



UNIVERSIDAD DE ACONCAGUA
Sede los andes

INFORME TRABAJO DE TÍTULO CON CALDERA PRESURIZADA BLOWTHERM

**TRABAJO REALIZADO PARA OPTAR AL TITULO DE
Tecnico en Mecanica Industrial**

Hector Ivan Roa Yañez
Profesor Guía: Profesor jefe
Noviembre 2016

Certifico que he leído este documento y que, en mi opinión, es adecuado en ámbito y calidad como trabajo para optar al título de .

Profesor jefe Profesor Guía

Certifico que he leído este documento y que, en mi opinión, es adecuado en ámbito y calidad como trabajo para optar al título de .

Profesor Co-Referente

Aprobado por la Escuela de , UNIVERSIDAD DE ACONCAGUA.

Sumario

El presente trabajo de título busca mejorar los procesos asociados a la operación y mantenimiento de una caldera, procurando que esta opere en el tiempo de forma Segura, Correcta y Constante.

Índice general

Sumario	III
1. Introducción	1
2. Marco Conceptual	2
2.0.1. Introducción	2
2.1. Principios	2
2.1.1. Calor	2
2.1.2. Temperatura	3
2.1.3. Presión	4
2.1.4. Producción del Vapor	5
2.2. Clasificación de las calderas	6
2.2.1. Posición	6
2.2.2. Instalación	6
2.2.3. Circulación de gases	7
2.2.4. Circulación de agua.	7
2.2.5. Volumen de agua	7
2.2.6. Combustible	8
2.2.7. Presión	8
2.2.8. De Tubos de Humo o Piro tubulares	8
2.2.9. De Tubos de Agua o Acuotubulares	8
2.2.10. Mixtas	8
3. Marco Tecnológico	9
3.0.1. Introducción	9
3.0.2. Descripción de la caldera	9
4. Problema y desarrollo de la propuesta	12
4.0.1. Introducción	12
4.1. Objetivo General	13
4.2. Objetivos específicos	13

4.2.1. Conceptos principales a considerar:	13
5. Implementación	14
5.0.1. Control del nivel del agua	14
5.0.2. Trabajo a baja presión	17
5.0.3. Aumento en la demanda	18
5.0.4. Solidos Disueltos	19
5.0.5. Acumulacion de residuos de la combustión	20
5.0.6. Formulario unico de resultados	21
6. Conclusión	22
Bibliografía	23

Índice de tablas

5.1. Resumen de Resultados	21
--------------------------------------	----

Índice de figuras

2.1. Formula Grado Centigrados	3
2.2. Formula Grado Fahrenheit	3
2.3. Formula general de presión	4
3.1. Diagrama de diseño	10
5.1. Diagrama de mantención e Inspección diaria	15
5.2. Diagrama de acción para trabajo en baja presión	17
5.3. Diagrama de acción en caso de sobre demanda	18
5.4. Diagrama de mantencion e inspeccion de S.D	19
5.5. Diagrama de acción para mantención anual	20

Capítulo 1

Introducción

Se necesita una gran cantidad de energía para transformar agua en vapor, esa energía no se pierde, es transportada y liberada cuando se convierte en agua nuevamente. El vapor es un conductor muy eficiente de energía de calefacción, versátil, seguro y completamente estéril. Es considerado un medio de energía moderno capaz de satisfacer las demandas de cualquier tramo industrial. El uso eficiente del vapor requiere de un control preciso, inspecciones periódicas y mantenciones preventivas. El siguiente trabajo de título en un inicio desarrolla aspectos conceptuales que permitan entender los procesos y fenómenos que ocurren en una caldera, cuando esta se encuentra en funcionamiento. Luego se detalla el diseño de la caldera blowtherm - 400 [2] a la cual estube expuesto durante mi práctica profesional. Para ello se detallan las especificaciones técnicas en donde el fabricante determina los parámetros correctos y óptimos de funcionamiento. Finalmente se presenta la oportunidad de mejora junto con el desarrollo de los objetivos planteados en el ante-proyecto y conclusiones pertinentes.

Capítulo 2

Marco Conceptual

2.0.1. Introducción

En este capítulo se exponen los conceptos fundamentales que participan en el proceso de generación de vapor con uso de calderas.

