style-type: none"> ○ Erosión ○ Corrosión • Fugas <ul style="list-style-type: none"> ○ Fundido en la Junta con La Pared ○ Agua Enfriamiento • Espreas Fundido <ul style="list-style-type: none"> ○ Libre Movimiento ○ Erosión • Agua Enfriamiento <ul style="list-style-type: none"> ○ Fugas ○ Taponamientos ○ Medidores de Flujo ○ Termómetros de Campo ○ Alarmas de Nivel Tanque de Cabeza ○ Baja presión Línea Reposición ○ Descarga de agua de enfriamiento libre sin obstrucciones. 	

III.10.13 GUIA DE INSPECCION TANQUE DE DISOLUCION DE FUNDIDO

El Tanque de Disolución del Fundido (TDF) es al igual que las canaletas una parte de la Caldera de Recuperación aunque no esté sujeta a presión es crítica su revisión Visual.

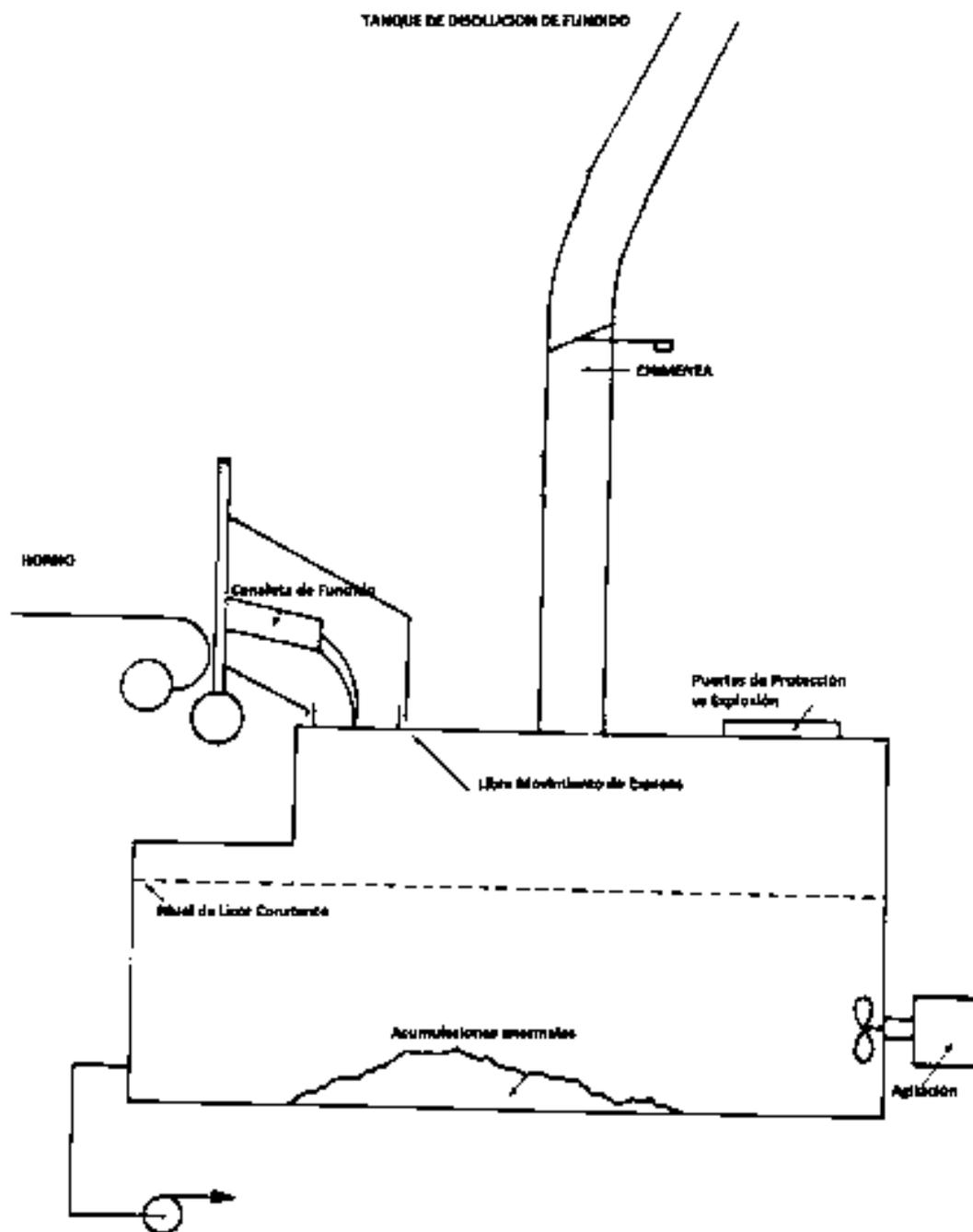
Verificar no existan acumulaciones de fundido indicativo de fallas en la agitación.

