



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

INFORME:

**“REPORTE DE ACTIVIDADES PROFESIONALES
EN EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
DE UN HOSPITAL”**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

P R E S E N T A :

ARTURO SUÁREZ ESTRADA

DIRECTOR:

M.I. SUSANA CASY TÉLLEZ BALLESTEROS



MÉXICO, D.F.

2016

Tabla de contenido

Introducción	5
Antecedentes.....	5
Objetivo	5
Descripción del contenido.....	5
Capítulo 1. Hospital General “Dr. Manuel Gea González”	6
1.1 Objetivo del Hospital General “Dr. Manuel Gea González”	6
1.2 Misión del Hospital General “Dr. Manuel Gea González”	6
1.3 Visión del Hospital General “Dr. Manuel Gea González”	7
1.4 Objetivo de la Sala de Máquinas del Departamento de Mantenimiento	7
1.5 Descripción de actividades.....	7
1.6 Organigrama con puesto que se tiene	7
Capítulo 2. Descripción de la maquinaria a la que se realiza el mantenimiento.	9
2.1 Conceptos básicos en calderas.....	9
2.2 Partes principales de una caldera	11
2.3 Características de fabricación.....	12
2.4 Elementos para la operación de una caldera	14
2.5 Vapor	16
2.6 Caballo caldera (C.C.)	17
2.7 Eficiencia de una caldera	18
2.8 Purgas de una caldera.....	21
Capítulo 3. Descripción de la operación dentro del <i>Área de Calderas</i>	23
3.1 Operación puesta en marcha	23
3.2 Mantenimiento correctivo menor para calderas Cleaver Brooks de lado fuego ...	24
3.3 Mantenimiento correctivo menor Caldera Cleaver Brooks lado agua	26
3.4 Mantenimiento correctivo a la columna de nivel de agua	28
3.5 Mantenimiento correctivo menor a bomba de inyección de agua.....	29
3.6 Mantenimiento preventivo bomba de agua	30
3.7 Mantenimiento correctivo mayor para caldera Cleaver Brooks.....	30
3.8 Mantenimiento preventivo de suavizadores de agua	32
3.9 Líneas de conducción de vapor (fluido o energético)	33
Tanque de condensado.....	33

Cabezal de vapor	33
Accesorios.....	33
Mantenimiento	34
3.10 Confiabilidad previa.....	34
3.11 Confiabilidad del periodo de experiencia profesional.....	38
3.12 Comparar antes y el después.....	41
3.13 Identificar cuáles son los mantenimientos que se pueden reducir en tiempo y en costo, justificar	42
Conclusiones.....	44
Bibliografía	46

Introducción

Antecedentes

El cuarto de máquinas dentro de un hospital tiene como objetivo conservar y mantener los equipos en buen estado; como calderas, generador, bombas de alimentación de aguas, sistemas hidroneumáticos, sistema contra incendio, sistema de agua caliente y líneas de alimentación. Estos equipos abastecen de agua caliente, agua fría y vapor al hospital. En el caso de agua caliente es para la ducha de los pacientes. El agua caliente y fría es necesaria para lavandería. El vapor para el centro de esterilización de equipos, lavandería, cocina y en algunos casos para los laboratorios. Por último, en caso de algún incendio el agua se usa para combatir el fuego.

Objetivo

El objetivo de este documento es describir las actividades profesionales relacionadas con la ingeniería en el cuarto de máquinas del Hospital General "Dr. Manuel Gea González".

Descripción del contenido

En el primer capítulo se describe el área donde se desarrollo el trabajo, que corresponde a la Sala de Máquinas del Departamento de Mantenimiento del Hospital "Dr. Manuel Gea González".

En el segundo capítulo se describe el marco teórico de los conceptos básicos de maquinaria utilizada en el cuarto de máquinas, su clasificación y características de funcionamiento.

En el capítulo tres se describe el proceso de puesta en marcha de los generadores de vapor, así como su mantenimiento preventivo y correctivo y el tiempo para llevar a cabo cada uno.

Capítulo 1. Hospital General “Dr. Manuel Gea González”

1.1 Objetivo del Hospital General “Dr. Manuel Gea González”

El objetivo principal de esta institución es asistencial. Las tareas de docencia e investigación, relacionadas a la actividad clínica y a la mejora de la asistencia, se han de regular de tal forma que siempre se tenga como principio fundamental el bienestar del paciente.

El Hospital procurará que al paciente se le ofrezca la mejor alternativa posible de tratamiento de eficacia demostrada, por encima de los intereses personales del profesional o de la propia Institución.

Esta Institución garantiza la capacitación y competencia del personal, respeta la libertad de actuación del médico y los profesionales en el marco de los estándares fijados por la comunidad científica, con los medios disponibles y con consideración a los derechos del paciente.

El paciente es más que una enfermedad, y ésta no es más que una circunstancia en la vida del paciente, los derechos del cual son plenamente respetados por ésta Institución sin distinción por razón de edad, raza, ideología, religión, orientación sexual o grado de capacidad.

Su personal es especialmente cuidadoso con el respeto a la intimidad de sus pacientes asumiendo la confidencialidad y buen uso de los datos personales y de lo relativo a su estado de salud por lo que se brindará un trato respetuoso y amable, considerando que son personas que padecen trastornos que alteran su estado físico, emocional y social, lo que los hace particularmente vulnerables.

El paciente o quien haya sido designado tiene derecho a participar y decidir en el proceso diagnóstico y terapéutico recibiendo información comprensible, suficiente y continuada con sentido humano sobre su enfermedad, las alternativas para su tratamiento, las probables complicaciones y como evitarla.

1.2 Misión del Hospital General “Dr. Manuel Gea González”

Brindar servicios públicos de salud con ética, equidad, calidad y seguridad para el paciente, desarrollando nuevos modelos de atención, con profesionales altamente calificados quienes forman nuevas generaciones e innovan el conocimiento al realizar investigación científica.

1.3 Visión del Hospital General “Dr. Manuel Gea González”

Institución pública de salud líder en modelos de atención médico-quirúrgica, de enseñanza e investigación.

1.4 Objetivo de la Sala de Máquinas del Departamento de Mantenimiento

Mantenimiento y conservación de maquinaria y equipo. Proporcionar servicio de generación de vapor a los servicios del Hospital: CEYE, Lavandería, Cocina así como el suministro de agua caliente y fría a Lavandería, Laboratorios, Sanitarios y Regaderas a Pacientes y Trabajadores, Quirófanos, Hospitalización.

Mantener Sistema de Hidroneumático, Sistema contra Incendios en operación óptima.

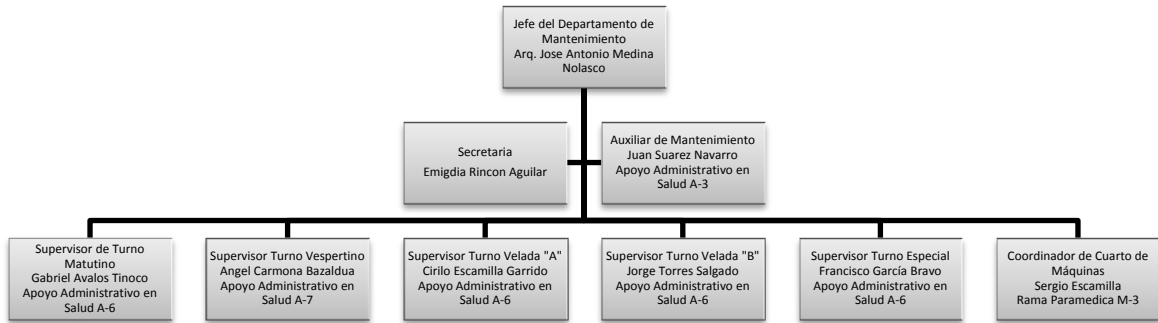
1.5 Descripción de actividades.

1. Se opera, efectúan reparaciones y arreglos a maquinaria de generación de vapor, líneas de transmisión de vapor, retorno de condensados, trampas de vapor, checks, válvulas de compuerta y esfera, cabezal de vapor.
2. Se realiza un control de salinidad de agua con pruebas de dureza.
3. Se supervisa el sistema de hidroneumático y sistema contra incendios.
 - a. Presión de arranque y paro
 - b. Control de voltaje y amperaje en motores
 - c. Se supervisa el nivel de cisternas
4. Se supervisan los trabajos de mejora visual a sala de máquinas.
 - a. Trabajo de pintado
 - b. Limpieza a máquinas, tableros, pisos
5. Se realiza el control de líneas de alimentación eléctrica a sala de máquinas.
 - a. Control de voltaje y amperaje en motores, tableros, breaks, solenoides
 - b. Se supervisa la vida útil de componentes: fusibles, cables, pastillas termomagnéticas, interruptores de seguridad, centros de carga

1.6 Organigrama con puesto que se tiene

El Departamento de Mantenimiento está conformado por la Jefatura, una secretaria, el Auxiliar de mantenimiento, el área de apoyo administrativo y 7 áreas operativas. Las áreas operativas son: Supervisión de Turno Matutino, Supervisión de turno vespertino, Supervisión turno Velada A, Supervisión turno Velada B, Supervisión turno Especial, Área de Calderas, Encargado del Almacén.

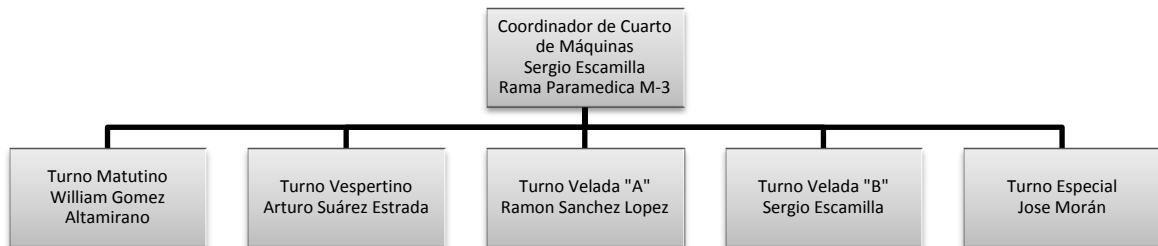
Figura1. Organigrama del Departamento de Mantenimiento



Fuente: Hospital General "Dr. Manuel Gea González", 2015

Dentro del Área de Calderas, yo me encuentro trabajando como operador de calderas (Ver Figura 2).

Figura 2. Organigrama Área de Calderas



Fuente: Hospital General "Dr. Manuel Gea González", 2015

Capítulo 2. Descripción de la maquinaria a la que se realiza el mantenimiento.