2.1. Principios

2.1.1. Calor

El calor es una forma de energía. Este es resultado de la agitación de las moléculas de un cuerpo. El calor es proporcional al movimiento de las partículas, si el movimiento de las partículas se aumenta también lo hará su temperatura. El calor como energía tiene la capacidad de transferirse a otros cuerpos, provocando reacciones en ellos. Estas varían según el tipo de material, estado de la materia y cantidad de calor aplicada. Esta energía puede transferirse a otros cuerpos, la primera ley de la termodinámica establece que la energía puede ser transformada de una forma a otra, la segunda ley nos dice que el calor siempre fluye desde un cuerpo con mayor temperatura hacia uno con menor temperatura ya sea mediante conducción, radiación, convección.

- **Conducción:** Es la propagación del calor en los cuerpos sólidos. Puede ser de un extremo a otro de un cuerpo a través del mismo, o bien, de un cuerpo caliente a otro más frío, estando en contacto.
- **Radiación:** Es la transmisión del calor por medio de ondas sin la necesidad de un medio material que lo transmita.

- Convección: Es una forma de transmisión del calor que se presenta en los líquidos y gases por la formación de corrientes ascendentes producidas por la diferencia de temperatura.

2.1.2. Temperatura

Esta relacionada directamente con la energía interna conocida como energía cinética, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más caliente, es decir, que su temperatura es mayor. La temperatura se mide en grados, existen distintas escalas pero las más utilizadas son los grados Centígrados o Celsius (C) en el sistema Métrico, y los grados Fahrenheit (F) en el sistema Inglés. La conversión de estas medidas se puede realizar haciendo uso de las siguientes formulas:

$$C = \frac{F-32}{1,8}$$

Figura 2.1: Formula Grado Centígrados

$$F = 1,8C + 32$$

Figura 2.2: Formula Grado Fahrenheit

2.1.3. Presión

es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea. En el Sistema Internacional de Unidades la presión se mide en una unidad derivada que se denomina pascal (Pa) que es equivalente a una fuerza total de un newton (N) actuando uniformemente en un metro cuadrado (m^2). En el Sistema Inglés la presión se mide en libra por pulgada cuadrada (pound per square inch o psi) que es equivalente a una fuerza total de una libra actuando en una pulgada cuadrada.

La presión afecta directamente la producción de vapor en una caldera, por lo que es deseable medir esta magnitud con el fin de controlar su valor, procurando que este se comporte de manera correcta y constante. Es importante comprender sus tipos para comprender como se obtiene esta variable:

- Presión Atmosférica: Es la presión que ejerce sobre la tierra, el aire que la rodea. Varía para cada lugar según sea su ubicación con respecto al nivel del mar.
- Presión Efectiva : Es la presión existente en el interior de un recipiente cerrado.
- Presión Absoluta: El concepto de presión absoluta o manometrica fue desarrollado ya que los manómetros marcan cero cuando están abiertos a la atmósfera. Cuando se les conecta al recinto cuya presión se desea medir, miden el exceso de presión respecto a la presión atmosférica, como por ejemplo una caldera. Si la presión en dicho recinto es inferior a la atmosférica, señalan cero Presion (absoluta = Presion del recipiente a medir – presión atmosférica)

Cuando sobre una superficie plana de área A se aplica una fuerza normal F de manera uniforme, la presión P viene dada de la siguiente forma:

$$p = \frac{F}{A}$$

Figura 2.3: Formula general de presión

2.1.4. Producción del Vapor

El paso del agua del estado líquido al de vapor recibe el nombre de vaporización, lo cual puede ocurrir de dos maneras:

- Evaporación es la producción lenta de vapor en la superficie libre de un líquido y se realiza a cualquier temperatura superior a 0 grados Celcius.
- Ebullición es la producción rápida de vapor a la temperatura de ebullición del agua, correspondiente a su presión. Esta es la forma de producción de vapor en las calderas, para fines industriales.

Tipos de vapor

- Vapor saturado: Es el vapor producido a la temperatura de ebullición del agua. Este vapor puede estar exento completamente de partículas de agua sin vaporizar o puede llevarla en suspensión. Por esta razón el vapor saturado puede ser seco o húmedo.
- vapor sobrecalentado: Si al vapor de agua saturado se le aplica calor adicional, manteniendo constante su presión, se puede obtener un vapor seco a mayor temperatura.

