

**ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA PLANTA TÉRMICA DIDÁCTICA
DE LA UNIVERSIDAD ECCI EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO**

**ANDRES RICARDO GUEVARA UMAÑA
MIGUEL ÁNGEL OROZCO BLANCO**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ D.C.
2015**

**ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA PLANTA TÉRMICA DIDÁCTICA
DE LA UNIVERSIDAD ECCI EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO**

**ANDRES RICARDO GUEVARA UMAÑA
MIGUEL ÁNGEL OROZCO BLANCO**

**Monografía como requisito para optar al título de Especialistas en Gerencia
de Mantenimiento**

Asesor: Ingeniero Nelson Darío Rojas González

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ D.C.
2015**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C., Noviembre de 2015

A mis padres, Carmen y Hernán el agradecimiento más profundo por ser modelo de lucha y tenacidad, sin su apoyo y colaboración no habría sido posible este logro. A mi hijo Gabriel por ser mi fuente de inspiración, orgullo y motivación constante en la vida.

Andres Ricardo Guevara Umaña

A mis padres Juan y Susana, por su amor, comprensión y apoyo incondicional que me dieron a lo largo de mi carrera. A mi hermano Juan Alberto que gracias a incondicional y absoluto apoyo, es todo un ejemplo de que todo se puede lograr desde que uno se lo proponga, solo depende de mí.

Miguel Ángel Orozco Blanco

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

Al profesor Nelson Darío Rojas González, director de esta monografía quién nos orientó, guió y facilitó el desarrollo y conclusión de la presente monografía.

Al ingeniero Miguel Angel Urian Tinoco, quién orientó y facilitó a la hora de realizar en análisis termográfico en la planta térmica de la Universidad ECCI.

Al ingeniero Carlos Alberto Navarro Mesa, jefe de laboratorios y talleres de mecánica de la Universidad ECCI, quién nos orientó y facilitó el uso de información y manejo de la planta térmica didáctica.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	17
GLOSARIO.....	19
INTRODUCCIÓN.....	22
1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	24
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	24
2.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMA.....	24
2.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
4.1 JUSTIFICACIÓN.....	27
4.2 DELIMITACIÓN.....	28
5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
5.1 MARCO TEÓRICO.....	29
5.1.1 Gestión de activos.....	29
5.1.1.1 Enfoque hacia la gestión de activos.....	29
5.1.1.1.1 Activos y pasivos.....	29
5.1.1.1.2 Gestión de los recursos (Existencias).....	30
5.1.1.1.3 Análisis Costo Riesgo Beneficio (BRCA).....	31
5.1.1.2 Costos Normales de mantenimiento.....	32
5.1.1.3 Costos ocasionales por niveles de mantenimiento.....	32
5.1.2 Mantenimiento.....	32
5.1.2.1 Propósito del mantenimiento.....	33

5.1.2.2	Objetivo del Mantenimiento.....	33
5.1.2.2.1	Confiabilidad.....	34
5.1.2.3	Mantenimiento preventivo.....	34
5.1.2.4	Mantenimiento correctivo.....	37
5.1.2.5	Mantenimiento predictivo.....	38
5.1.2.5.1	Mantenimiento predictivo basado en análisis de vibraciones.....	39
5.1.2.5.2	Mantenimiento predictivo basado en la temperatura. Termografía.....	40
5.1.3	Planta térmica Didáctica ECCI.....	43
5.1.3.1	Caldera.....	45
5.1.3.1.1	Caldera de vapor saturado didáctica.....	45
5.1.3.2	Suavizador de agua de intercambio iónico.....	46
5.1.3.3	Tanque de combustible.....	46
5.1.3.4	Distribuidor de vapor.....	47
5.1.3.5	Sobre calentador eléctrico.....	47
5.1.3.6	Turbina de vapor.....	48
5.1.3.7	Generador.....	48
5.2	ESTADO DEL ARTE.....	49
5.2.1	Estado de arte local Universidad ECCI.....	49
5.2.2	Estado del arte Nacional.....	50
5.2.3	Estado del arte Internacional.....	52
6.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	56
7.	DESARROLLO METODOLÓGICO.....	57
7.1	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	57
7.2	ANÁLISIS DE DATOS.....	58
7.3	PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	61
7.3.1	Sistemas críticos planta térmica Universidad ECCI.....	61
7.3.2	Actividades de mantenimiento planta térmica Universidad ECCI.....	64
7.3.2.1	Sistema eléctrico.....	64
7.3.2.1.1	Mantenimiento semanal.....	64
7.3.2.1.2	Mantenimiento mensual.....	64

7.3.2.1.3	Mantenimiento semestral.....	65
7.3.2.1.4	Requerimientos.....	65
7.3.2.2	Sistema electrónico.....	65
7.3.2.2.1	Mantenimiento semanal.....	65
7.3.2.2.2	Mantenimiento mensual.....	66
7.3.2.2.3	Mantenimiento semestral.....	66
7.3.2.2.4	Requerimientos.....	66
7.3.2.3	Sistema de instrumentación y control.....	66
7.3.2.3.1	Mantenimiento semanal.....	66
7.3.2.3.2	Mantenimiento mensual.....	66
7.3.2.3.3	Mantenimiento semestral.....	67
7.3.2.3.4	Requerimientos.....	67
7.3.2.4	Sistema de alimentación de combustible.....	67
7.3.2.4.1	Mantenimiento semanal.....	67
7.3.2.4.2	Mantenimiento mensual.....	67
7.3.2.4.3	Mantenimiento semestral.....	68
7.3.2.4.4	Requerimientos.....	68
7.3.2.5	Sistema de alimentación de agua.....	68
7.3.2.5.1	Mantenimiento semanal.....	68
7.3.2.5.2	Mantenimiento Mensual.....	68
7.3.2.5.3	Mantenimiento semestral.....	69
7.3.2.5.4	Requerimientos.....	69
7.3.2.6	Sistemas de distribución.....	69
7.3.2.6.1	Mantenimiento semanal.....	69
7.3.2.6.2	Mantenimiento mensual.....	69
7.3.2.6.3	Mantenimiento semestral.....	70
7.3.2.6.4	Requerimientos.....	70
7.3.2.7	Sistema generación de energía.....	70
7.3.2.7.1	Mantenimiento semanal.....	70
7.3.2.7.2	Mantenimiento mensual.....	70

7.3.2.7.3	Mantenimiento semestral.....	71
7.3.2.7.4	Requerimientos.....	71
7.3.2.8	Sistema de calentamiento y recalentamiento.....	71
7.3.2.8.1	Mantenimiento semanal.....	71
7.3.2.8.2	Mantenimiento mensual.....	71
7.3.2.8.3	Mantenimiento semestral.....	72
7.3.2.8.4	Requerimientos.....	72
7.3.2.9	Sistema de refrigeración.....	72
7.3.2.9.1	Mantenimiento semanal.....	72
7.3.2.9.2	Mantenimiento mensual.....	72
7.3.2.9.3	Mantenimiento semestral.....	73
7.3.2.9.4	Requerimientos.....	73
7.3.2.10	Sistema de extracción de gases.....	73
7.3.2.10.1	Mantenimiento semanal.....	73
7.3.2.10.2	Mantenimiento mensual.....	74
7.3.2.10.3	Mantenimiento semestral.....	74
7.3.2.10.4	Requerimientos.....	74
7.3.2.11	Sistema de calentamiento caldera.....	74
7.3.2.11.1	Mantenimiento semanal.....	74
7.3.2.11.2	Mantenimiento mensual.....	74
7.3.2.11.3	Mantenimiento semestral.....	75
7.3.2.11.4	Requerimientos	75
7.3.2.12	Sistema de calentamiento, intercambiadores.....	75
7.3.2.12.1	Mantenimiento semanal.....	75
7.3.2.12.2	Mantenimiento mensual.....	75
7.3.2.12.3	Mantenimiento semestral.....	76
7.3.2.12.4	Requerimientos.....	76
7.3.3	Recursos económicos y humanos a la hora de ejecutar el mantenimiento en la planta térmica didáctica.....	76
7.3.3.1	Gastos de materiales no operacionales.....	76