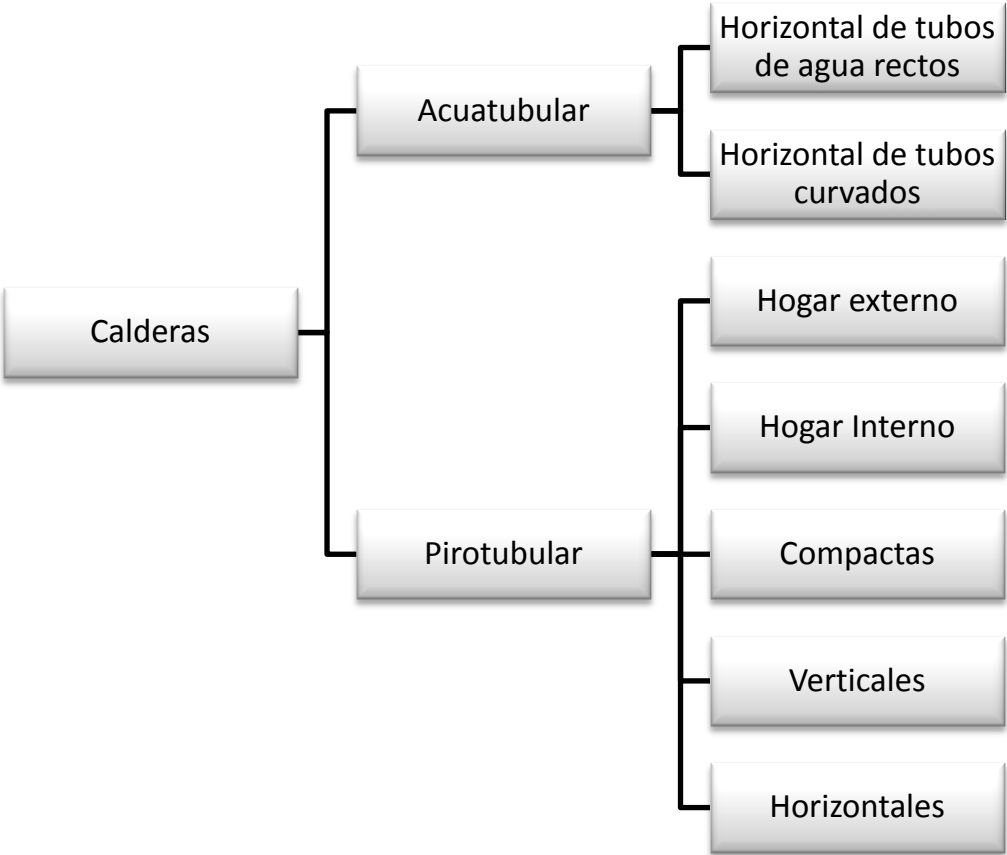
2.1 Conceptos básicos en calderas

Caldera: es un equipo intercambiador de calor cerrado herméticamente sujeto a presión que transfiere energía a un fluido, generalmente agua, para obtener vapor o agua caliente.

Clasificación de Calderas

Actualmente las calderas se clasifican de acuerdo a su diseño, en base a la circulación del agua por los tubos del equipo, como sigue:

Figura 3. Clasificación de calderas



Fuente: (SELMEC Equipos Industriales S.A. de C.V., 1998)

Las aplicaciones de las calderas se dan principalmente en:

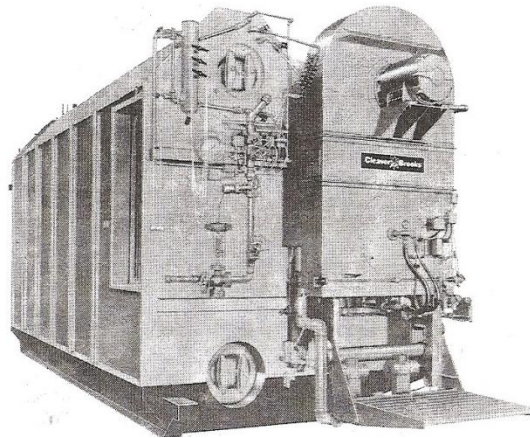
1. **Intercambio de calor**
 - Obtener vapor saturado
 - Obtener agua caliente
 - Calentar aceite térmico
2. **Potencia en Turbinas**
 - Obtener vapor sobrecalentado

Calderas tubos de agua o Acuatubulares

Estas calderas son más convenientes para grandes capacidades y presiones, se componen de tubos y domos, los tubos van interconectados a los domos. Los domos almacenan agua y vapor.

La circulación del agua es por el interior de los tubos, y por la parte externa de los mismos se tiene la circulación de gases; una variante en el diseño de tubos de agua es la caldera de serpentín, para presiones y capacidades bajas.

Figura 4. Caldera tubos de agua

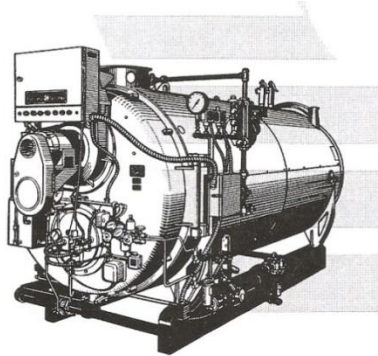


Fuente: (SELMEC Equipos Industriales S.A. de C.V., 1998)

Calderas tubos de humo o Piro tubulares

Se emplea donde la demanda de vapor es relativamente baja (6 a 8 kg/cm^2 de presión), comparada con las acu tubulares o los generadores de vapor, tiene la ventaja de su tamaño compacto y permite fluctuaciones en cuanto a la demanda de vapor; son diseñadas con los tubos dispuestos de forma horizontal o vertical con hogar interno o externo.

Figura 5. Caldera Piro tubular



Fuente: (SELMEC Equipos Industriales S.A. de C.V., 1998)

2.2 Partes principales de una caldera

Cuerpo: dependiendo del modelo, tipo y marca, el tamaño del cuerpo de una caldera varía, puede ser cilíndrica o rectangular, aloja al conjunto de la caldera; el cuerpo de una caldera piro tubular está formado por un cilindro de chapa de acero, herméticamente cerrado con el objeto de generar vapor y se complementa con espejos, fluxes, envolvente y refractario; en el caso de caldera acu tubular el cuerpo lo forman los domos, los fluxes y la envolvente.

Figura 6. Cuerpo de la Caldera Tubos de Agua

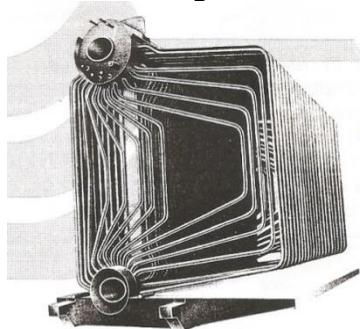
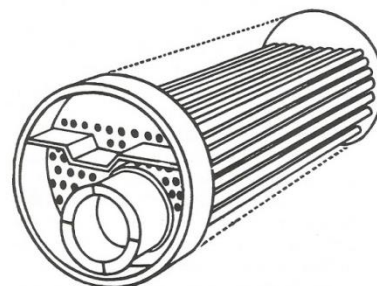


Figura 7. Cuerpo de la Caldera Tubos de Fuego



Fuente: (SELMEC Equipos Industriales S.A. de C.V., 1998)

Hogar

Es la región donde se produce la combustión, el hogar en las calderas pirotubulares es un tubo de gran diámetro con perfil corrugado o liso. En las calderas acuatubulares el hogar se ubica en la cavidad que forman los tubos que se comunican a los domos.

Chimenea

Es un ducto por el cual se desalojan los gases de combustión a un lugar conveniente y seguro.

Accesorios

Los accesorios de una caldera son todos los dispositivos de operación, control y sobre todo seguridad que hacen posible un funcionamiento confiable y sencillo del equipo.

2.3 Características de fabricación

Las calderas de tubos de agua difieren en algunas características de las pirotubulares, cabe señalar que algunos datos pueden cambiar según la marca o el diseño, aunque la mayoría concuerdan con lo descrito.

Tabla 1. Características de las Calderas

Tipo de caldera	Pirotubular	Acuatubular
Cantidad de material para su fabricación	Menor	Mayor
Volumen aparente	Menor	Mayor
Capacidad aparente	Menor	Mayor
Costo por C.C.	Menor	Mayor
Costo por Operación	Menor	Mayor
Calidad promedio del vapor	95%	97%
Eficiencia promedio	85%	82%
Velocidad de repuesta a demanda de vapor	Menor	Mayor

Fuente: (SELMEC Equipos Industriales S.A. de C.V., 1998)

El tiempo de calentamiento de un equipo varía según el tamaño del recipiente y la temperatura existente en el agua de alimentación de la caldera.

Diseño de 4 pasos

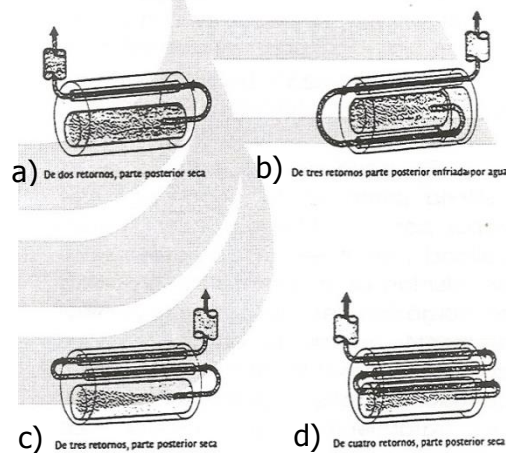
Cleaver Brooks en sus diseños tradicionales emplea los tubos horizontales con hogar interno y un esquema de 4 pasos en la circulación de los gases, esto con la finalidad de aprovechar al máximo el calor antes de ser desalojados a la atmósfera.

Superficie de calefacción

Es la superficie de metal que está en contacto al mismo tiempo con los gases de combustión y con el agua, es decir, es toda la superficie de una caldera que está en contacto por un lado con el agua y por el otro está expuesta al fuego o a la corriente de los gases de combustión. Se mide del lado de los gases en metros cuadrados o pies cuadrados, en las calderas de tubos de humo y por el lado del agua en las calderas de tubos de agua; esto es, en cualquier caso se mide por dentro de los tubos.

En el caso de las calderas Cleaver Brooks para generar un caballo caldera se requiere de aproximadamente $0.465 m^2$ de superficie de calefacción.

Figura 8. Esquemas de Distribución de Calderas:
a) 2 pasos, b) 3 pasos "Wetback", c) 3 pasos, d) 4 pasos.