Inspeccionar chimenea y venteo se encuentren limpios, revisar líneas de recirculación, muestreador de Licor Verde.

INSPECCION DEL TANQUE DE DISOLUCION DE FUNDIDO

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

	ITEMS QUE CHECAR	COMENTARIOS
1	<ul style="list-style-type: none"> • TAPA TANQUE <ul style="list-style-type: none"> ○ Libre Movimiento entre Campana Canaletas y Canaleta de fundido. ○ Distorsiones de la Parte superior del Tanque. ○ Acumulaciones de Fundido ○ Accionamiento de la Puerta vs Explosiones. • ADENTRO DEL TDF <ul style="list-style-type: none"> ○ Fundido no Disuelto ○ Distorsiones en Tanque. ○ Espesor Tanque ○ Corrosión en Tanque ○ Condición de los Agitadores, Propela. ○ Transmisor de Nivel ○ Derrame Libre ○ Línea de Recirculación Y Espreas en buen estado. • AFUERA DE TDF <ul style="list-style-type: none"> ○ Control de Agitadores ○ Soportes Agitadores y Bombas sin ruidos ni fugas. 	



III.10.14 GUIA DE INSPECCION SISTEMA DE AIRE DE COMBUSTION

Uno de los mayores problemas y de más riesgo son las fugas en los calentadores de aire que pueden fallar y tener agua en el aire de combustión causa potencial de un accidente, se deberá de verificar posibles fugas de agua cuando el ventilador se encuentre fuera de servicio, es recomendado realizar prueba hidrostática al menos cada año.

Otros problemas son las posibles fallas de los ventiladores, fugas en los ductos de aire, vibraciones en el ventilador, verificar la correcta operación de las compuertas de entrada de aire.

Las Cajas de aire antes de la entrada a la caldera deberán de observarse sin daños pues entradas de aire por daño provocaran corrosión acelerada de esa área, fugas de fundido en caso de problemas de control de nivel de fundido.

INSPECCION DEL SISTEMA DE AIRE DE COMBUSTION

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

	ITEMS QUE CHECAR	COMENTARIOS
1	<ul style="list-style-type: none"> • VENTILADOR <ul style="list-style-type: none"> ○ Checar el control del Ventilador ○ Cople en buen estado y sin vibración anormal. ○ Verificar Rotor del ventilador no tenga evidencias de corrosión, erosión o daños mecánicos. ○ Suciedad en la Carcasa ○ Cracking en ventilador • CALENTADORES DE AIRE <ul style="list-style-type: none"> ○ Fugas en tubos o en Cabezal ○ Fugas en ducto de aire ○ Corrosión ○ Trampas de Vapor ○ Control de Condensados • DUCTOS DE AIRE <ul style="list-style-type: none"> ○ Fugas, Corrosión. ○ Trampa de Agua operando adecuadamente. • CAJA DE AIRE <ul style="list-style-type: none"> ○ Funcionamiento de los Dámper. ○ Fugas de Aire ○ Libres de Escoria, Fundido ○ Soportes en buen estado sin falta de 	

	tornillería. ○ Mirillas de inspección completas.	
--	---	--

III.10.15 GUIA DE INSPECCION SISTEMA DE GASES DE COMBUSTION

Analizar las acumulaciones de Polvos anormales (antes de realizar la limpieza), corrosión.

Checar las condiciones de las juntas de expansión, estado de los aislamientos la falta de ellos provocan corrosión externa y potencialmente una falla de tubos.

Verificar especialmente el área adjunta a Instrumentos, venteo, revisando no existan corrosión de la conexiones por la entrada de húmeda.

El ventilador de Tiro Inducido debe de revisarse tal como se recomendó el Ventilador de Aire, además de buscar posibles acumulaciones anormales de polvos en la entrada, carcasa y descarga del ventilador.

Revisar el estado de los sopladores de Hollín que no tengan distorsión de las lanzas, el sistema de trapeo de Vapor funcione adecuadamente, Micros de entrada y salida a la caldera y demás recomendaciones del fabricante.