2.2. Clasificación de las calderas

Se define como caldera a todo recipiente metálico, cerrado, destinado a la producción de vapor [?] o al calentamiento de agua, mediante la acción del calor a una temperatura mayor que la del ambiente y a una presión mayor que la atmosférica. La clasificación de calderas se basa en varios factores propios del diseño y uso de estos equipos, tales como tipo de combustible que utilizan, presión a la que trabajan, volumen de agua, forma de calefacción, etcétera. Se define como caldera a todo recipiente metálico, cerrado, destinado a la producción de vapor o al calentamiento de agua, mediante la acción del calor a una temperatura mayor que la del ambiente y a una presión mayor que la atmosférica. Cada fabricante ha tomado o seleccionado algunos de estos aspectos, creando tipos de calderas que han llegado a popularizarse en el ambiente industrial. Así se tiene, por ejemplo, las calderas escocesas que son calderas horizontales, con tubos múltiples de humo, de hogar interior, de uno o más pasos, y que pueden quemar combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

Factores de Clasificación

2.2.1. Posición

Según este factor y atendiendo a la forma en que esta ubicada la caldera, esta pueden ser:

- Horizontales.
- Verticales.

2.2.2. Instalación

Se pueden clasificar como:

- Fijas o Estacionarias.
- Semi fijas.
- móviles o portátiles.

2.2.3. Circulación de gases

Se refiere al numero de recorridos de los gases en el interior de la caldera antes de salir por la chimenea. De acuerdo a esto, pueden ser:

- De un Paso (llama directa o recorrido en un sentido).
- De dos Pasos (llama de retorno o de retorno simple).
- De tres Pasos (llama de doble retorno).
- De cuatro pasos.

2.2.4. Circulación de agua.

Se refiere a la forma en que circula el agua en una caldera, existen distintos tipos de circulación:

- De circulación natural. (El agua circula por el interior de la caldera debido a los cambios en la densidad producidos por el calor absorbido por el agua.)
- De circulación forzada. (El agua es forzada a circular por los tubos de la caldera por medio de una bomba.)

2.2.5. Volumen de agua

Esto es según la relación que existe entre la capacidad de agua de la caldera y su superficie de calefacción. Así se tiene calderas:

- De alto volumen de agua (mas de 150 lts, por cada m2 de superficie de calefacción).
- De mediano volumen de agua (entre 70 y 150 lts, por cada metro cuadrado de superficie de calefacción).
- De bajo volumen de agua (menos de 70lts, por cada m2 de superficie de calefacción).

2.2.6. Combustible

Para su funcionamiento, las calderas pueden utilizar diferentes tipos de combustibles. Según esto existen calderas:

- De combustible sólido.
- De combustible líquido.
- De combustible gaseoso.
- Mixtas.

Además existen calderas que obtienen el calor necesario de otras fuentes de calor tales como gases calientes residuales de otras reacciones químicas, de la aplicación de energía eléctrica o del empleo de energía nuclear.

2.2.7. Presión

Según la presión máxima de trabajo. Las calderas se clasifican en:

- Calderas de baja presión.
- Calderas de presión mediana.
- Calderas de alta presión

2.2.8. De Tubos de Humo o Pirotubulares

cuando por el interior de los tubos circulan los gases calientes de la Combustión.

2.2.9. De Tubos de Agua o Acuotubulares

cuando por el interior de los tubos circula agua mientras que la superficie externa esta en contacto con los gases.

2.2.10. Mixtas

Mixtas, son aquellas que tienen tubos de agua y de humo.

Capítulo 3

Marco Tecnológico

3.0.1. Introducción

En este capítulo se definen los parametros mas importantes de la caldera estudiada.