Fuente (SELMEC Equipos Industriales S.A. de C.V., 1998)

2.4 Elementos para la operación de una caldera

Básicamente requerimos cuatro elementos para la operación de una caldera: Agua, Aire, Energía eléctrica y Combustibles.

Agua

Independientemente del uso universal, esto es, para beber y con fines sanitarios, el agua es empleada ampliamente por la industria, de varias maneras:

1. Para generar vapor y usar la energía contenida en éste, para aplicaciones de fuerza o calentamiento
2. Para limpieza o proceso de productos

El agua de uso industrial es la materia prima en la generación del vapor, por el cual tiene que ser de gran calidad, pero trae consigo gases y sales en solución, así como materia orgánica e inorgánica en suspensión y otros elementos que producen daños en las calderas como la incrustación y la corrosión, así que es necesario hacerle un tratamiento para reducir las impurezas y por ende los problemas.

Aire

El aire es un elemento primordial para la supervivencia del ser humano, en los equipos de combustión como las calderas el aire es empleado para las siguientes funciones:

1. Barrido de gases
2. Combustión (mezcla oxígeno-combustible)
3. Atomización (sólo en combustibles líquidos)
4. Refrigeración o enfriamiento de superficies calientes

Combustible

Se define como combustible a todo elemento o cuerpo capaz de combinarse químicamente con el oxígeno del aire, dando como resultado de esta reacción luz, calor y desprendimiento de gases; y es obtenido de la naturaleza en numerosas formas físicas.

Existen 3 tipos de combustibles, los cuales son:

1. Combustibles sólidos: carbón, madera, hulla, bagazo de caña, etc.
2. Combustibles líquidos: aceites combustibles, gasolina, alcohol, etc.

3. Combustibles gaseosos: gas natural, gas de alto horno, gas L.P., etc.

Los combustibles contiene 3 elementos químicos de significancia: el carbono, el hidrógeno, oxígeno y el azufre. El azufre es el de mayor importancia en los problemas de corrosión y contaminación.

Entre los combustibles más comunes que se manejan en nuestro país para su empleo en calderas se tienen los siguientes:

- a) Combustóleo
- b) Gasóleo
- c) Diésel
- d) Gas Natural
- e) Gas L.P.

Algunas características de los combustibles son: contenido de humedad, densidad, viscosidad, poder calorífico, punto de inflamación, punto de combustión, contenido de azufre y cenizas, la más importante de estas características es el poder calorífico.

Combustibles sólidos

El carbón es el combustible sólido más utilizado, el cual es un combustible natural que se extrae del seno de la tierra y que se ha producido por descomposición de materias vegetales y animales, además de las altas temperaturas y presiones en el curso de los siglos.

La presencia de azufre en los combustibles es perjudicial por los componentes que se forman durante la combustión.

Combustibles líquidos

El petróleo es un excelente combustible para generar calor y fuerza, siendo el más popular de los combustibles líquidos y el de mayor utilización en México; del petróleo crudo que se extrae de la tierra se obtienen los aceites combustibles, que son los que utilizamos en las calderas tales como combustóleo, gasóleo y diésel.

Combustibles gaseosos

El gas natural es el combustible con mayor eficiencia de operación. La combustión completa se puede efectuar más fácilmente con menor exceso de aire; al estar libre de cenizas, la combustión es prácticamente sin humo y no existe acumulación de escoria ni contaminación del ambiente. Sin embargo, se debe tener una mayor consideración del ambiente y la seguridad, ya que la posibilidad de explosión es más grande que con otros combustibles.

Electricidad

Forma de energía que se puede transformar en los motores en el impulso que mueve bombas, ventiladores, compresores, o en el campo magnético que activa bobinas, arrancadores, o elementos de control y seguridad del equipo.

2.5 Vapor

Es un estado intermedio entre el estado líquido y el gaseoso, el vapor puede cambiar fácilmente a la fase líquida al bajar su temperatura o aumentar su presión.

El vapor de agua es uno de los medios más económicos para la transportación de energía, motivo por el cual tiene una gran aplicación dentro de las empresas, siendo sus usos más comunes la calefacción, limpieza y esterilización, el secado de la pasta de papel, cocimiento de alimentos, para evaporaciones químicas, para mover turbinas de vapor en los generadores de electricidad, etc.

Vapor saturado

Es el vapor producido a la temperatura de ebullición correspondiente a su presión, este vapor debe estar exento completamente de partículas de agua en estado líquido para considerarse saturado.

Vapor seco (Sobrecalentado o recalentado)

Es el vapor que se obtiene cuando su temperatura es superior a la saturación correspondiente a la presión.

Vapor húmedo

Es el vapor que arrastra partículas de líquido en suspensión, tiene la temperatura del punto de ebullición correspondiente a su presión; el contenido de humedad determina la calidad del vapor la cual se expresa en %.

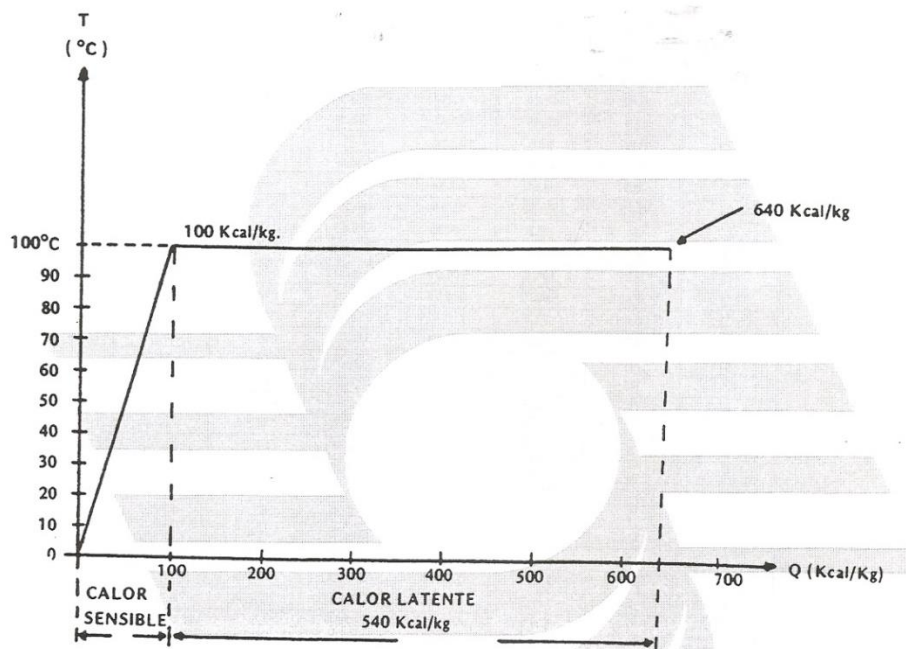
2.6 Caballo caldera (C.C.)

El termino caballo caldera es una unidad que en la actualidad no debería ser usada, ya que las condiciones de los equipos para los cuales se definió ya no son operantes, su empleo es más que nada por cuestiones de lenguaje industrial.

Se dice que una caldera tiene una capacidad de un caballo caldera cuando es capaz de producir 15.65 kg/h (34.5 lb/h) de vapor saturado de 100 °C (212 °F), utilizando agua de alimentación de la misma temperatura, cuando esta cantidad de vapor se produce por cada metro cuadrado de superficie de calefacción (aproximadamente 10 ft²) se dice que la caldera está trabajando con 100 % de carga.

$$\begin{aligned} 1 \text{ C.C.} &= 15.65 \text{ kg-vap/h} \\ 1 \text{ C.C.} &= 34.5 \text{ lb-vap/h} \\ 1 \text{ C.C.} &= 33\,472 \text{ BTU/h} \\ 1 \text{ C.C.} &= 8\,435.5 \text{ Kcal/h} \end{aligned}$$

Figura 9. Gráfica de Comportamiento del Agua (temperatura vs. Calor)



Fuente: (SELMEC Equipos Industriales S.A. de C.V., 1998)

2.7 Eficiencia de una caldera

Capacidad Nominal (CN)

Es la cantidad de vapor que un equipo nos debe entregar en condiciones ideales según su diseño (la que aparece en la placa de datos del equipo).

Capacidad Real (CR)

Es la cantidad de vapor que un equipo nos entrega en condiciones reales, se determina con la fórmula siguiente:

$$CR = CN/Fe$$

Dónde: Fe = factor de evaporación

Vapor producido (Vp)

Cantidad de vapor producido, medido a la salida de la caldera considerando las condiciones normales de trabajo.

Condiciones Reales

Diferencia entre el calor total real y el calor del agua de alimentación real.

$$(Q_{tr} - Q_{aar})$$

Condiciones ideales

Diferencia entre el calor total ideal y el calor sensible ideal, es un valor constante igual a 540 kcal/kg

$$(Q_{ti} - Q_{si})$$

Calor total real (Qtr)

Cantidad de calor necesaria para evaporar 1 *kg* de agua dentro de la caldera según la presión de trabajo y la presión atmosférica del lugar donde se encuentra instalado el equipo.

Calor del agua de alimentación real (Qaar)

Cantidad de calor que se encuentra acumulada en cada *kg* de agua que se alimenta a la caldera correspondiente a temperatura que se tenga en el tanque de alimentación o condensados.

Calor total ideal (Qti)

Cantidad de calor que se necesita para evaporar 1 *kg* de agua desde 0 °C hasta una temperatura de 100 °C a una presión invariable de 1.033 *kg/cm*² (640 *kcal/kg*) (según la definición de Caballo Caldera).

Calor sensible ideal (Qsi)

Cantidad de calor que se necesita para elevar la temperatura de 1 *kg* de agua desde 0 °C hasta 100 °C a una presión invariable de 1.033 *kg/cm*² (100 *kcal/kg*).

Factor de evaporación (Fe)

Comparación entre las condiciones reales y las condiciones ideales de trabajo de la caldera, se determina con la siguiente formula:

$$Fe = \frac{Cond. reales}{Cond. ideales} = Qtr - Qaa / Qti - Qsi$$

Consumo horario máximo de combustible (Ch)

Cantidad de combustible consumida por el equipo en una hora considerando la carga máxima de trabajo (según diseño).

Consumo de combustible medido (Chm)

Cantidad de combustible medido por una hora, considerando las condiciones normales de operación del equipo (medición tomada al mismo tiempo que la de vapor producido para efectos de cálculo de eficiencia).