7.3.3.2	Gastos operacionales.....	77
7.3.3.3	Gastos actividades mantenimiento realizadas.....	77
7.3.3.4	Descripción.....	79
7.3.4	Cronograma de actividades de mantenimiento para la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI.....	79
8.	FUENTES DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN.....	81
8.1	FUENTES PRIMARIAS.....	81
8.2	FUENTES SECUNDARIAS.....	81
9.	COSTOS.....	82
9.1	RETORNO DE LA INVERSIÓN.....	94
10.	TALENTO HUMANO.....	95
	CONCLUSIONES.....	96
	RECOMENDACIONES.....	98
	BIBLIOGRAFÍA.....	100
	ANEXOS.....	104

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Curva de comportamiento de los fallos potenciales (Intervalo P-F).....	49
Figura 2. Proceso de implementación de un sistema de mantenimiento predictivo basado en análisis de vibraciones.....	40
Figura 3. Comparación de imágenes naturales e imágenes termográficas.....	41
Figura 4. Esquema básico de captación termográficas.....	43
Figura 5. Vista isométrica planta térmica.....	43
Figura 6. Vista frontal planta térmica.....	44
Figura 7. Vista posterior planta térmica.....	44
Figura 8. Caldera de vapor.....	46
Figura 9. Distribuidor de vapor.....	47
Figura 10. Sobre calentador.....	48
Figura 11. Turbina y generador.....	48
Figura 12. Número de fallas por años de operación.....	58
Figura 13. Porcentaje de operación.....	59
Figura 14. Mantenimientos aplicados a la planta térmica didáctica.....	59
Figura 15. Disponibilidad el equipo para prácticas de laboratorio.....	60
Figura 16. Horas de práctica perdidas por falla de la planta térmica didáctica.....	61
Figura 17. Costos puesta en marcha planta térmica didáctica.....	82

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Comparación entre el coste del almacenamiento de existencias y el coste de las roturas de stock.....	31
Tabla 2. Acciones del programa de mantenimiento preventivo.....	36
Tabla 3. Tipos de Investigación y sus características.....	56
Tabla 4. Porcentajes de costo de reparación.....	62
Tabla 5. Severidad de los sistemas de la planta térmica.....	62
Tabla 6. Criticidad de los sistemas de la planta térmica didáctica.....	63
Tabla 7. Matriz de criticidad de la planta térmica didáctica.....	63
Tabla 8. Costos de mantenimiento realizados.....	78
Tabla 9. Cronograma de actividades.....	80
Tabla 10. Costos de mantenimiento Sistema eléctrico, recursos y talento humano implementados.....	82
Tabla 11. Costos de mantenimiento Sistema electrónicos, recursos y talento humano implementados.....	84
Tabla 12. Costos de mantenimiento Sistema de instrumentación y control, recursos y talento humano implementados.....	85
Tabla 13. Costos de mantenimiento Sistema de alimentación de combustible, recursos y talento humano implementados.....	86
Tabla 14. Costos de mantenimiento Sistema de alimentación de agua, recursos y talento humano implementados.....	87
Tabla 15. Costos de mantenimiento Sistema de distribución, recursos y talento humano implementados.....	88
Tabla 16. Costos de mantenimiento Sistema generación de energía, recursos y talento humano implementados.....	89
Tabla 17. Costos de mantenimiento Sistema de calentamiento y recalentamiento, recursos y talento humano implementados.....	91
Tabla 18. Costos de mantenimiento Sistema de refrigeración, recursos y talento humano implementados.....	92
Tabla 19. Costos de mantenimiento Sistema de extracción de gases, recursos y talento humano implementados.....	93
Tabla 20. Costos totales de mantenimiento planta térmica didáctica Universidad ECCI.....	94

RESUMEN

TÍTULO: ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA PLANTA TÉRMICA DIDÁCTICA DE LA UNIVERSIDAD ECCI EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

AUTORES: ANDRES RICARDO GUEVARA UMAÑA, MIGUEL ÁNGEL OROZCO BLANCO

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, eficiencia, planta térmica, actividades, recomendaciones.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: La necesidad de mantener una producción continua y eficiente en todo momento, ha desarrollado una nueva perspectiva de la conservación y uso de los equipos dentro de las empresas industriales; y es así como se han implantado cada vez más los conceptos del Mantenimiento.

La Universidad ECCI es una empresa de origen familiar dedicada a la prestación de servicios educativos. Como parte de las metodologías de enseñanza – aprendizaje se maneja una planta térmica didáctica que apoya las actividades teóricas de los estudiantes y dado su nivel de uso se propone un plan de mantenimiento que garantice la conservación y el funcionamiento del equipo alargando su vida útil.

Para llegar al plan de mantenimiento que se propone, se surtieron varias etapas en el proceso: recolección de información, análisis de datos, propuesta de solución que contiene un mantenimiento semanal, mantenimiento mensual, mantenimiento semestral y se detalla para cada uno de ellos, las actividades y costos relacionados así como el personal involucrado. Finalmente, se dan algunas

recomendaciones complementarias para lograr la eficiencia total de la planta térmica didáctica.

ABSTRACT

TITLE: LIFE CYCLE ANALYSIS OF THERMAL FLOOR OF THE UNIVERSITY SCHOOL TEACHING CAREER COLOMBIAN INDUSTRIAL STAGES OF OPERATION AND MAINTENANCE

AUTHOR(S): ANDRES RICARDO GUEVARA UMAÑA, MIGUEL ÁNGEL OROZCO BLANCO

KEYWORDS: Maintenance, efficiency, thermal plant, activities, recommendations.

DESCRIPTION OR CONTENT: The need to maintain continuous and efficient production at all times, has developed a new perspective of the conservation and use of equipment in industrial enterprises; and this is how were implemented increasingly Maintenance concepts.

Colombian University School of Industrial racing is a family business dedicated to providing educational services. As part of teaching methodologies - learning a didactic thermal plant that supports the theoretical activities of students and their level of use as a Maintenance Plan to ensure the maintenance and operation of equipment extending its life proposed handled.

To reach the Maintenance Plan is proposed, were dispensed various stages in the process: data collection, data analysis, proposed solution containing: weekly maintenance, monthly maintenance and detailed semi-annual maintenance for

each activity and related costs as well as personnel involved. Finally give some additional recommendations to achieve total thermal efficiency of teaching plant.

GLOSARIO

Activo, va: Conjunto de todos los bienes y derechos con valor monetario que son propiedad de una empresa, institución o individuo.

Análisis: Distinción y separación de las partes de algo para conocer su composición.

Ciclo: Conjunto de una serie de fenómenos u operaciones que se repiten ordenadamente.

Combustible: Que puede arder.

Combustión: Reacción química entre el oxígeno y un material oxidable, acompañada de desprendimiento de energía y que habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.