3.0.2. Descripcion de la caldera

Blowtherm pack - 400

- La caldera de acero serie PACK-P AR es un generador de calor de alto rendimiento para instalaciones de calefacción por agua caliente hasta 90°C.
- Es una caldera monobloque de combustión presurizada: la llama producida por el quemador se desarrolla en el hogar y, al estar éste cerrado por atrás, los humos vuelven hacia la parte delantera donde, a través del hueco que hay en el portalón [Figura 3.1], embocan la batería de tubos.
- Los humos están obligados por los dispositivos de turbulencia a efectuar un torbellino que aumenta el intercambio termico por convección.
- Los humos se recogen en la camara trasera y se dirigen hacia la chimenea.
- El quemador está instalado en un portalón abisagrado: de esta manera se facilitan las operaciones de regulación y mantenimiento de la caldera y del quemador sin que sea necesario desmontarlo.

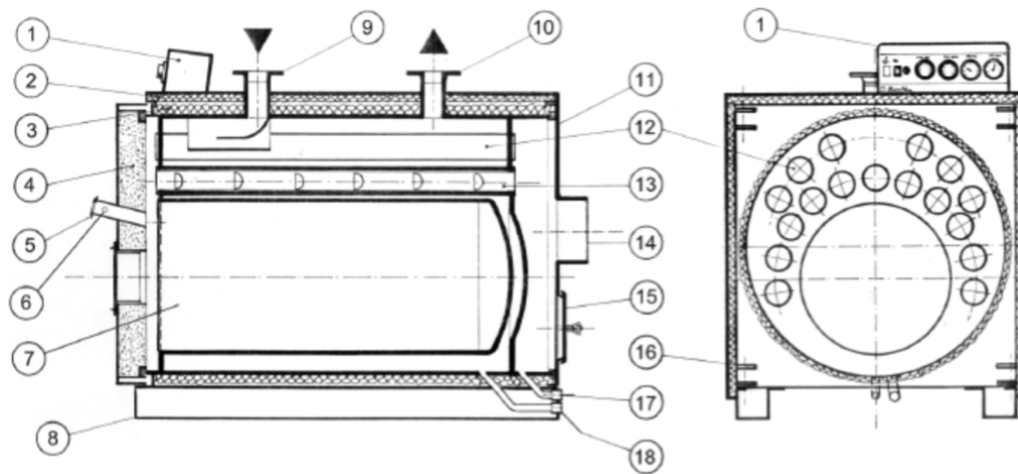


Figura 3.1: Diagrama de diseño

1. Cuadro electrico
2. Revestimientos calderas
3. Aislamento cuerpo caldera
4. Portalón
5. Mirilla control llama
6. Presa para medir la presion del hogar
7. Cuerpo caldera
8. Largueros
9. Retorno calefacción
10. Salida calefacción
11. Camara de humos

- 12. Tubos del humo
- 13. Dispositivos de turbulencia
- 14. Tubo salida humos
- 15. Brida antirreventón
- 16. Bisagra del portalón
- 17. Desague condensación humos
- 18. Descarga lodos

Capítulo 4

Problema y desarrollo de la propuesta

4.0.1. Introducción

Para poder aplicar los procedimientos asociados a la mantención de calderas, primero es necesario entender los fenómenos físicos que se dan en una caldera o sistemas similares, esto permite comprender las variables involucradas en estos procesos, valores que luego deben ser interpretados y que serán prueba del buen o mal funcionamiento de estos equipos. Este apartado se enfocará en los detalles de la caldera presurizada Blowther haciendo uso de su documentación. Por último se mencionarán las fallas más comunes, haciendo énfasis en los factores que pueden influir en la aparición de estos problemas.

4.1. Objetivo General

Realizar un estudio de la situación actual para posteriormente proponer medidas de optimización del uso y mantenimiento al sistema generador de vapor llamada caldera.

4.2. Objetivos específicos

- Describir los principales tipos de calderas para climatización y sus accesorios.
- Describir los periodos de tiempo entre inspecciones.
- Describir diversos tipos de mantenimiento que se lleva a cabo por parte del personal de mantenimiento.

4.2.1. Conceptos principales a considerar:

El CALOR, producto de la utilización de algún tipo combustible, mantiene la temperatura del agua transfiriendo esta energía a una estructura metálica que la conduce hasta el agua.

La PRESIÓN es una de las variables más importantes dentro de este proceso, este valor puede influir en la eficiencia de una caldera. Por ejemplo trabajar a baja presión produce inestabilidad en el agua y compromete la calidad del vapor.