Calor aprovechado (Qap)

Cantidad de calor que entra al agua de la caldera y se determina sabiendo cuanto vapor y en qué condiciones se produjo éste.

$$Q_{ap} = V_p * Cond. reales$$

Calor suministrado (Qsum)

Cantidad de calor que se extrae del combustible y se determina en función del Poder Calorífico del Combustible Empleado y de su consumo medido por hora.

$$(Q_{sum} = P_c * Chm)$$

Eficiencia

Es la comparación entre el calor aprovechado en el agua y el calor suministrado por el combustible.

$$Eficiencia = \frac{calor\ aprovechado}{calor\ suministrado}$$

$$Eficiencia = \frac{V_p * Cond. reales}{P_c * Chm} * 100$$

Para determinar la eficiencia de una caldera debemos tener a la mano los siguientes datos:

1. Capacidad nominal del equipo (de la placa de datos)
2. Presión de operación (leída en el manómetro)
3. Presión atmosférica (según el lugar donde está instalada)
4. Temperatura del agua de alimentación (en el tanque de condensados)
5. Poder calorífico del combustible (según tipo del mismo y tabla)

6. Consumo de combustible medido (medido a la presión de operación y con el equipo trabajando en condiciones normales, carga típica).
7. Cantidad de vapor producido (medido a la salida de la caldera)

2.8 Purgas de una caldera

El proceso de producción de vapor en una caldera origina que las sales contenidas en el agua utilizada tiendan a saturar el líquido, y a su vez se precipiten en el fondo tanto del recipiente como de la columna, motivo por el cual en un periodo determinado tienen que ser eliminados esos sólidos.

Purga es la eliminación de sólidos, grasas y lodo que se almacenan en la caldera a fin de evitar problemas como el espumeo, arrastre y sobrecalentamiento de tubos.

Las purgas de una caldera podemos clasificarlas en orden de importancia como sigue:

a) Purga de fondo:

Esta es la más importante de las purgas que se debe efectuar en una caldera, su finalidad es eliminar los lodos que forman las sales de calcio y magnesio y demás sólidos precipitables en el fondo de la caldera a fin de evitar que se compacten y formen incrustación más difícil de retirar.

La frecuencia y duración se determina para cada equipo en particular y se hace en base a los resultados de laboratorio del análisis del agua de abastecimiento y la del interior del equipo de que se toman muestras.

La mejor manera de efectuarla es subiendo el nivel del agua conectado el motor de la bomba de agua de alimentación hasta que llegue a la mitad del cristal indicador, para disminuir el riesgo de descubrir los fluxes durante la operación, y posteriormente abriendo las válvulas de la tubería de purgas las cuales son dos normalmente montadas tal como lo indica el diagrama.

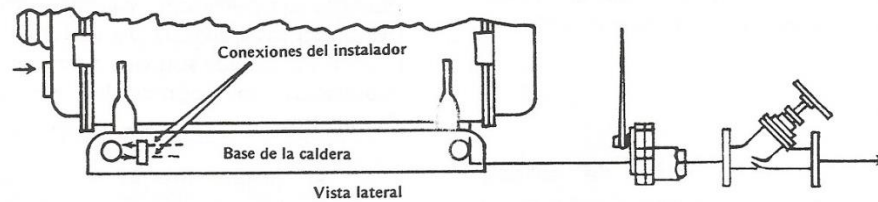
El orden en el cual deben operarse las válvulas es el siguiente: colocar en la posición de abierto la válvula de apertura rápida, posteriormente abrir la válvula de apertura lenta a fin de evitar hasta donde sea posible el choque térmico. El tiempo para realizar esta purga es variable, dependiendo de la cantidad de sólidos que contiene el agua de alimentación a la caldera, y en algunas ocasiones la referencia para el cierre final de la purga se hace al arranque de la bomba de agua o al paro de la caldera por bajo nivel.

En algunos casos las calderas resultan ser demasiado largas y una sola tubería de purgas no es suficiente para una limpieza efectiva, por lo que se monta también una tubería al

frente, de cualquier modo el trabajo de purgado se hace a través de una sola tubería a la vez, aunque estas se encuentren interconectadas.

Toda el agua se manda a la "fosa de purgas" en donde se expande el vapor, se separan los lodos y se manda al drenaje únicamente agua líquida para no estropear la tubería de albañal.

Figura 10. Purga de Fondo



Fuente: (SELMEC Equipos Industriales S.A. de C.V., 1998)

b) Purga de columna:

La purga de columna se efectúa a través de la válvula para tal efecto colocada en la parte inferior de la columna de agua, su finalidad es la de mantener libre de lodos el cuerpo de la columna y evitar que el flotador se atore provocando que la caldera se quede sin agua y los daños que esto ocasiona.

Su frecuencia va en función de la confiabilidad del tratamiento de aguas y se hace necesaria porque, aunque no hay transmisión de calor en este accesorio, si hay sedimentación de sales de calcio y magnesio que generan incrustación.

c) Purga de cristal

La finalidad de colocar un cristal indicador de nivel es para tener un medio transparente donde poder observar el nivel real del agua dentro de la caldera y si lo dejamos que se llene de sedimentos nos encontraremos con que pierde su razón de ser; la manera de mantenerlo limpio es abriendo periódicamente la válvula montada en la parte inferior del cristal para que arrastre los sedimentos antes de que se solidifiquen, evitando que se obstruyan los conductos del agua y vapor que comunican con el cristal.

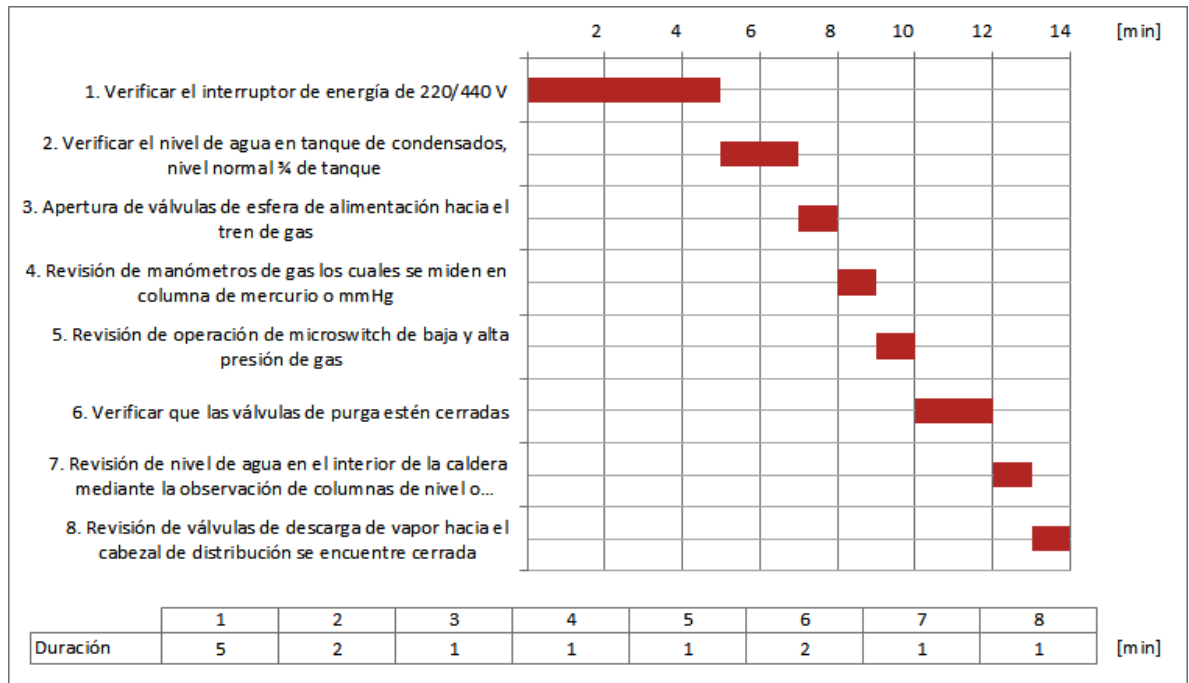
Capítulo 3. Descripción de la operación dentro del *Área de Calderas*

3.1 Operación puesta en marcha

Las actividades de la operación puesta en marcha se describen a continuación y duración de estas actividades es (*Ver figura 11*)

1. Verificar la existencia de agua, energía eléctrica y combustible (gas natural)
2. Agua de alimentación de la caldera mediante el proceso de suavización por medio de la resina zeolita de intercambio iónico con sal de grano prelavado la cual convierte las sales de calcio a sales de sílice las cuales se precipitan hacia el fondo de la caldera y son eliminadas mediante purgas.
3. Los pasos a seguir son:
 - a. Verificar el interruptor de energía de 220/440 V
 - b. Verificar el nivel de agua en tanque de condensados, nivel normal $\frac{3}{4}$ de tanque
 - c. Apertura de válvulas de esfera de alimentación hacia el tren de gas
 - d. Revisión de manómetros de gas los cuales se miden en columna de mercurio o mmHg
 - e. Revisión de operación de microswitch de baja y alta presión de gas
 - f. Verificar que las válvulas de purga estén cerradas
 - g. Revisión de nivel de agua en el interior de la caldera mediante la observación de columnas de nivel o McDonnell & Miller
 - h. Revisión de válvulas de descarga de vapor hacia el cabezal de distribución se encuentre cerrada

Figura 11. Programación de la Operación puesta en marcha (duración en minutos)



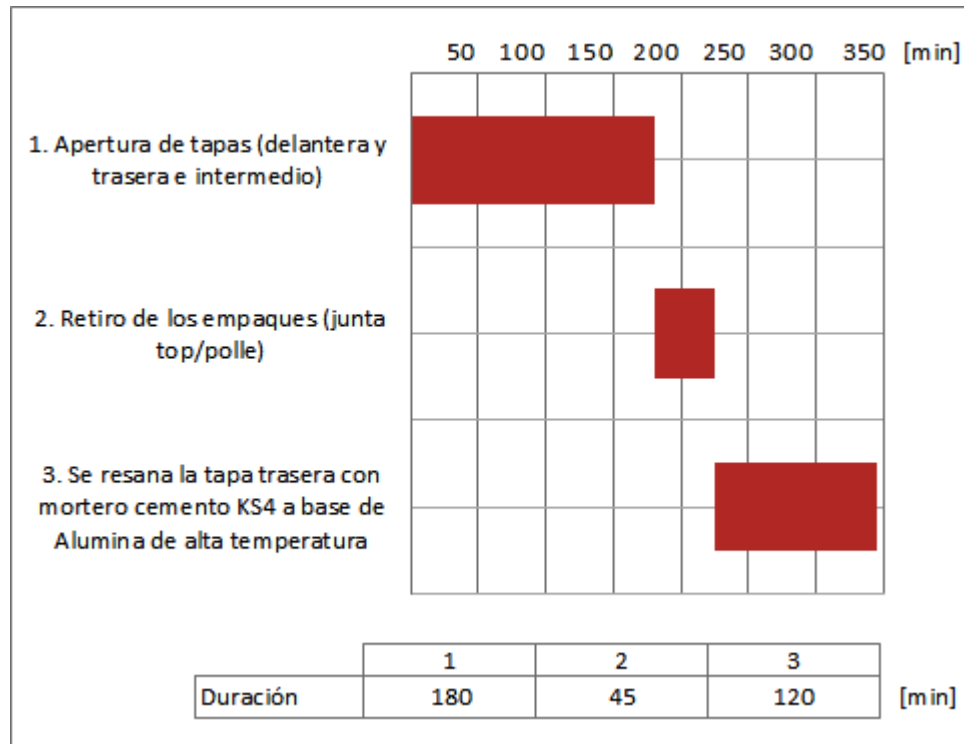
Fuente: Elaboración propia

3.2 Mantenimiento correctivo menor para calderas Cleaver Brooks de lado fuego

El mantenimiento correctivo menor para caldera Cleaver Brooks de lado fuego se programa cada 6 meses. Las actividades que involucran dicho procedimiento se describen a continuación (Ver figura 12)