INSPECCION DEL SISTEMA DE GASES DE COMBUSTION

LISTA DE CHEQUEO 1 DE 1 FECHA _____ REALIZADA POR: _____

	ITEMS QUE CHECAR	COMENTARIOS
1	<ul style="list-style-type: none"> ● FLUJO DE GASES <ul style="list-style-type: none"> ○ Revisar y analizar las acumulaciones anormales de Polvos. ○ Juntas de expansión ○ Fugas de Gases por Casing. ○ Distorsión ● VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO <ul style="list-style-type: none"> ○ Cople Turbina y Ventilador ○ Sistema de Control de Velocidad ○ Corrosión ○ Depósitos en Ductos de Entrada de Gases, Carcasa, Ductos descarga ○ Vibración Anormal ○ Mirillas de inspección completas. 	

IV. ANALISIS Y DISCUSION

El uso de la metodología recomendada de Inspección de una Caldera de Recuperación es lo más apropiado que hasta hoy en día se ha comprobado mantener la unidad en condiciones estables, los descubrimientos que se tienen en cada inspección visual son valorados y dependiendo de este análisis se programa o se realiza de inmediato.

La inspección Visual complementado con el Plan de mediciones de Espesores establecido a través del historial se ha logrado que se tenga bien planeado la corrección de los puntos mas riesgosos de una caldera de recuperación.

Los procedimientos de Pruebas tanto de Líquidos penetrantes como de Rayos X son herramientas que verifican y garantizan los trabajos realizados, teniendo con esto una mayor confiabilidad de las operaciones con menor riesgo.

Finalmente la Prueba Hidrostática la última prueba a realizar y obligada después de finalizar todos los trabajos realizados en la caldera es la inspección que nos permitirá que la caldera sea puesta en marcha con una confianza de que no existen riesgos por fugas en la caldera.

Todos y cada uno de los que operan y mantienen la caldera de recuperación siempre deberán de hacerlo cumpliendo con los procedimientos más seguros establecidos y mejorando igualmente las operaciones.

V. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

- 1.- El superintendente de la planta es responsable por todos los aspectos de inspección, reparación y mantenimiento de una caldera para licor negro.
- 2.- Una *Caldera de Recuperación* debe ser inspeccionada internamente (lado agua), al menos una vez por año. - Inspectores de seguros y consultantes de tratamiento de agua son recomendados para esta inspección.
- 3.- Una *Caldera de Recuperación* NUNCA puede ser operada con al menos un tubo con espesor por debajo del especificado en el código ASME. Si un tubo en el registro histórico presenta la Posibilidad de estar durante ese año por debajo del espesor mínimo, debe ser reemplazado.
- 4.- Las válvulas de seguridad de una *Caldera de Recuperación* deben ser testadas una vez por año.
- 5.- Una *Caldera de Recuperación* debe ser inspeccionada externamente (lado fuego), al menos una vez por año. La inspección externa deberá incluir medición ultrasónica de espesores con comparaciones históricas de pérdida de espesor.

5.1 Se recomienda remover una sección de tubería entre la zona primaria y secundaria para determinación de incrustaciones y depósitos. (Se debe aprovechar para inspección con baroscopio).

5.2 La prueba ultrasónica anual debe incluir las siguientes partes :

Paredes de agua, debajo de las puertas de aire secundario (cada tubo cada 9"), Entre el secundario y el terciario cada tubo cada 18". El piso de la caldera cada tubo cada 6 pies. "Nariz" de la caldera cada tubo cada 3 pies y en cada curva. Puertas de inspección y de sopladores, incluyendo tubería de puertas de aire secundario y terciario. Tubería del screen cada tubo cada 18". Tubería del sobrecalentador en cada curva y en la zona de sopladores.

5.3 En años alternados se recomienda medir :

Encima del aire terciario cada 6 tubos cada 6 pies de elevación. En el techo de la caldera cada tubo cada 6 pies incluyendo las curvaturas. El banco principal cada tubo en las curvas inferiores lado frontal del gas y en la ruta de los sopladores. Domo de lodos el lado interior en la parte circunferencial. El economizador cada tubo en las curvas del lado frontal de los gases y en la ruta de sopladores.

5.4 FORMULA TÍPICA ASME PARA CALCULO DE ESPESOR MÍNIMO

$$t = P \times D / (2S + P) + 0.005D$$

Donde :

t = Espesor mínimo de la pared del tubo en pulgadas.

P = Maxima presión permitida de trabajo en psig.