Las fluctuaciones de la DEMANDA de vapor también alteran el funcionamiento de una caldera produciendo, en determinados casos, una superficie de espuma que puede mezclarse con el vapor, esto es debido una vez más a la baja presión. Una vez se estabiliza la demanda y la presión aumenta, el sistema se vuelve a comportar correctamente. Los cambios bruscos y la sobredemanda provoca mayor inestabilidad en la caldera, debido a la producción de vapor húmedo se pierde una gran cantidad de agua. Los SÓLIDOS DISUELTOS son minerales que no se evaporan, estos se acumulan en la estructura en forma de residuos. La gran acumulación puede alterar la superficie del agua, la capa espumosa es más espesa y disminuye el volumen total de vapor debido a la falta de espacio.

Capítulo 5

Implementación

5.0.1. Control del nivel del agua

El principio fundamental detrás de la operación de esta caldera es relativamente sencillo, primero el agua es calentada hasta su punto de ebullición, esto produce vapor, conforme se evapora el agua, el nivel total del agua baja, por lo que se debe suministrar nueva agua para mantener el nivel predeterminado por el fabricante del equipo. Además el nivel es sensible a cambios de demanda de vapor, por lo que el primer paso es hacer uso de los sistemas de control, que permiten mantener el volumen de líquido dentro de los límites Inferior y superior. Si el agua se encuentra en el límite inferior, partes de la caldera quedarán expuestas al calor extremo y el sistema completo se sobrecalentará, lo cual es muy peligroso. Por otro lado, si el nivel es demasiado alto, parte del vapor será aspirado, vapor húmedo, este vapor es de menor calidad. Por lo que mantener, mediante el control preciso, la banda de operación de la caldera es muy importante para una operación Segura y eficiente.

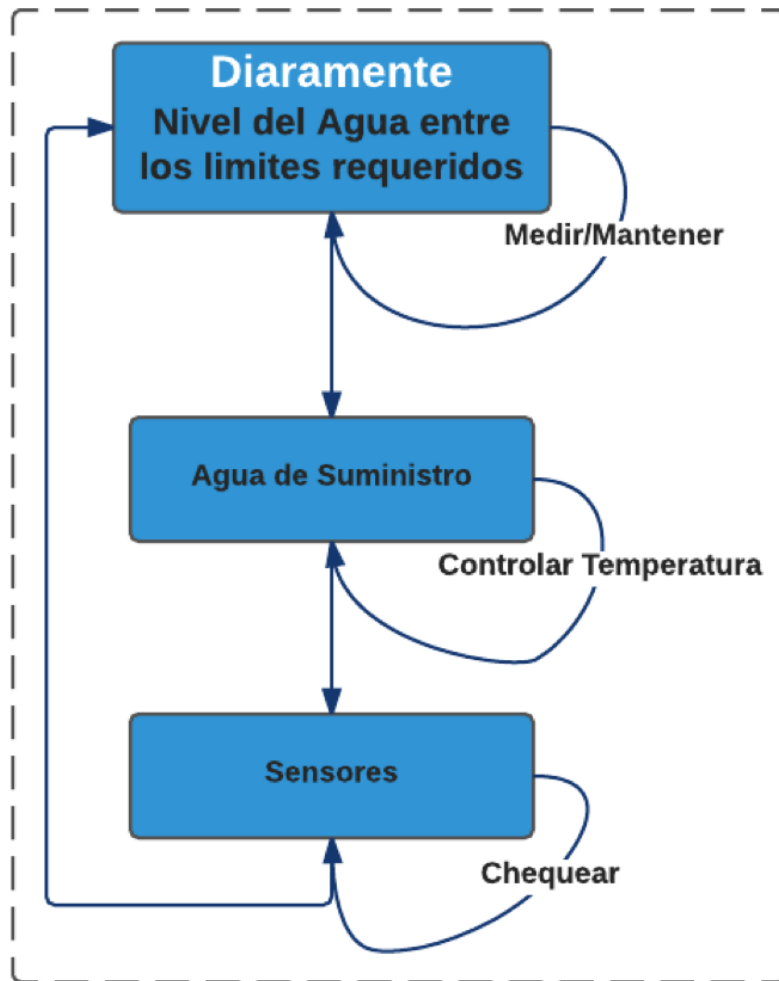


Figura 5.1: Diagrama de mantención e Inspección diaria

Considerar

Para controlar el nivel del agua en la caldera se debe medir el nivel del agua, aun con consumo bajo de vapor, cuando las condiciones son optimas hay un movimiento considerable del agua y una gran turbulencia.