1. Apertura de tapas (delantera y trasera e intermedio)
2. Retiro de los empaques (junta top/polle)
3. Se resana la tapa trasera con mortero cemento KS4 a base de Alumina de alta temperatura

Figura 12. Actividades mantenimiento correctivo menor para caldera Cleaver Brooks (duración en minutos)



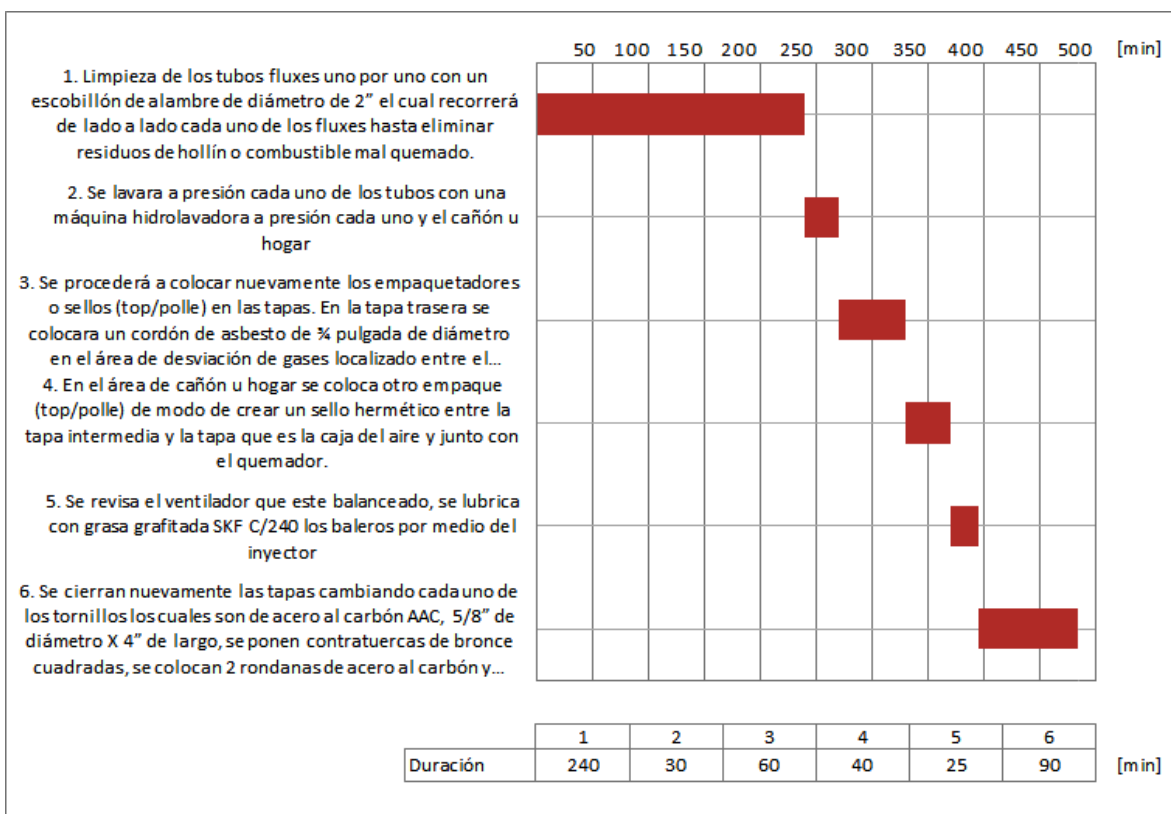
Fuente: Elaboración propia

4. Deshollinado (Ver figura 13)

- a. Limpieza de los tubos fluxes uno por uno con un escobillón de alambre de diámetro de 2" el cual recorrerá de lado a lado cada uno de los fluxes hasta eliminar residuos de hollín o combustible mal quemado.
- b. Se lavara a presión cada uno de los tubos con una máquina hidrolavadora a presión cada uno y el cañón u hogar.
- c. Se procederá a colocar nuevamente los empaquetadores o sellos (top/polle) en las tapas. En la tapa trasera se colocara un cordón de asbesto de $\frac{3}{4}$ pulgada de diámetro en el área de desviación de gases localizado entre el primer y segundo paso de gases. En la tapa delantera en el tercer paso se coloca otro empaque de asbesto.
- d. En el área de cañón u hogar se coloca otro empaque (top/polle) de modo de crear un sello hermético entre la tapa intermedia y la tapa que es la caja del aire y junto con el quemador.
- e. Se revisa el ventilador que este balanceado, se lubrica con grasa grafitada SKF C/240 los baleros por medio del inyector.

- f. Se cierran nuevamente las tapas cambiando cada uno de los tornillos los cuales son de acero al carbón AAC, 5/8" de diámetro X 4" de largo, se ponen contratuercas de bronce cuadradas, se colocan 2 rondanas de acero al carbón y una rondana de alta presión para permitir un sello hermético en ambas tapas y evitar posibles fugas de gases de combustión y aire, esto mediante la ayuda del torque (presión de apriete de cada tornillo).

Figura 13. Actividades para realizar deshollinado (duración en minutos)



Fuente: Elaboración propia

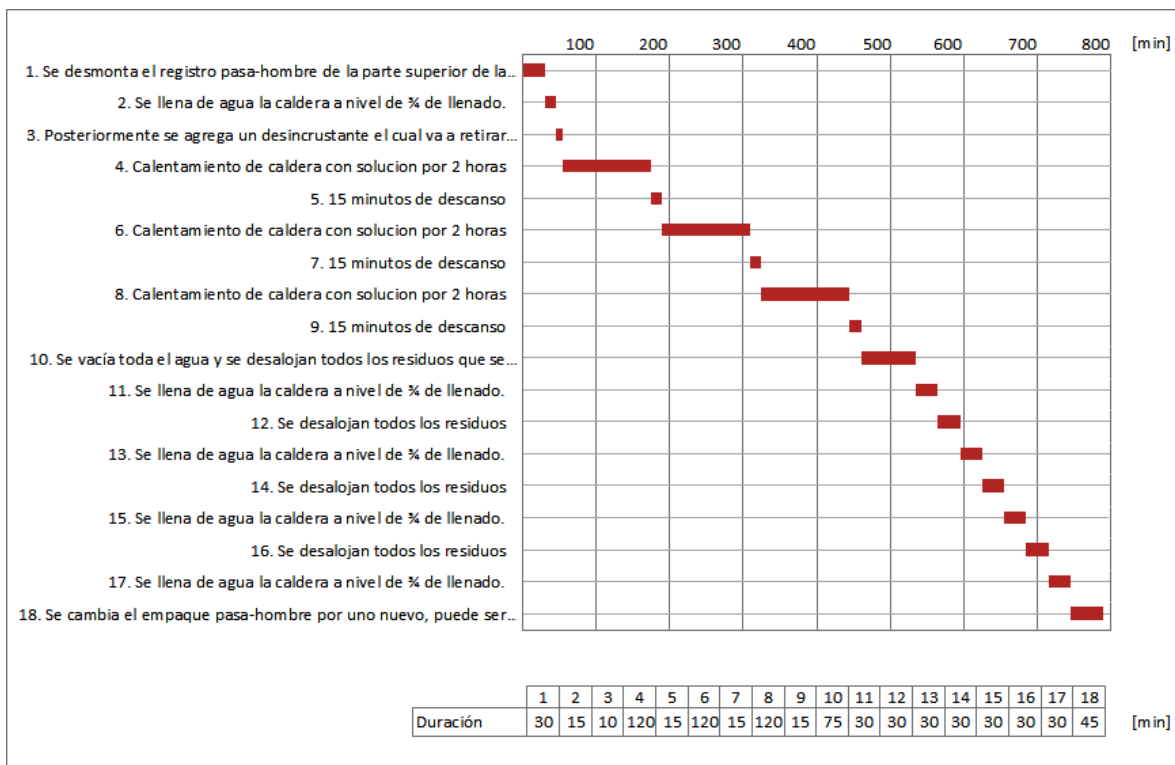
3.3 Mantenimiento correctivo menor Caldera Cleaver Brooks lado agua

El mantenimiento correctivo menor para caldera Cleaver Brooks de lado agua se programa cada 12 meses. Las actividades que involucran dicho procedimiento se describen a continuación (Ver figura 14)

1. Se desmonta el registro pasa-hombre de la parte superior de la caldera.
2. Se llena de agua la caldera a nivel de 3/4 de llenado.

3. Posteriormente se agrega un desincrustante el cual va a retirar mediante el calentamiento de reacción química la limpieza de los tubos fluxes y los espejos internos de la caldera.
4. La caldera deberá trabajar con dicha solución por lo menos 8 horas con intervalos de paro cada 2 horas por 15 minutos de descanso.
5. Posteriormente se vacía toda esa agua y se desalojan todos los residuos que se hayan desprendido de ese lavado termo-químico. El producto es a base de un polímero que contiene cierta cantidad de sosa caústica así como ácido sulfúrico y anhídrido.
6. Posteriormente se lava la caldera con agua por lo menos 3 ocasiones para desalojar todos los residuos.
7. Se cambia el empaque pasa-hombre por uno nuevo, puede ser junta top/polle o de neopreno para alta temperatura.