Costo: Cantidad que se da o se paga por algo.

Degradación: Acción y efecto de degradar o degradarse.

Emisividad: Capacidad de un material para emitir energía radiante.

Energía: Capacidad para realizar un trabajo. Se mide en julios. (Símb. E).

Falla: Incumplimiento de una obligación. Avería en un motor.

Lubricar: Aplicar a algo una sustancia que disminuya la fricción entre superficies en contacto.

Mantenimiento: Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.

Máquina: Conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía y transformarla en otra más adecuada, o para producir un efecto determinado.

Metodología: Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal.

Obsolecente: Que está volviéndose obsoleto.

Parámetro: Dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación. Es difícil entender esta situación basándonos en los parámetros habituales.

Plan: Modelo sistemático de una actuación pública o privada, que se elabora anticipadamente para dirigirla y encauzarla.

Planta: Fábrica central de energía, instalación industrial. Central eléctrica.

Piroeléctrico, ca: Perteneciente o relativo a la piroelectricidad.

Piroelectricidad: Fenómeno por el cual aparecen cargas eléctricas en las caras opuestas de un cristal por efecto del calor.

Radiación: Energía ondulatoria o partículas materiales que se propagan a través del espacio. Forma de propagarse la energía o las partículas.

Reductor, ra: Que reduce o sirve para reducir.

Relé: Aparato que, mediante el empleo de una corriente auxiliar, permite la regulación y dirección de la corriente principal de un circuito.

Reparación: Acción y efecto de reparar algo roto o estropeado.

Rodamiento: Cojinete formado por dos cilindros concéntricos entre los que se intercala una corona de bolas o rodillos que ruedan sobre ambas superficies.

Temperatura: Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente, y cuya unidad en el sistema internacional es el kelvin (K).

Térmico, ca: Perteneciente o relativo al calor o la temperatura.

Termografía: Registro gráfico del calor emitido por la superficie de un cuerpo en forma de radiaciones infrarrojas, que tiene aplicaciones médicas, técnicas, etc.

Turbina: Rueda hidráulica, con paletas curvas colocadas en su periferia, que recibe el agua por el centro y la despide en dirección tangente a la circunferencia, con lo cual aprovecha la mayor parte posible de la fuerza motriz. Turbina de vapor.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de mantener una producción continua y eficiente en todo momento, ha desarrollado una nueva perspectiva de la conservación y uso de los equipos dentro de las empresas industriales; y es así como se han implantado cada vez más los conceptos del mantenimiento.

La fiabilidad y la disponibilidad de una planta térmica dependen, en gran parte de la calidad del equipo y también del plan de mantenimiento que se realice con él, por lo cual es importante tener en cuenta que lo que hagamos en mantenimiento va a repercutir en el funcionamiento del equipo y en la vida útil del mismo.

La ocasión perfecta para diseñar un buen mantenimiento programado que haga que la disponibilidad y la fiabilidad del equipo sean muy altas, es cuando se hace entrega al propietario y debe ponerse en marcha desde el primer día en que entra en operación. Perder esa oportunidad significa renunciar a que la mayor parte del mantenimiento sea programado, y caer en el error, de que sean las averías las que dirijan las actividades de mantenimiento.

Es normal prestar mucha importancia al mantenimiento de los equipos principales y no preocuparse en la misma medida de las demás partes, esto es un grave error, pues un fallo en cualquier elemento puede parar una planta térmica y ocasionar un problema mayor. Conviene, prestar atención a todos aquéllos equipos capaces de provocar fallos críticos.

Un buen plan de mantenimiento es el que analiza todos los fallos posibles y ha sido diseñado para evitarlos. Es decir, es necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la planta, esa tarea es la que se realiza en esta monografía.

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA PLANTA TÉRMICA DIDÁCTICA DE LA UNIVERSIDAD ECCI EN LAS ETAPAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La planta térmica didáctica de la Universidad ECCI no cuenta con un plan de mantenimiento adecuado, lo cual coloca en alto riesgo la disponibilidad de este activo, ya que en cualquier momento puede dejar de funcionar, afectando las prácticas que allí se realizan y por lo tanto, generando inconformidad de los estudiantes.

Establecer esta relación posibilita una metodología integrada que dé lugar a una mejor gestión integral de activos físicos que a la vez permita gestionar la operación y mantenimiento que este equipo requiere, de tal modo que logremos mayor reducción de costes y mayor beneficio, mejorando el actual sistema de estos.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Con base en lo escrito en la descripción del problema los autores formulan la siguiente pregunta de investigación ¿Un adecuado análisis en la etapa de operación y mantenimiento en ciclo de vida de la planta térmica didáctica ayudará a garantizar la disponibilidad de la misma?

2.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los sistemas más críticos que presenta la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI?

¿Qué actividades de mantenimiento se deben realizar para optimizar el funcionamiento de la planta térmica didáctica?

¿Cuáles son los recursos económicos y humanos que se requieren a la hora de realizar el mantenimiento a la planta térmica didáctica?

¿Cuál sería el cronograma de actividades de mantenimiento para la planta térmica?

3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis en las etapas de operación y mantenimiento para la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Definir los sistemas críticos de la planta térmica de la Universidad ECCI.
- ✓ Precisar las actividades de mantenimiento a aplicar en la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI.
- ✓ Especificar los recursos económicos y humanos a la hora de ejecutar el mantenimiento en la planta térmica didáctica.
- ✓ Establecer un cronograma a ejecutar de actividades de mantenimiento a la planta térmica.

4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto ha permitido identificar que se necesita realizar un plan de mantenimiento a la planta térmica didáctica para evitar paradas que puedan afectar sus actividades educativas, para el cual es utilizada diariamente, aparte de ello disponer suministros y presupuesto para dicho mantenimiento.

Teniendo un plan de mantenimiento óptimo se puede realizar la planeación del presupuesto para dichas actividades e imprevistos que se presenten y así, poder tener disponibles suministros para realizar cambios de piezas si es necesario; en este sentido, se pueden optimizar costos y tiempos en las reparaciones o los mantenimientos que se requieran, realizar un buen mantenimiento programable ayuda a cuidar la planta térmica y el medio ambiente en la parte de la expulsión de los gases de la combustión, ya que no generará tantos gases contaminantes al momento de poner en marcha la caldera; otro aspecto que se podría mejorar es el consumo y gasto de agua, si se mantienen los tanques de agua llenos se ahorrará agua, por que al momento de poner en marcha la caldera el suministro de agua estará en el nivel indicado para su funcionamiento; si se realizan todas estas operaciones y mantenimientos se podrá evitar tener sanciones o multas por contaminación o daños al medio ambiente. Con base en todos estos parámetros se pueden obtener buenos resultados, los cuales favorecerán a las personas que la operan. Dicha planeación mejora la planta, ya que ayuda al proceso educativo que se está llevando en la Universidad y evita riesgos tanto para la instalación como para quiénes la operan.

Además, el tener un mantenimiento programado, mejora la calidad educativa en la Institución, evitando detenciones inesperadas y posibles aplazamientos de

prácticas académicas o disminuyendo el número de capacitaciones de los estudiantes.

4.2 DELIMITACIÓN

El análisis de operación y mantenimiento se realizará en la ECCI a la planta térmica ubicada en el sótano de la sede J, perteneciente a la coordinación de Ingeniería Mecánica una limitante para la realización de este análisis es el tiempo, ya que es muy limitado para poder realizarlo; otro aspecto es la parte financiera y el soporte documentado donde se encuentren especificaciones, características y observaciones realizadas por el fabricante a cada uno de sus elementos y componentes.