Este principio es muy sencillo de explicar, al hervir agua las burbujas de vapor empiezan a ocupar un espacio dentro de la banda de operación de la caldera, resultando en un aumento en el nivel general, aunque la cantidad de agua no a cambiado. Este efecto se puede apreciar dentro de la caldera como una capa de espuma. Las sondas de nivel dentro de la caldera , miden el nivel del agua en ebullición, este parámetro se puede apreciar en el indicador de nivel. Para un control Seguro del nivel de la caldera, son indispensables sondas de nivel precisas.

El método para mantener el nivel del agua es el control $[0 -1]$ en donde al detectarse una caída en el nivel del agua, se activa la bomba que añade agua a la caldera hasta que esta llega al nivel adecuado. Se debe considerar que al agregar agua de reposición, La tasa de generación de vapor disminuye. Por lo que podemos afirmar que la tasa de generación de vapor es afectada al activar la bomba, este efecto puede ser reducido, pre-calentando el agua de reposición o logrando un suministro continuo, pero variable de agua pre-calentada para mantener la caldera en equilibrio (control modulado).

5.0.2. Trabajo a baja presión

aproximadamente 50 PSI/ 3.5 BAR, en estas condiciones las burbujas de vapor son mas grandes, por lo que se tiene una mayor turbulencia dentro de la caldera y hay mayor probabilidad de producir vapor de baja calidad. Si se quiere vapor de baja presión primero ajustar la caldera a su presión de diseño y usar la válvula de control para ajustar a la presión deseada.

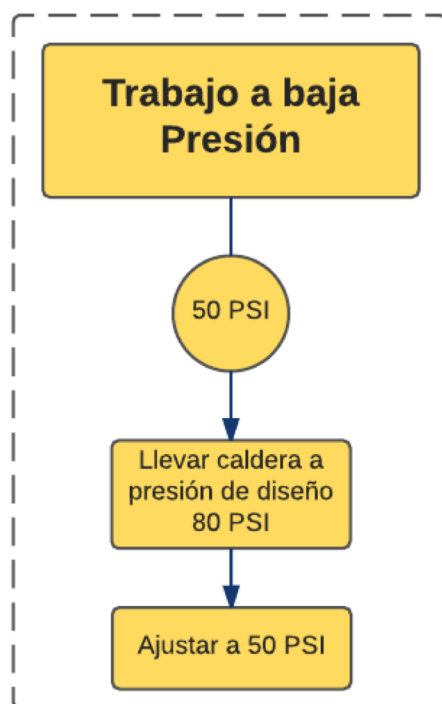


Figura 5.2: Diagrama de acción para trabajo en baja presión

5.0.3. Aumento en la demanda

El uso de vapor en muy pocos casos es estable, una caldera debe ser capaz de trabajar en condiciones que varían frecuentemente, por lo que es importante la inspección de la caldera en caso que esta no pueda responder adecuadamente a estos cambios.

- Cuando la demanda aumenta, la caldera tardará un tiempo en ajustar la tasa de vapor para adecuarse a las nuevas necesidades. Si la demanda de vapor sobrepasa la capacidad de la caldera, se produce una caída de presión en el interior de la caldera (dilatación), lo que provoca inestabilidad y en consecuencia arrastre (vapor flash).