Figura 14. Mantenimiento correctivo menor Caldera Cleaver Brooks lado agua (duración en minutos)



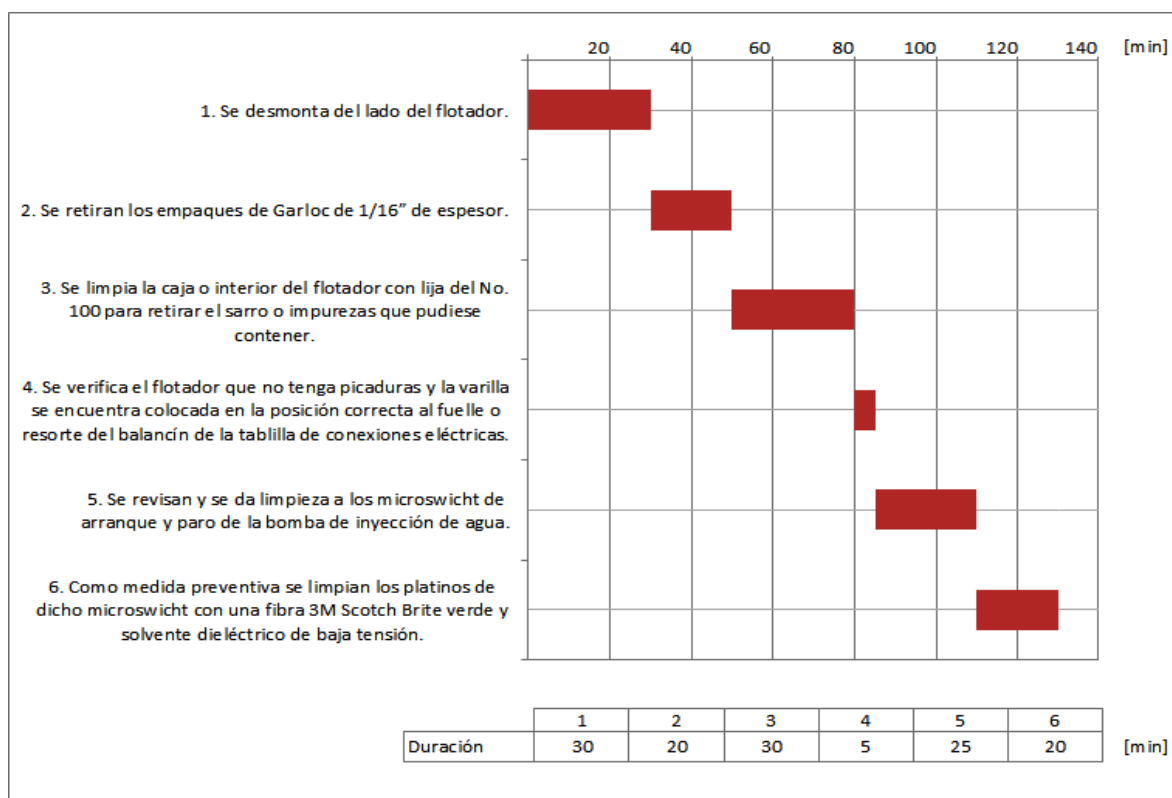
Fuente: Elaboración propia

3.4 Mantenimiento correctivo a la columna de nivel de agua

El mantenimiento correctivo a la columna de nivel de agua se programa cada 12 meses. Las actividades que involucran dicho procedimiento se describen a continuación (Ver figura 15)

1. Se desmonta del lado del flotador.
2. Se retiran los empaques de Garloc de 1/16" de espesor.
3. Se limpia la caja o interior del flotador con lija del No. 100 para retirar el sarro o impurezas que pudiese contener.
4. Se verifica el flotador que no tenga picaduras y la varilla se encuentra colocada en la posición correcta al fuelle o resorte del balancín de la tablilla de conexiones eléctricas.
5. Se revisan y se da limpieza a los microswicht de arranque y paro de la bomba de inyección de agua.
6. Como medida preventiva se limpian los platinos de dicho microswicht con una fibra 3M Scotch Brite verde y solvente dieléctrico de baja tensión.

Figura 15. Mantenimiento Correctivo a la Columna de Nivel de Agua (duración en minutos)



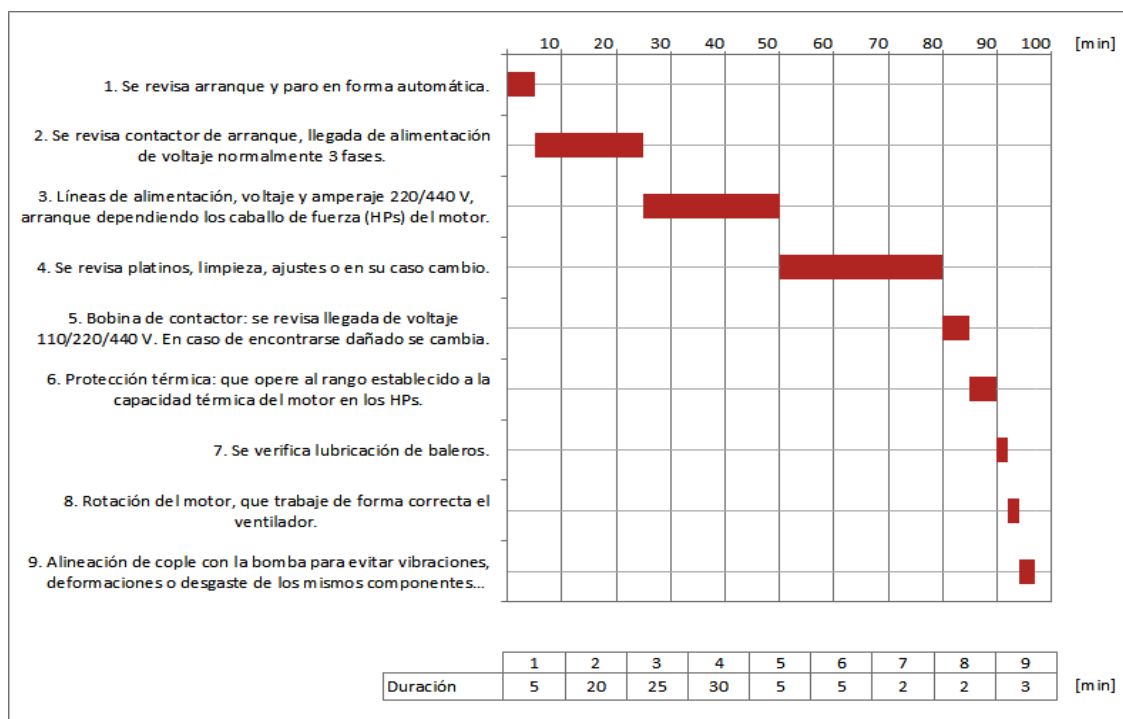
Fuente: Elaboración propia

3.5 Mantenimiento correctivo menor a bomba de inyección de agua

El mantenimiento correctivo menor para bomba de agua se programa cada 6 meses. Las actividades que involucran dicho procedimiento se describen a continuación (Ver figura 16)

1. Se revisa arranque y paro en forma automática.
2. Se revisa contactor de arranque, llegada de alimentación de voltaje normalmente 3 fases.
3. Líneas de alimentación, voltaje y amperaje 220/440 V, arranque dependiendo los caballo de fuerza (HPs) del motor.
4. Se revisa platinos, limpieza, ajustes o en su caso cambio.
5. Bobina de contactor: se revisa llegada de voltaje 110/220/440 V. En caso de encontrarse dañado se cambia.
6. Protección térmica: que opere al rango establecido a la capacidad térmica del motor en los HPs.
7. Se verifica lubricación de baleros.
8. Rotación del motor, que trabaje de forma correcta el ventilador.
9. Alineación de cople con la bomba para evitar vibraciones, deformaciones o desgaste de los mismos componentes evitando con ello un paro innecesario.

Figura 16. Mantenimiento correctivo menor a bomba de inyección de agua (duración en minutos)



Fuente: Elaboración propia

3.6 Mantenimiento preventivo bomba de agua

El mantenimiento preventivo para bomba de agua se programa cada 6 meses. Las actividades que involucran dicho procedimiento se describen a continuación

Dependiendo el tipo de bomba será el mantenimiento preventivo:

1. Para una bomba tipo turbina sellada, revisaremos:
 - a. Sello mecánico
 - b. Impulsor (abierto o cerrado)
2. Tipo de bomba tipo turbina de empaquetadura
 - a. Se cambian los empaques de cordón grafitado dependiendo el diámetro del empaque $\frac{1}{4}$ " – $\frac{3}{8}$ "
 - b. Revisión de los prensa-estopas

3.7 Mantenimiento correctivo mayor para caldera Cleaver Brooks

El mantenimiento correctivo mayor para caldera Cleaver Brooks se programa cada 12 meses. Las actividades que involucran dicho procedimiento se describen a continuación (*Ver figura 17*)