5 MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 MARCO TEÓRICO

5.1.1 Gestión de activos. El ciclo de vida nace desde la idea misma de realizar una actividad que involucra activos en su desarrollo, pasa por las etapas de anteproyecto, proyecto, diseño, compra o manufactura, instalación, prueba, puesta en marcha, operación y mantenimiento.

En todas esas etapas, hay decisiones que se deben tomar, como costo a evaluar, registrar y considerar, repuestos a definir, capacitación de operarios, análisis que hacer referentes a distintos aspectos de la operación y el mantenimiento del activo.

La gestión de activos es el proceso global de la gestión a través del cual consistentemente agregamos valor a la compañía mediante el uso y cuidado de los activos en todo el ciclo de vida. Centrándonos en el mantenimiento y la confiabilidad, con el objeto de optimizar todos los recursos.¹

5.1.1.1 Enfoque hacia la gestión de activos. Se puede afirmar que cuando la organización desarrolla y alcanza una metodología capaz de integrar todos y cada uno de los niveles anteriores se alcanza la gestión de activos, definida como una gestión de activos, la cual permite integrar todo el conocimiento y las mejoras prácticas aprendidas, con el fin de manejar con flexibilidad y éxito sus activos (parque industrial, equipos, etc.).²

5.1.1.1.1 Activos y pasivos. La diferencia entre activo y pasivo es que conceptualmente el primero de ellos se asocia a la producción de la riqueza,

¹ Definición tomada de (Murillo Rondon, 2010)

² Definición tomada de: (Mora Gutiérrez , 2007)

mientras que el segundo se refiere a la inversión o el gasto. Bajo esta premisa se influye el mantenimiento en cuanto a la forma de visualizar la utilización de los activos. Se entiende el ingreso como el flujo nominal producto de una actividad o comercialización de bien o servicio que recibe una empresa o familia; mientras que el gasto es lo que una institución, familia u objeto requiere para ser mantenido.

La transformación empresarial para alcanzar el nivel de gestión de activos requiere entre otras, que todas las acciones de mantenimiento y producción generen un aumento de la capacidad de producción y de su demanda; al tratar de conquistar cada día más el mercado potencial; de lo contrario se está en una actitud pasiva, que incurre nuevamente en gastos en el manejo de sus equipos.³

5.1.1.1.2 Gestión de los recursos (existencias). La cantidad de existencias debe ser la mínima necesaria para mantener el servicio asegurado a los clientes. Algunas de las técnicas para permitir esto son el uso de sofisticados sistemas informáticos como MRP⁴, el uso de componentes comunes para distintos modelos, locales de almacenamiento centralizado, y los conceptos “Just-in-time”.

Los aspectos financieros de los ahorros son:

- Menores intereses sobre la caja inmovilizada en las existencias.
- Menores costos en tratamiento de materiales.
- Menores coste en edificios e instalaciones.
- Menor riesgo de obsolescencia.

³ Activos y Pasivos de: (Robinson, 1995)

⁴ MRP2: Material Requirement Planning 2

En las siguientes tablas se ofrece una comparación entre el coste del almacenamiento de existencias y el coste de las roturas de stock. Un buen control de gestión operativa es vital en esta área.⁵

Tabla 1. Comparación entre el coste del almacenamiento de existencias y el coste de las roturas de stock.

<p>Costes de almacenamiento de existencias</p> <ul style="list-style-type: none">● Edificios e instalaciones● Seguros● Riesgo de deterioro● Riesgo de obsolescencia● Intereses de la caja inmovilizada
<p>Costes de las roturas de stock</p> <ul style="list-style-type: none">● Pérdida de contribución a los beneficios● Disfunciones entre producción y planificación● Pérdida de negocios relacionados a causa de un servicio inadecuado● Coste extraordinario debido a la necesidad de proporcionar una mayor especificación de bienes● Costes extraordinarios de una reposición rápida, por ejemplo, la distribución.

Fuente. (Robinson, 1995)

5.1.1.1.3 Análisis Costo Riesgo Beneficio (BRCA). El modelo de decisión “costo – riesgo - beneficio”, permite comparar el costo asociado a una actividad dirigida a mejorar la confiabilidad, contra el nivel de reducción de riesgos, o la mejora en el desempeño debida dicha acción. En otras palabras, el modelo permite determinar “cuanto se obtiene por lo que se invierte”. De igual manera el BRCA contribuye en el proceso de gestión de la información, así en la definición de las políticas, las estrategias, los planes y el programa de mantenimiento, y la toma de las decisiones correspondientes.

El impacto total mínimo es el factor que permite determinar la mejor alternativa de operación. El costo total mínimo de mantenimiento, se traduce en reducir

⁵ Gestión de los recursos tomado de: (Robinson, 1995)

ampliamente el costo total de producción, o maximizar las utilidades de la compañía, solo en este nivel se pueden determinar la combinación óptima entre los costos y el beneficio.⁶

5.1.1.2 Costos Normales de Mantenimiento. Son aquellos en que obligatoriamente hay que incurrir por el uso de equipos en su función productiva.

Los niveles de estos costos van a depender de los rangos que la empresa desea mantener, quiere decir que si la empresa desea altos niveles de mantenimiento los costos van hacer directamente proporcionales.

Algunos autores como Lourival Tavares⁷ establecen que en términos generales el gasto mensual de mantenimiento debe estar alrededor de 2% o menos del valor del activo.⁸

5.1.1.3 Costos ocasionales por niveles de mantenimiento. Algunos de los costos en los que se incurre son:

- Desperdicio de materias primas o productos en proceso.
- Paradas imprevistas de equipos.
- Reducción de la vida útil de los equipos.

5.1.2 Mantenimiento. Comprende todas aquellas actividades necesarias para mantener los equipos e instalaciones en una condición particular o volverlo a dicha condición, para realizar las funciones designadas⁹. Es un factor importante de la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una

⁶ Análisis Costo Riesgo Beneficio (BRCA) tomado de: (García Palencia, 2012)

⁷ Lourival Augusto Tavares, presidente del Comité Panamericano de Ingeniería de mantenimiento, y una de las mayores autoridades en Brasil.

⁸ Costos normales de mantenimiento tomado de (Murillo Rondon, 2010)

⁹ Definición de mantenimiento tomada de: (Prando, 1996)

competencia exitosa. Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan como resultado una variabilidad excesiva en el producto y, en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa. Para producir un alto nivel de calidad, el equipo debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento¹⁰.

5.1.2.1 Propósito del mantenimiento. Es el medio que tiene toda empresa para conservar operable con el debido grado de eficiencia y eficacia su activo fijo. Engloba al conjunto de actividades necesarias para:

- Mantener una instalación o equipo en funcionamiento,
- Restablecer el funcionamiento del equipo en condiciones predeterminadas.

El mantenimiento incide, por lo tanto, en la cantidad y calidad de la producción.

En efecto la cantidad de producción a un nivel de calidad dado está determinada por la capacidad instalada de producción y su disponibilidad, entendiéndose por tal al cociente del tiempo efectivo de producción entre la suma de éste y el tiempo de parada por mantenimiento¹¹.