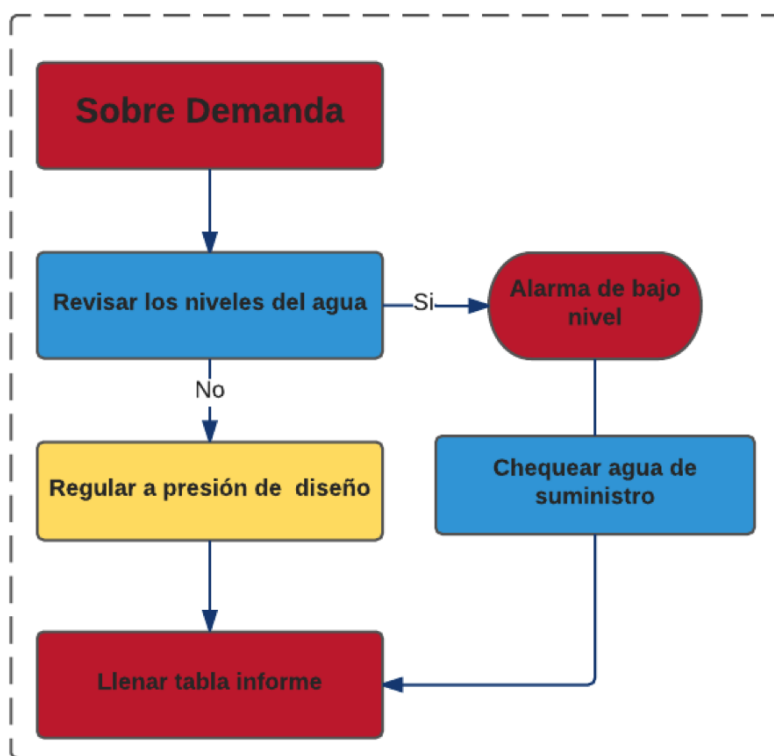


Figura 5.3: Diagrama de acción en caso de sobre demanda

5.0.4. Solidos Disueltos

Control de los solidos disueltos. El agua contiene sales químicas que no pueden ser convertidos en vapor, por lo que se acumulan dentro de la caldera, generando una capa de burbujas mayor que reduce la banda de trabajo, exponiendo la caldera a los problemas de arrastre.

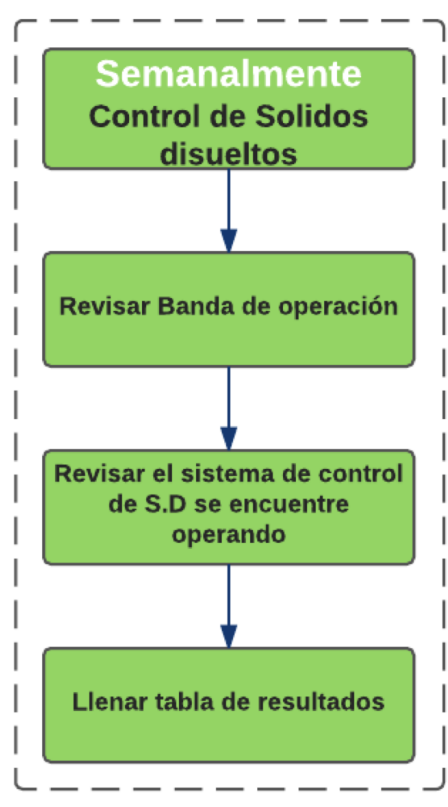


Figura 5.4: Diagrama de mantencion e inspeccion de S.D

5.0.5. Acumulacion de residuos de la combustión

limpieza de los tubos de evacuacion de la caldera, este proceso es muy importante y se realiza anualmente.El equipo se encuentra apagado y haciendo uso de productos de limpieza adecuados se limpia la superficie externa de la caldera, ademas se inspecciona en busca de piezas deterioradas.Desde el portalon de acceso, se quitan los objetos que obstaculizan la vision de los tubos que por diseño son usados para evacuar los gases y humos de la combustion. La superficie donde se acumula el hollin es raspada y aspirada antes de volver a encender el sistema.