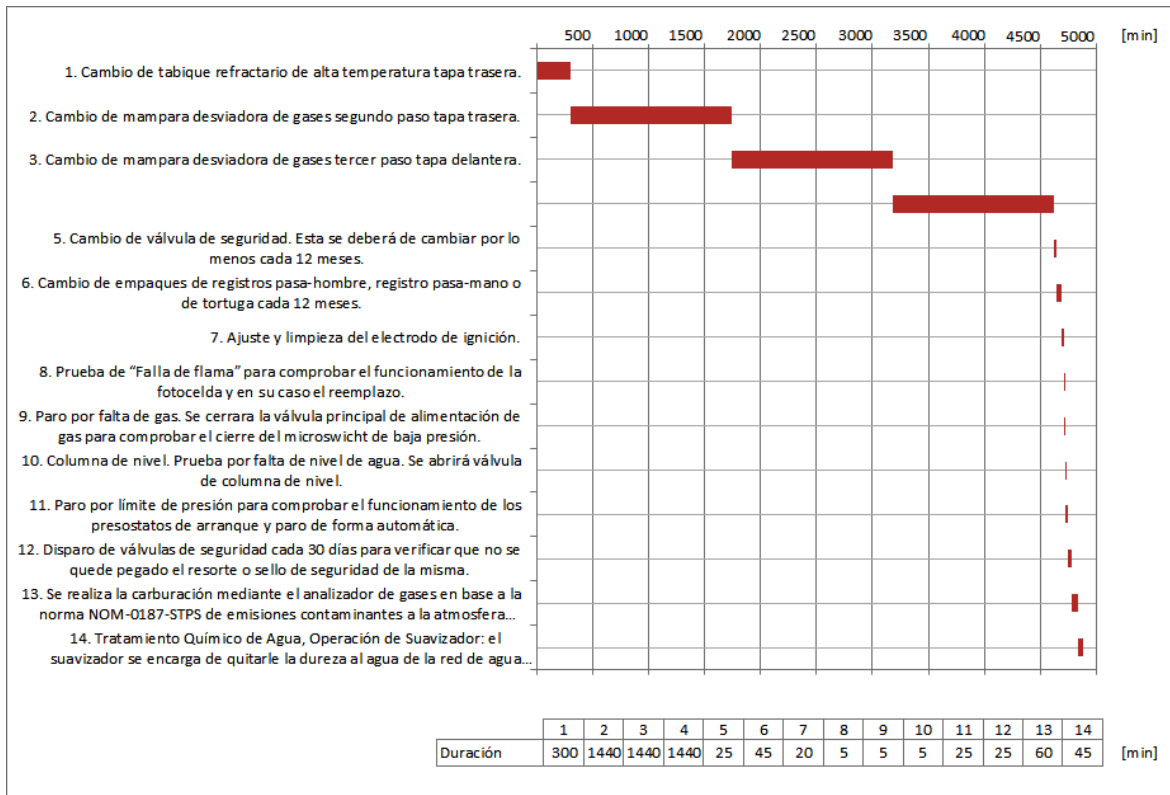
1. Cambio de tabique refractario de alta temperatura tapa trasera.
2. Cambio de mampara desviadora de gases segundo paso tapa trasera.
3. Cambio de mampara desviadora de gases tercer paso tapa delantera.
4. En caso necesario se efectuara el rolado de tubos fluxes a los espejos de la caldera mediante el rolador o expansor de tubos. Esto se realiza solo cuando el fluxes presente picadura o corrosión a lo largo del tubo (La prueba hidrostática se realiza de acuerdo con el código ASME a 1.5 kg/cm^2 por encima de la establecida de la presión de diseño de la caldera).
5. Cambio de válvula de seguridad. Esta se deberá de cambiar por lo menos cada 12 meses.
6. Cambio de empaques de registros pasa-hombre, registro pasa-mano o de tortuga cada 12 meses.
7. Ajuste y limpieza del electrodo de ignición.
8. Prueba de "Falla de flama" para comprobar el funcionamiento de la fotocelda y en su caso el reemplazo.
9. Paro por falta de gas. Se cerrara la válvula principal de alimentación de gas para comprobar el cierre del microswicht de baja presión.
10. Columna de nivel. Prueba por falta de nivel de agua. Se abrirá válvula de columna de nivel.
11. Paro por límite de presión para comprobar el funcionamiento de los presostatos de arranque y paro de forma automática.
12. Disparo de válvulas de seguridad cada 30 días para verificar que no se quede pegado el resorte o sello de seguridad de la misma.

13. Se realiza la carburación mediante el analizador de gases en base a la norma NOM-0187-STPS de emisiones contaminantes a la atmosfera para su correcto funcionamiento del equipo de combustión.
14. Tratamiento Químico de Agua, Operación de Suavizador: el suavizador se encarga de quitarle la dureza al agua de la red de agua potable lo cual puede variar desde 60 hasta 300 ppm de dureza o más. Esto se logra mediante el intercambio de iones de la resina zeolita con la sal en grano prelavado transformando las sales de calcio en sales de sílice las cuales se precipitan hacia el fondo de la caldera siendo estos desalojados mediante las purgas. Los valores o rangos de operación son los siguientes:
 - a. Dureza: 0-20 ppm
 - b. pH: 10-11
 - c. Alcalinidades: alcalinidad f: 250-500 ppm
alcalinidad m: 500-850 ppm
 - d. STD (Sólidos Totales Disueltos) como máximo permisible 2500 ppm

El regenerado del suavizador se lleva a cabo en un tiempo aproximado de 45 minutos llevando a cabo los siguientes pasos:

- a) Retrolavado: el cambio de flujo del tanque
- b) Succión de salmuera mediante un vacío
- c) Enjuague: en este proceso se lava la resina con agua hasta eliminar en su totalidad la sal
 - a. Prueba de sabor
 - b. Mediante reactivo para comprobar que no tenga dureza el agua
 - i. Solución Buffer
 - ii. Helicromo negro en polvo o líquido

Figura 17. Mantenimiento Correctivo Mayor para caldera Cleaver Brooks (duración en minutos)



Fuente: Elaboración propia

3.8 Mantenimiento preventivo de suavizadores de agua

El mantenimiento preventivo para suavizadores de agua se programan de acuerdo a las actividades que involucran dicho procedimiento.

1. Cada 6 meses se vacía el tanque de salmuera con las camas de grava de diferentes diámetros y se lava.
2. Cada mes se verifica el correcto funcionamiento de la válvula múltiple o del control electrónico de dureza.
3. Cada 15 días se efectúa la limpieza de cedazos y filtros Y.
4. Cada 15 días revisión y operación de válvulas solenoides de paso.
5. Cada 15 días revisión del regulador de presión de alta y baja presión para controlar el flujo de entrada a los tanques y no exceda la presión de trabajo ya que al exceder la presión se puede reventar o dañar la resina quedando inservible para su operación.

Observación: esta resina no resiste el hipoclorito de sodio (líquido o en polvo) ya que le provoca una fragilización o ruptura de la resina para lo cual se recomienda mantener los niveles entre 0.2 – 0.4 ppm como máximo.

Con estos rangos nosotros podemos comprobar la operación del suavizador de una forma eficiente y correcta.

3.9 Líneas de conducción de vapor (fluido o energético)

En estas líneas se conduce el vapor a los diferentes servicios (lavandería, cocina, CEYE y equipos de aire acondicionado) mediante tubería de vapor de acero al carbón cédula 80 para conducción y cédula 40 para línea de retorno. Se realiza dependiendo del diseño de la línea puede contener válvulas tipo esfera de cierre rápido o válvulas de compuerta ya sean bridadas o roscables.

- Checks unidireccionales: que permiten el flujo del vapor en un solo sentido.
- Mangueras flexibles de alta presión: se colocan para movimientos en caso de temblor y/o evitar vibraciones por parte de los equipos
- Válvulas de alivio
- Válvulas reductoras de presión
- Trampas de vapor de cubeta invertida, cubeta abierta o termodinámicas
- Cambio de conexiones como son codos 45°, 90°, tees, tuercas unión, reducciones Bushing, coples, niples, conectores, tapones macho y hembra, así como jarro eliminador de aire.

Tanque de condensado

Este tanque nos permite recuperar el vapor ya que ha cedido su eficiencia térmica en forma de vapor y regresa en forma de agua precalentada, esto es para alimentar de agua nuevamente a la caldera con agua precalentada y tratada mejorando la eficiencia de generación de vapor o carga térmica de la caldera.

Cabezal de vapor

Es un tubo de acero al carbón cédula 80 donde se conectan las calderas en batería el cual recibe las descargas de vapor y distribuye a los diferentes servicios.

Accesorios

Manómetro de Presión, Jarro de aire o válvula de seguridad, línea de purga, válvulas de distribución de diferentes diámetros, una cubeta aislante para evitar pérdida de calor.

Mantenimiento

Empacar válvulas cuando presenten fugas o goteos. Si son válvulas bridadas se cambian empaques de plomo, de garlock o top/polle; si son válvulas roscables se cambian.

Cambio de manómetro cuando se encuentra dañado.

Mantenimiento de Checks y Válvulas de compuerta y esfera. Checks horizontal, columpio, vertical. Son unidireccionales.

3.10 Confiabilidad previa

Datos previos Caldera Cleaver Brooks

- Tasa de Fallas

n=	10
t=	290 (días)
m=	8
T1=	4
T2=	26
T3=	22
T4=	32
T5=	33
T6=	35
T7=	37
T8=	27

Función de verosimilitud

$$L(\alpha, \beta) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^n e^{-\sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^\beta} \prod_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

Puesto que los valores de esta función son muy pequeños, para evitar errores numéricos, es conveniente maximizar su logaritmo natural:

$$g(\alpha, \beta) = n \ln(\beta) - n \ln(\alpha) + (\beta - 1) \sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{T_i}{\alpha}\right) - \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^\beta$$

Usando la función *Solver* del programa Microsoft® Excel, se obtienen $\hat{\alpha}$ y $\hat{\beta}$ que maximizan la función $g(\alpha, \beta)$

$$\hat{\alpha} = 29.77049052$$

$$\hat{\beta} = 3.053059925$$

Aplicando la ecuación $g(\alpha, \beta)$, se obtiene:

$$\begin{aligned}
 g(\alpha, \beta) &= (8 * \ln 3.053059925) - (8 * \ln 29.77049052) + (3.053059925 - 1) \\
 &* \left[\ln \frac{4}{29.77049052} + \ln \frac{26}{29.77049052} + \ln \frac{22}{29.77049052} + \ln \frac{32}{29.77049052} \right. \\
 &+ \left. \ln \frac{33}{29.77049052} + \ln \frac{35}{29.77049052} + \ln \frac{37}{29.77049052} + \ln \frac{27}{29.77049052} \right] \\
 &- \left[\left(\frac{4}{29.77049052} \right)^{3.053059925} + \left(\frac{26}{29.77049052} \right)^{3.053059925} \right. \\
 &+ \left(\frac{22}{29.77049052} \right)^{3.053059925} + \left(\frac{32}{29.77049052} \right)^{3.053059925} \\
 &+ \left(\frac{33}{29.77049052} \right)^{3.053059925} + \left(\frac{35}{29.77049052} \right)^{3.053059925} \\
 &+ \left. \left(\frac{37}{29.77049052} \right)^{3.053059925} + \left(\frac{27}{29.77049052} \right)^{3.053059925} \right]
 \end{aligned}$$

$$g(\alpha, \beta) = -30.30121696$$

Con los valores obtenidos de α y β , se calcula la confiabilidad del sistema al tiempo t de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{30}{29.77049052}\right)^{3.053059925}}$$

$$R(t) = 0.359254686$$

Con lo cual se obtiene una confiabilidad de la caldera Cleaver Brooks del 36%

Datos previos Caldera Clayton

- Tasa de Fallas

n=	18
t=	290 (días)
m=	4
T1=	15
T2=	67
T3=	38
T4=	114

Función de verosimilitud

$$L(\alpha, \beta) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^n e^{-\sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^\beta} \prod_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

Puesto que los valores de esta función son muy pequeños, para evitar errores numéricos, es conveniente maximizar su logaritmo natural:

$$g(\alpha, \beta) = n \ln(\beta) - n \ln(\alpha) + (\beta - 1) \sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{T_i}{\alpha}\right) - \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^\beta$$