5.1.2.2 Objetivo del Mantenimiento. Asegurar la disponibilidad planeada al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos e instalaciones y las normas de seguridad. Para ello actúa sobre:

- La continuidad de la operación de producción, es decir, la confiabilidad que se mide por el tiempo medio entre fallas consecutivas (MTTF);
- El tiempo de paradas (MDT) cuando éstas se producen. El tiempo de parada incluye el tiempo efectivo de reparación (Mantenibilidad) (MTTR)

¹⁰Definición de mantenimiento tomada de: (Duffua, y otros, 2008)

¹¹ Propósito del mantenimiento (Prando, 1996)

que es función del diseño, herramientas disponibles y destreza y capacitación del personal y, del tiempo de espera (MWT) (Soporte) que es función de la organización (sistemas y rutinas, herramientas y talleres disponibles, documentación técnica, capacitación, entrenamiento y suministro de piezas y/o repuestos)¹².

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTTF}}{\text{MTTF} + \text{MDT}} = \frac{\text{MTTF}}{\text{MTTF} + (\text{MTTR} + \text{MTW})}^{13}$$

5.1.2.2.1 Confiabilidad. Como tal, que se define universalmente como la probabilidad de que un sistema opere satisfactoriamente sin fallas durante un período, operando bajo condiciones normales.

Así pues se puede interpretar que un activo es más confiable en la medida en que NO falle y dejará de ser confiable, si presenta fallas. Muchos han sido los desarrollos en pro de la confiabilidad, para esto se han descompuestos los activos de una organización, así como sus componentes en sistemas serie y paralelo para realizar análisis de confiabilidad.¹⁴

5.1.2.3 Mantenimiento Preventivo. Se definió al (MP) como una serie de tareas planeadas previamente, que se lleva a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un activo. Puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo, es el enfoque preferido frente al mantenimiento correctivo por cuatro razones principales:

¹² Objetivo del mantenimiento (Prando, 1996)

¹³ Formula de disponibilidad (Prando, 1996)

¹⁴ Confiabilidad tomado de (Rojas González, 2010)

- La frecuencia de fallas prematuras puede reducirse mediante una lubricación adecuada, ajustes, limpieza e inspecciones promovidas por la medición del desempeño.
- Si la falla no puede prevenirse, la inspección y la medición periódicas pueden ayudar a reducir la severidad de la falla y el posible efecto dominó en otros componentes del sistema del equipo, mitigando de esta forma las consecuencias negativas para la seguridad, el ambiente o la capacidad de producción.
- En donde podamos vigilar la degradación gradual de una función o un parámetro, como la calidad de un producto o la vibración de una máquina, puede detectarse el aviso de una falla inminente.
- Finalmente, hay importantes diferencias en costos tanto directos (por ejemplo, materiales) como indirectos (por ejemplo, pérdidas de producción) debido a que en una interrupción no planeada a menudo provoca un gran daño a los programas de producción y a la producción misma, y debido también a que el costo real de un mantenimiento de emergencia es mayor que uno planeado y a que la calidad de la reparación puede ser afectada de manera negativa bajo la presión de una emergencia.

Debido a que los equipos complejos y sus componentes tendrán varias causas posibles de falla, es necesario desarrollar una serie de acciones de mantenimiento preventivo -algunas basadas en condición y otras basadas en el tiempo- para el mismo equipo, y consolidar éstas en un programa MP. El programa tendrá tareas agrupadas por periodicidad (es decir, diaria, semanal o anualmente, por horas de operación, por ciclos, etc.) y agrupadas por oficio (es decir, mecánico, electricista, operador, técnico, etc.)

Tabla 2. Acciones del programa de mantenimiento preventivo.

Quién	Cuándo	Acción	Equipo	Condición	Medida
Mecánico	Semanalmente	Inspeccionar/ ajustar	Sistema hidráulico	Presión	2 500 lb/pulg ² ± 50 lb/pulg ²
Técnico	Semestralmente	Tomar lectura	Rodamientos de motor	Vibración	Banda octava con respecto a la línea básica
Operador	Mensualmente	Lubricar	Motor reductor	Nivel de la varilla de inmersión	Llenar hasta indicador máximo con aceite 10 W 40
Operador	Diariamente	Verificar	Motor reductor	Presión del aceite	Reemplazar el filtro de aceite con P-OF-4201-86 si $\delta p > 10$ lb/pulg ²

Fuente. (Duffua, y otros, 2008)

El mantenimiento preventivo es el principal requisito para reducir la frecuencia y severidad de las descomposturas de las máquinas. Se utilizan tres amplias medidas para vigilar que el programa de MP sea completo:

- Cobertura del MP: el porcentaje de equipo crítico para el cual se han desarrollado programas de MP.
- Cumplimiento del MP: el porcentaje de rutinas del MP que han sido completadas de acuerdo con su programa.
- Trabajo generado por rutinas del MP: el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tienen como origen rutinas del MP.

El mantenimiento preventivo basado en las condiciones requiere monitorear una variable que está estrechamente relacionada con la falla de los equipos. Es necesario identificar qué parámetro debe vigilarse y medirse¹⁵.

¹⁵ Definición mantenimiento preventivo (Prando, 1996)

5.1.2.4 Mantenimiento Correctivo. Consiste en la pronta reparación de las fallas y se les considera de corto plazo. Las personas encargadas de reportar la ocurrencia de las averías son los propios operarios de las máquinas o equipos y las reparaciones corresponden al personal de mantenimiento. Exige, para su eficacia, una buena y rápida reacción de la reparación (recursos humanos asignados, herramientas, repuestos, elementos de transporte, etc.). La reparación propiamente dicha es rápida y sencilla, así como su control y puesta en marcha.

El principal inconveniente que presenta este tipo de acción de mantenimiento consiste en que el usuario detecta a falla cuando el equipo está en servicio, en el preciso momento en el que pierde su funcionalidad, ya sea al ponerlo en marcha o durante su utilización. Además, porque la mayoría de los operarios encargados de usar los equipos no son expertos en fallas. Entre algunos de los síntomas que determinan la presencia de fallas, pueden estar altos niveles de ruidos y/o anomalías que pueden generar otras averías mayores.

Existen dos tipos de tareas no planeadas de orden correctivo:

- El desvare, que consiste en aplicar una reparación inmediata al equipo para resolverlo a la condición de trabajo u operación, pero no necesariamente a sus condiciones de estándar. Se aplica en urgencias donde no se debe paralizar el proceso operativo de bienes y/o servicios.
- Reparación correcta y definitiva, para la cual se tienen experiencias previas similares y se conoce la causa raíz de la falla. Esta reparación devuelve a la máquina a sus condiciones estándar de producción y mantenimiento.

Las tareas de mantenimiento correctivo son las que se realizan con intención de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema, tras la pérdida de su capacidad para realizar la función o las prestaciones que se requieren. Una tarea de mantenimiento correctivo típica consta de las siguientes actividades:

- Detección de la falla
- Localización de la falla
- Desmontaje
- Recuperación o sustitución
- Montaje
- Pruebas
- Verificación ¹⁶

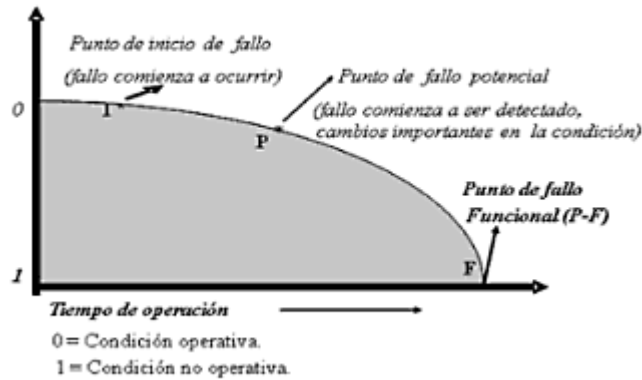
5.1.2.5 Mantenimiento predictivo. Este tipo de mantenimiento debe entenderse como aquella metodología que basa las intervenciones en la máquina o instalación sobre la que se aplica, en la evolución de una determinada variable que sea realmente identificadora de su funcionamiento y fácil medir. El predictivo no define ninguna periodicidad concreta, sino que aconseja el lanzamiento de una orden de trabajo preventiva cuando la variable medida comienza a encontrarse en una zona de peligrosidad funcional de la máquina y, lógicamente, siempre antes de que se produzca el fallo catastrófico.