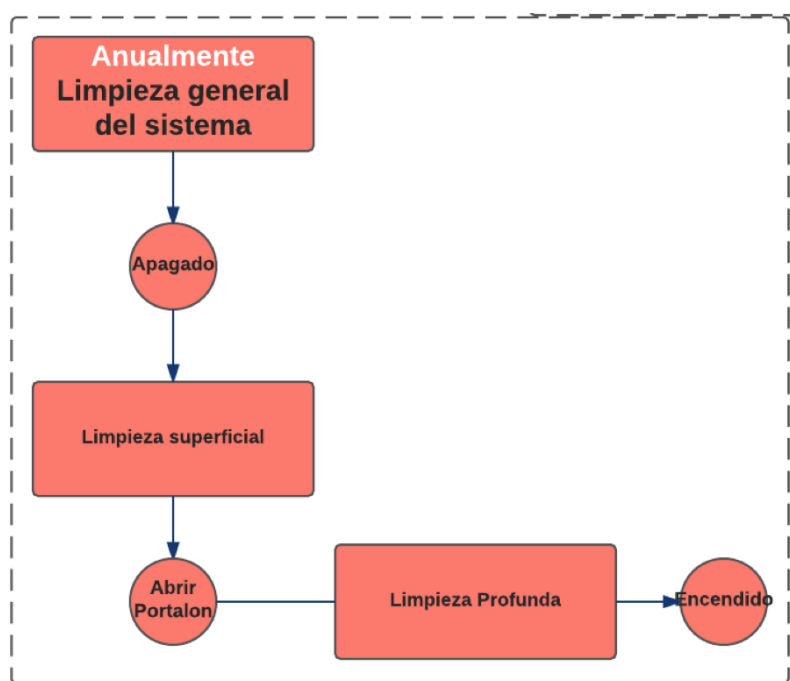


Figura 5.5: Diagrama de acción para mantención anual

5.0.6. Formulario unico de resultados

Esta tabla corresponde al formulario de resultados, diseñado para tener reporte de los eventos asociados a los flujos de trabajo establecidos.

ID	Escenario	Caso de Prueba	Entrada	Salida Esperada
03.2	Iniciar Sesión PROXMOX	Ingreso del campo Usuario incorrecto	Usuario:'rot', Pass-word:'adminici'	Error al Iniciar Sesión
03.2	Iniciar Sesión PROXMOX	Ingreso del campo Contraseña incorrecto	Usuario:'root', Pass-word:'iciadmin'	Error al Iniciar Sesión
03.2	Iniciar Sesión PROXMOX	Ambos campos incorrectos	Usuario:'root', Pass-word:'iciadmin'	Error al Iniciar Sesión

Tabla 5.1: Resumen de Resultados

Capítulo 6

Conclusión

Los niveles del agua en una caldera deben ser mantenidos dentro de un rango de operación muy estrecho, demasiado alto puede generar arrastre, demasiado bajo y la alarma de nivel bajo se dispara apagando la caldera, tal como se ha presentado en este trabajo existen varios factores que pueden alterar este equilibrio. Aun con cargas moderadas y estables la operación normal de una caldera debe ser monitoreada en todo momento por personal especializado.

Bibliografía

- [1] Computer science curriculum . *ACM,IEEE*, 2008.
- [2] Online community for open source software education. [Online]: <http://www.teachingopensource.org>, 2016.
- [3] Oyenuga Augustine Yomi Akinola Kayode-Emmanuel, Olanrewaju Grace-Oluwadamilare. Improvement strategies for computer science students’ academic performance in programming skill. *ACM,IEEE*, 2008.
- [4] Patrice Frison Daniel Deveau, Regis Fleurquin. Software engineering teaching: a “docware” approach.
- [5] N.E. Gibbs. The sei education program: the challange of teching future software engenniers.
- [6] Clinton J. Tight spiral projects for communicating software engineering concepts.
- [7] F.P. Deek J. DeFranco-Tommarello. Collaborative software development: A discussion of problem solving models and groupware technologies. *IEEE*, 2002.
- [8] F. Pena-Mora J. Favela. An experience in collaborative software engineering education.
- [9] J. Garcia-Fanjul J. Tuya. Teaching requirements analysis by means of student collaboration.
- [10] Kevin A. Gary John D. Tvedt, Roseanne Tesoriero. The software factory: Combining undergraduate computer science and software engineering education. *IEEE Software*.
- [11] Ju Long. Experience teaching a graduate course in open source software engineering.
- [12] DeClue Lu, B. Teaching agile methodology in a software engineering capstone course.

- [13] O'Reilly Media. The cathedral and the bazaar.
- [14] R. S. Kerridge R. J. Dawson, R. W. Newsham. Introducing new software engineering graduates to the 'real world' at the gpt company.
- [15] D. Boskovic S. Kalem, D. Donko. Agile methods for cloud computing.
- [16] Stefan Brandle Tom Nurkkala. Software studio: teaching professional software engineering.
- [17] Anthony I. Wasserman. Wasserman a.i. toward a discipline of software engineering.