Usando la función *Solver* del programa Microsoft® Excel, se obtienen $\hat{\alpha}$ y $\hat{\beta}$ que maximizan la función $g(\alpha, \beta)$

$$\hat{\alpha} = 65.48903905$$

$$\hat{\beta} = 1.621745621$$

Aplicando la ecuación $g(\alpha, \beta)$, se obtiene:

$$\begin{aligned} g(\alpha, \beta) = & (4 * \ln 1.621745621) - (4 * \ln 65.48903905) + (1.621745621 - 1) \\ & * \left[\ln \frac{15}{65.48903905} + \ln \frac{67}{65.48903905} + \ln \frac{38}{65.48903905} + \ln \frac{114}{65.48903905} \right] \\ & - \left[\left(\frac{15}{65.48903905} \right)^{1.621745621} + \left(\frac{67}{65.48903905} \right)^{1.621745621} \right. \\ & \left. + \left(\frac{38}{65.48903905} \right)^{1.621745621} + \left(\frac{114}{65.48903905} \right)^{1.621745621} \right] \end{aligned}$$

$$g(\alpha, \beta) = -19.68945804$$

Con los valores obtenidos de α y β , se calcula la confiabilidad del sistema al tiempo t de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{30}{65.48903905}\right)^{1.621745621}}$$

$$R(t) = 0.754321524$$

Con lo cual se obtiene una confiabilidad de la caldera Cleaver Brooks del 75%

3.11 Confiabilidad del periodo de experiencia profesional

Caldera Cleaver Brooks

- Tasa de Fallas

n=	10
t=	290 (días)
m=	2
T1=	5
T2=	7

Función de verosimilitud

$$L(\alpha, \beta) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^n e^{-\sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^\beta} \prod_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

Puesto que los valores de esta función son muy pequeños, para evitar errores numéricos, es conveniente maximizar su logaritmo natural:

$$g(\alpha, \beta) = n \ln(\beta) - n \ln(\alpha) + (\beta - 1) \sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{T_i}{\alpha}\right) - \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^\beta$$

Usando la función *Solver* del programa Microsoft® Excel, se obtienen $\hat{\alpha}$ y $\hat{\beta}$ que maximizan la función $g(\alpha, \beta)$

$$\hat{\alpha} = 111.8525712$$

$$\hat{\beta} = 1.468942143$$

Aplicando la ecuación $g(\alpha, \beta)$, se obtiene:

$$g(\alpha, \beta) = (2 * \ln 1.468942143) - (2 * \ln 111.8525712) + (1.468942143 - 1) * \left[\ln \frac{33}{111.8525712} + \ln \frac{169}{111.8525712} \right] - \left[\left(\frac{33}{111.8525712} \right)^{1.468942143} + \left(\frac{169}{111.8525712} \right)^{1.468942143} \right]$$

$$g(\alpha, \beta) = -11.04416327$$

Con los valores obtenidos de α y β , se calcula la confiabilidad del sistema al tiempo t de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{30}{111.8525712}\right)^{1.468942143}}$$

$$R(t) = .865283359$$

Con lo cual se obtiene una confiabilidad de la caldera Cleaver Brooks del 87%

Caldera Clayton

- Tasa de Fallas

n=	18
t=	290 (días)
m=	3
T1=	70
T2=	57
T3=	66

Función de verosimilitud

$$L(\alpha, \beta) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^n e^{-\sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^\beta} \prod_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

Puesto que los valores de esta función son muy pequeños, para evitar errores numéricos, es conveniente maximizar su logaritmo natural:

$$g(\alpha, \beta) = n \ln(\beta) - n \ln(\alpha) + (\beta - 1) \sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{T_i}{\alpha}\right) - \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{\alpha}\right)^\beta$$

Usando la función *Solver* del programa Microsoft® Excel, se obtienen $\hat{\alpha}$ y $\hat{\beta}$ que maximizan la función $g(\alpha, \beta)$

$$\hat{\alpha} = 66.74801317$$

$$\hat{\beta} = 15.27955929$$

Aplicando la ecuación $g(\alpha, \beta)$, se obtiene:

$$\begin{aligned} g(\alpha, \beta) &= (3 * \ln 15.27955929) - (3 * \ln 66.74801317) + (15.27955929 - 1) \\ &\quad * \left[\ln \frac{4}{66.74801317} + \ln \frac{26}{66.74801317} + \ln \frac{22}{66.74801317} \right] \\ &\quad - \left[\left(\frac{4}{66.74801317} \right)^{15.27955929} + \left(\frac{26}{66.74801317} \right)^{15.27955929} \right. \\ &\quad \left. + \left(\frac{22}{66.74801317} \right)^{15.27955929} \right] \end{aligned}$$

$$g(\alpha, \beta) = -9.159227119$$

Con los valores obtenidos de α y β , se calcula la confiabilidad del sistema al tiempo t de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{30}{66.74801317}\right)^{15.27955929}}$$

$$R(t) = 0.999995067$$

Con lo cual se obtiene una confiabilidad de la caldera Cleaver Brooks del 99%

3.12 Comparar antes y el después

Tiempos de operación de las calderas antes de presentar falla
(datos previos / experiencia profesional)
Duración en días

Cleaver Brooks		Clayton	
Antes	Después	Antes	Después
4	33	15	70
26	169	67	57
22		38	66
32		114	
33			
35			
37			
27			

Comparación periodo previo vs periodo de experiencia profesional (duración: 6 meses cada periodo)



En ésta gráfica se representan en color rosa y rojo carmesí los tiempos de falla de las calderas Cleaver Brooks y Clayton respectivamente, separados por una línea negra la cual indica que la parte superior hace referencia a los mantenimientos previos a mi ingreso laboral dentro de la dependencia gubernamental, siendo la parte de abajo los tiempos de fallas dentro de mi experiencia profesional; con los cuales se hace el análisis de confiabilidad, demostrando que el mantenimiento preventivo a los equipos reduce los tiempos de paro en los diferentes servicios del hospital, garantizando la disponibilidad de los equipos para su funcionamiento en el momento que sean requeridos.

3.13 Identificar cuáles son los mantenimientos que se pueden reducir en tiempo y en costo, justificar

- Mantenimiento correctivo menor a bomba de inyección de agua

(Nivel de aceite, valores eléctricos de acuerdo a las especificaciones técnicas del componente, sellos y empaques)

Justificación: Conservabilidad de la operación y componentes de la bomba de inyección de agua

- Mantenimiento correctivo menor para calderas Cleaver Brooks de lado fuego

Carburación de quemador (Combustión, niveles de CO y CO₂)

Justificación: evitar paros no programados para el control de emisiones contaminantes al ambiente, deshollinado

- Mantenimiento Preventivo de Suavizadores

Tratamiento de agua (Suavizamiento del agua, cambio de pH)

Justificación: Evitar sobrecalentamiento de caldera

- Mantenimiento correctivo menor Caldera Cleaver Brooks lado agua

Purga de una caldera (Incrustación, fisura en serpentín o fluxes)

Justificación: Evitar paros no programados para agregar desincrustante el cual va a limpiar los tubos fluxes y los espejos internos de la caldera.

- Líneas de conducción de vapor (fluido o energético)

(Fugas y fisuras, desgaste del material)

Justificación: Seguridad, evitar quemaduras al operador así como el desperdicio de materia prima (agua suavizada)

Conclusiones

Los objetivos planteados al inicio se llegaron a cumplir ampliamente en base al desarrollo y metodología.

Mantener los equipos en óptimas condiciones nos permitió reducir el tiempo y costo de mantenimientos a las calderas, así como en accesorios y componentes.

Tener como rutina una lista de actividades nos ayudara a planificar con tiempo los paros necesarios para la corrección y/o cambio de piezas, con lo cual no afectara a los diferentes servicios que solicitan de nuestra labor.

El mantenimiento preventivo realizado permitió reducir los tiempos entre fallas.

El punto principal mencionado en el objetivo es el de proporcionar una herramienta para el ingeniero de servicios que esté involucrado directamente en el mantenimiento a Sala de Máquinas del Hospital General "Dr. Manuel Gea González"

Puedo agregar con certeza que este documento además de ser de utilidad al ingeniero de servicios le será también de utilidad a todo personal que se encuentre involucrado directamente en las tareas del mantenimiento de Sala de Máquinas.

Para cumplir con este propósito, es necesario establecer un programa de mantenimiento debidamente planeado, tanto como preventivo para mantener los accesorios y componentes en condiciones normales de operación el mayor tiempo posible, como correctivo para dar seguimiento a las fallas que pudieran presentarse.

Sugiero usar los siguientes puntos como parte importante de un mantenimiento:

1. Contar con los manuales y diagramas de los equipos.
2. Conocimiento y operación del equipo.
3. Al analizar el problema comente la naturaleza de este con el propietario u operador del equipo; la información puede ser valiosa y puede ahorrarle tiempo.
4. Contar y tener las técnicas de manejo de los aparatos de medición y herramientas.
5. Tener la experiencia analítica y sentido común con una gran disciplina en el trabajo.
6. Utilice todos los sentidos para localizar la falla, apoyándonos en las alarmas que nos muestre el tablero tanto visuales como audibles para encontrar la falla si es que la hay.
7. Siempre corrija las fallas obvias primero.

8. Nunca asuma algo sin fundamentos. Es un riesgo injustificado dar por hecho que una señal existe o que es correcta sin comprobarlo. Si el trabajo se lo pasaron inícielo a partir de cero.
9. Después de varias horas sin ningún resultado tómese un descanso.
10. Llevar un registro de todo lo que se hace, anote lecturas, dudas, conclusiones, etc.

Adicionalmente podemos mencionar, que no obstante que, la metodología y las instrucciones a seguir descritas en este documento se enfocan a los equipos específicos de las marcas Cleaver Brooks y Clayton ya mencionadas, también es aplicable a equipos de marcas indistintas, toda vez que; los principios de operación, componentes y herramientas de auxilio para el diagnóstico y la prevención de fallas son básicamente muy similares o incluso las mismas.

Las materias de Termodinámica, Termofluidos, Laboratorio de Máquinas Térmicas, así como las materias de Electricidad y Magnetismo, Sistemas Electromecánicos e Instalaciones Electromecánicas fueron de gran aportación a la realización de mis actividades dentro del área de Sala de Máquinas y las cuales me permitieron desarrollarme profesionalmente.

Bibliografía

SELMEC Equipos Industriales S.A. de C.V. (1998). *Manual del Curso de "Generadores de vapor para operadores de calderas Cleaver Brooks*. Grupo CONDUMEX. Segunda Edición.

Muñoz Negrón, D. F. (2009). *Administración de Operaciones*. México: Cengage Learning.