Muchos autores han intentado explicar este tipo de mantenimiento predictivo con la siguiente curva P-F; en la que simbolizan cómo la variable de medida va evidenciando un determinado nivel de deterioro de la máquina a partir del punto P, para que, antes de que ésta falle, punto F, se produzca la intervención ¹⁷.

¹⁶ Mantenimiento correctivo tomado de: (Mora, 2009)

¹⁷ Mantenimiento Predictivo tomado de: (González Fernández, 2005)

Figura 1. Curva de comportamiento de los fallos potenciales (Intervalo P-F).



Fuente. (Parra Márquez, y otros, 2012)

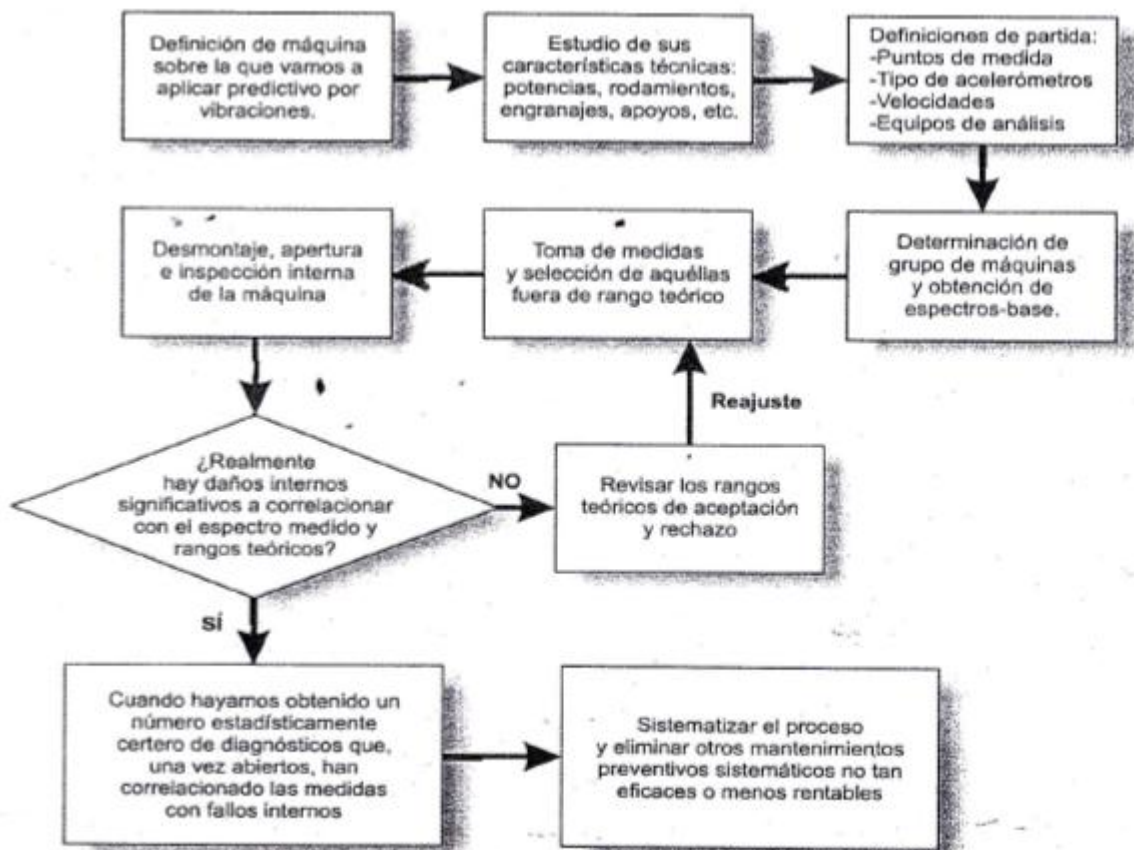
5.1.2.5.1 Mantenimiento predictivo basado en análisis de vibraciones. El mantenimiento predictivo mediante vibraciones es, hoy en día, uno de los métodos concretos en los que más se ha avanzado dentro de las tecnologías de mantenimiento de Tercera Generación.

Su funcionamiento es relativamente simple: por muy perfectas que sean todas las máquinas, tuberías, válvulas, intercambiadores de calor, etc., vibran en funcionamiento, y dentro de dicha vibración se almacena gran cantidad de vibración se almacena gran cantidad de información que puede ser útil para conocer el estado de la máquina. Esto es, analizado “la forma de vibrar” se puede deducir el estado con una eficaz base de datos y análisis de tendencias, se puede programar la intervención preventiva para el momento en que realmente es necesaria, es decir, cuando las condiciones de deterioro han pasado de un determinado punto y antes de que se llegue a producir la avería o el paro de la misma.

Si una máquina está trabajando desequilibrada, el defecto deja una huella característica en el espectro de vibración en forma de un armónico de frecuencia igual a la velocidad del giro del rotor desequilibrado.

Para auxiliarnos en la implementación de esta metodología, adjuntamos a continuación un flujograma que puede servir de orientación sobre los pasos que se recomiendan dar en este proceso:¹⁸

Figura 2. Proceso de implementación de un sistema de mantenimiento predictivo basado en análisis de vibraciones.



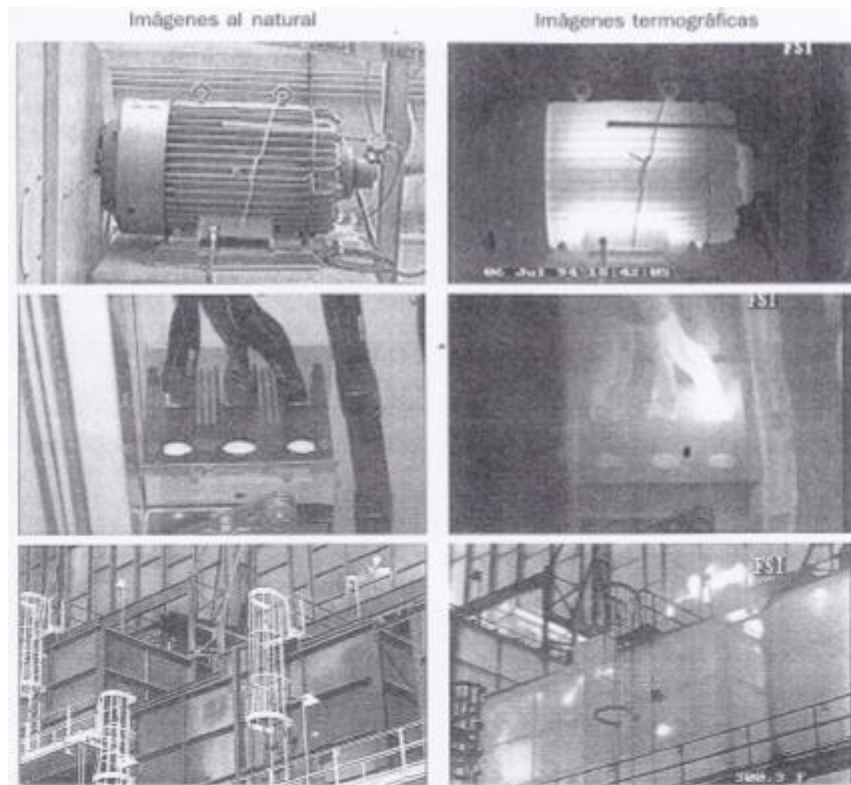
Fuente. (González Fernández, 2005)

5.1.2.5.2 Mantenimiento predictivo basado en la temperatura.

Termografía. Es una técnica de mantenimiento predictivo con aplicaciones muy concretas en mantenimiento basadas en el hecho de que todos los cuerpos, por estar a una al 0 absoluto, emite una radiación electromagnética.