D = Diámetro exterior del tubo en pulgadas.

S = Tensión máxima permitida del acero en psig

CORRECCIÓN DE LA FORMULA PARA LOOPS DEL SUPERHEATER

$$Y = t \times (R + r/2) (R + r)$$

Donde :

Y = Espesor mínimo de la pared en el lado de la curvatura exterior en pulgadas.

t = Espesor mínimo calculado para el equivalente a un tubo recto en pulgadas.

R = Es el radio de la curvatura en pulgadas.

$R = (D - 2t)/2$; donde D = diámetro exterior del tubo en pulgadas.

6.- Después de una reparación mayor (reconstrucción de tuberías del hogar, reemplazo de paneles de tubería, reemplazo del tubo del piso de la caldera, etc.) en una *caldera de recuperación* esta debe ser sujeta a una prueba hidrostática, mínimo a la presión de operación (más o menos 10%) y máximo 1.5 veces esa presión.

6.1 Esta presión de prueba se debe mantener un tiempo suficiente para comprobar el sello en las zonas reparadas.

6.2 La inspección interna debe involucrar personal capacitado pero en ningún momento se permitirá personal dentro de la caldera mientras se esté a 1.5 veces la presión de trabajo.

6.3 La inspección visual se hará a la presión de operación normal.

6.4 Esta prueba se hará antes de aplicar refractario nuevo.

6.5 La temperatura del agua de llenado previa a la prueba no debe ser Mayor de 100°F (entre 70 y 130°F) temperatura del metal en el domo de lodos.

6.6 La presión se debe incrementar en etapas de 100 a 200 psi cada 5 a 10 minutos.

7.- Lavados ácidos cada 5 años son recomendados para algunas calderas. Posterior a un lavado ácido se debe retirar de cada cabezal (excluyendo los del sobrecalentador) un Tapón cap.

8.- Para reemplazar pines en tubería del piso del hogar se requiere un espesor mínimo de la pared del tubo de 0.165". Pines no mayor de 3/8 " pueden ser soldados directamente en la superficie del tubo. Para pines de 1/2" deben ser aplicados sobre tuerca de 1/2" . Solamente pines de acero al carbono pueden ser usados.

9.- Una capa de refractario debe ser mantenida recubriendo los tubos del piso de la caldera y las paredes de agua hasta la altura de las puertas de aire primario.

10.- Después de una reparación mayor donde se haya involucrado cambio de tubería o cajas de aire o ductos, la caldera una vez puesta en servicio debe trabajar mínimo por 4 horas a full carga antes de quemar licor.

11.- Solamente soldadores calificados pueden ser usados para soldar partes de alta presión dentro de la caldera.

12.- Toda soldadura sobre partes a presión de la caldera debe ser radiografiada.

- 13.-** En lo posible se debe evitar todo tipo de soldadura que se haga por debajo del nivel de las puertas de aire secundario, cuando la soldadura sea necesaria, doble radiografía debe ser usada para verificar la integridad del tubo.
- 14.-** Si se requiere reemplazar una sección de tubería, esta no debe ser a 18" de largo.
- 15.-** Herramientas de choque tales como martillos neumáticos, cinceles, no está Permitido usar dentro de la caldera sin la supervisión directa del personal de Operación y Mantenimiento.
- 16.-** Tubería nueva para ser usada en la *Caldera de Recuperación* debe ser chequeada por ultrasonido.
- 17.-** Soldaduras de relleno (overlay) no deben ser usadas en ningún tubo dentro de una *Caldera de Recuperación*.
- 18.-** Ningún tipo de soldadura debe hacerse sobre un tubo que no tenga un espesor mínimo de 0.150".
- 19.-** Records de fallas en partes de presión, información sobre soldadura, reportes de parada de reparación, deben ser mantenidos para la historia de cada *Caldera de Recuperación*.
- 20.-** Canaletas de salida de fundido no pueden mantenerse en servicio por un lapso mayor a un año

REFERENCIAS.

1. BLRBAC (Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee) Minutes Oct_2010.
2. Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel Tomo I C.EABL LIBBY
3. ASME Calderas y Recipientes a Presión Sección V, Inspecciones No destructivas.
4. TAPPI Guía sobre Medición de Espesores en Pruebas No destructivas de en Una Caldera de Recuperación.
5. American Society of Nondestructive Testing, Recommended Practice NDT-TC-1A Ultima Edición.
6. The pulping Of Wood Volumen I, Ronald G Macdonald