¹⁸ Mantenimiento Predictivo basado en análisis de vibraciones (González Fernández, 2005)

Figura 3. Comparación de imágenes naturales e imágenes termográficas.



Fuente. (González Fernández, 2005)

Como es sabido, una de las evidencias o variables más claramente identificadoras de la degradación funcional de un gran número de elementos (rodamientos, reductores, conexiones eléctricas, componentes electrónicos, juntas, etc.) es la temperatura. Dicha temperatura provoca, como ya se ha dicho, una radiación, y los sistemas de termografía infrarroja son capaces de captar dicha radiación y de convertirla en una imagen que representa la distribución de la temperatura superficial del objeto observado. Si se detecta un punto, zona o componente anormalmente caliente respecto a zonas colaterales con homólogo funcionamiento, estaremos detectando una anomalía. Asimismo, si un determinado componente va degradándose, siendo capaces de mantener un registro de mediciones de temperatura en el tiempo podremos obtener la perseguida curva P-F para intervenir preventivamente antes del fallo catastrófico.

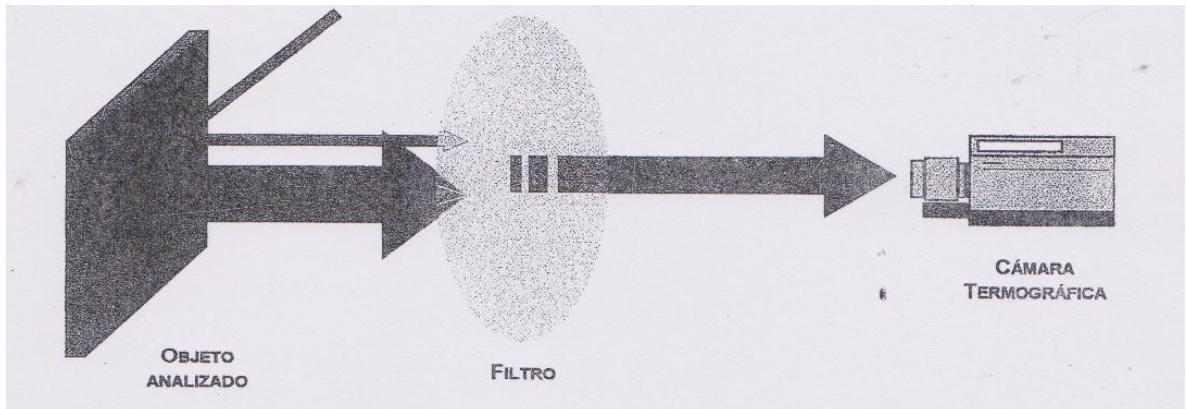
La radiación que nos ocupa fue establecida por Max Planck según unas leyes asociadas a la distribución de energía de emisión de las diferentes temperaturas de un cuerpo negro. Dichas leyes de radiación indican que las diferentes temperaturas adquiridas por un cuerpo caliente van a traducirse en energía radiada en diferentes longitudes de onda.

El sistema de mantenimiento predictivo basado en termografía se fundamenta en el principio de captar, mediante una cámara, la emisividad de la superficie del equipo, sistema, conexión o componente que estamos analizando según el simple esquema que se expone a continuación, dichas cámaras son especiales. Según sean de onda corta (ventanas de 3 a 5 μm) o de onda larga (ventanas de 8 a 13 μm) y según sea su resolución y precisión; desde las cámaras portátiles para temperaturas próximas al ambiente, hasta sistemas de imagen infrarroja de alta resolución con sistemas piroeléctricos o sistemas enfriados criogénicamente. En la actualidad hay equipos que pueden captar temperaturas de -50 a 2.000 $^{\circ}\text{C}$ con una resolución de temperatura de $0,1$ $^{\circ}\text{C}$, una resolución espacial de 100 μm y una distancia de enfoque de 15 cm a cientos de kilómetros.

Estas medidas por infrarrojos tienen muchas ventajas, pues posibilitan además obtener la temperatura de objetos móviles y con difícil acceso. Al ser una técnica sin contacto, no interfiere en el funcionamiento y comportamiento propio del elemento que estamos analizando y, además, tiene la ventaja de poder captar grandes superficies en un tiempo rápido de respuesta y con una elevada precisión y repetitividad, por lo que es fácil realizar un archivo histórico evolutivo de estas medidas¹⁹.

¹⁹ Mantenimiento Predictivo basado en la temperatura. Termografía (González Fernández, 2005)

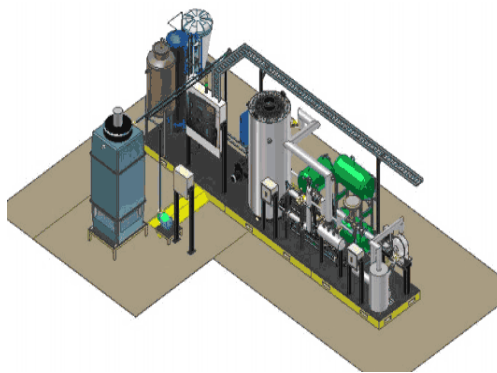
Figura 4. Esquema básico de captación termográfica.



Fuente. (González Fernández, 2005)

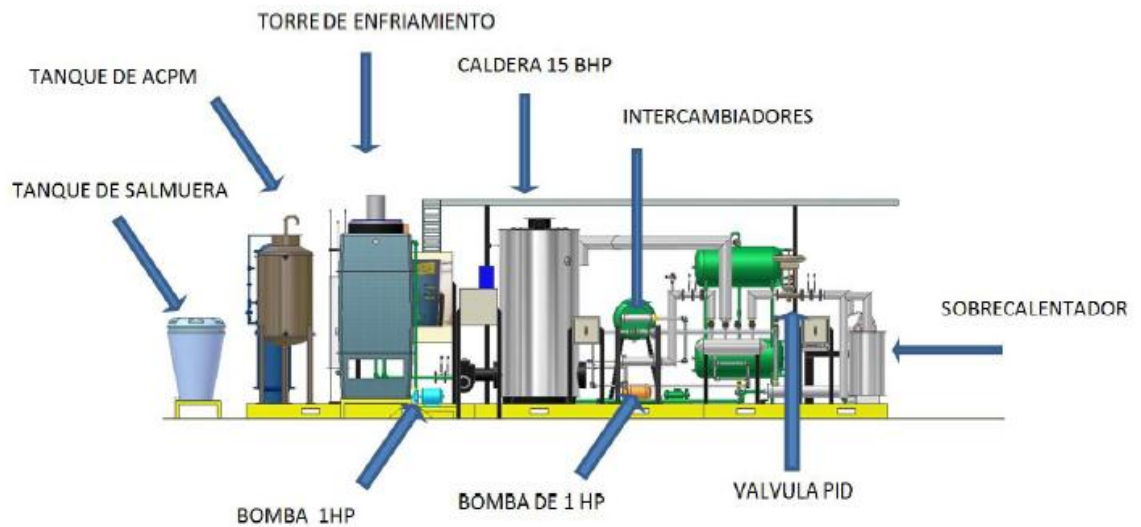
5.1.3 Planta térmica Didáctica Universidad ECCI. Es una Planta térmica de generación eléctrica para propósitos educativos, Es un equipo que representa de manera funcional, una planta Termoeléctrica de generación de energía y un sistema de aplicación de vapor de proceso. El equipo cuenta con sistemas de seguridad y control de variables para permitir realizar diferentes lecturas de las mismas durante la ejecución de prácticas de laboratorio.

Figura 5. Vista isométrica planta térmica.



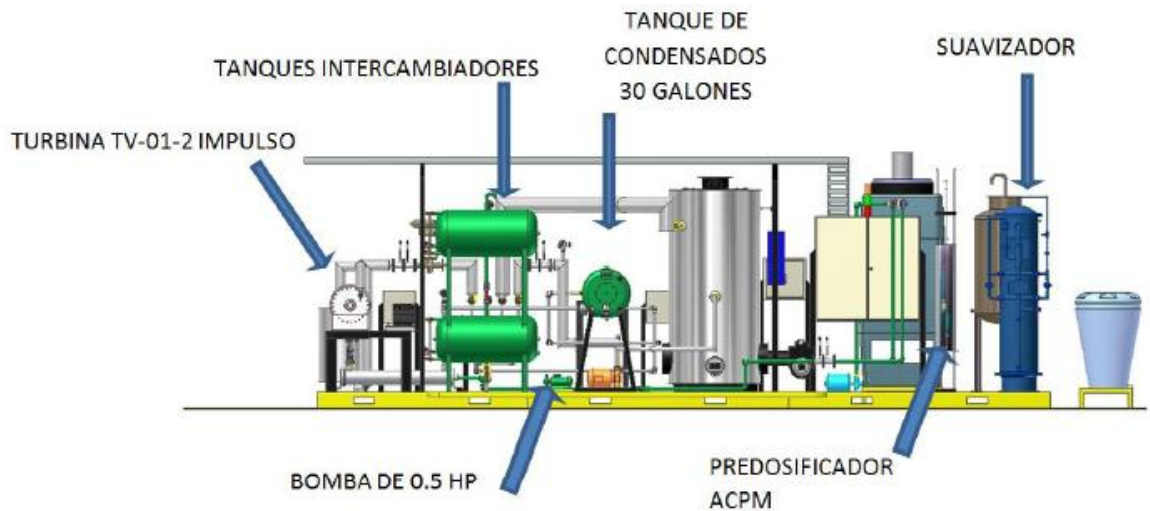
Fuente. (INGENIUM)

Figura 6. Vista frontal planta térmica



Fuente. (INGENIUM)

Figura 7. Vista posterior planta térmica



Fuente. (INGENIUM)

La planta cuenta con diversos equipos térmicos, mecánicos, eléctricos y electrónicos que permiten la realización de prácticas.

5.1.3.1 Caldera. Es un recipiente a presión diseñado para generar vapor de agua, absorbiendo el calor liberado en la combustión de un combustible o también de gases calientes provenientes de un proceso externo o de elementos eléctricos.

Una caldera está compuesta por las siguientes partes:

- Partes de presión, incluyendo superficies de calentamiento.
- Conexiones para entradas y salidas tanto de agua como vapor.
- Hogar.
- Conexiones para el manejo de aire y gases.
- Aislamiento y refractarios.
- Soportes estructurales.
- Estructura de soporte para el equipo de combustión y auxiliares.
- Tapas para inspección y acceso.
- Válvulas y accesorios.
- Sistemas de control.²⁰

5.1.3.1.1 Caldera de vapor saturado didáctica. De 15 BHP, de combustible diésel. Con sus elementos de control y de seguridad, tanque de condensados y bomba. Marca Teknik, 15BHP. Presión de diseño 150 Psi, presión de operación 125Psi, Combustible ACPM, tipo piro tubular vertical de un paso, cámara de combustión refrigerada por agua, aislamiento exterior en acero inoxidable.

Tanque de alimentación de agua y retorno de condensados con Capacidad 30 Gal, Cuenta con conjunto motobomba IHM con presión de 200 Psi. El tanque cuenta con mirilla de inspección de nivel y medidor de temperatura, filtro, válvula cheque y accesorios de instalación.

²⁰ Caldera, Definición tomada de (Castro Mora, 2002)

Figura 8. Caldera de vapor.



Fuente. (INGENIUM)

5.1.3.2 Suavizador de agua de intercambio iónico. Tanque para salmuera de retro lavado, tipo industrial, diámetro 14 pulg, altura cuerpo recto de la columna 60 pulg, diámetro de tuberías principales $\frac{3}{4}$ in, presión de diseño 75 Psi, presión de Prueba 112,5 Psi, Presión de Operación 50 Psi, Flujo de servicio 11 Gal/mín., en retrolavado 6 Gal/mín., dureza de entrada 100 PPM (5,83 granos por galón), cantidad de resina 2,5 pies cúbicos, capacidad en granos por pie cúbico 2400, galones de agua suavizada por pie cúbico de resina 4.122, 75 Kg, peso en operación 370Kg.²¹

5.1.3.3 Tanque de combustible. Volumen 100L Alimenta el tanque de pre-dosificado²² y de allí al quemador de la caldera. Tanque de ACPM. Fabricado en lámina de acero, capacidad de 340 L, mirilla en vidrio para Verificación de nivel,

²¹ Especificaciones tomadas de (INGENIUM)

²² Tanque de pre-dosificación permite visualizar el consumo de la caldera continuamente. Con capacidad de 28 L. (INGENIUM)

válvula de drenaje en la parte inferior para remoción de agua en el ACPM, Venteo en tubería de 1 ½ pulg.²³

5.1.3.4 Distribuidor de vapor. Diámetro de 3 in. Una entrada de 1 in y tres salidas de ¾ in, más una salida para condensados en diámetro de ½ in, con sus equipos de trapeo, válvulas esféricas, globo, filtro, trampa termodinámica y cheque. Aislamiento mediante lana mineral y acabado del aislamiento en acero inoxidable. Este distribuidor habilita una entrada de vapor con su correspondiente sistema de trapeo de condensados y tres salidas, una dirigida para el sobre calentador y posteriormente turbina de vapor, una segunda conexión conecta con vapor de proceso y una tercera conexión es libre para aplicaciones existentes que puedan requerir el uso del vapor. En particular dentro del sistema de trapeo se cuenta con una trampa termodinámica de ½ in.²⁴

Figura 9. Distribuidor de vapor.



Fuente. (INGENIUM)

5.1.3.5 Sobre calentador eléctrico. Tipo espiral con resistencias eléctricas tipo cartucho de ½ in. de diámetro cada una de 1000W y 220 V, potencia total 6 KW diámetro de tubería de vapor 1 in. SCH 40 Voltaje del equipo 220V trifásico.²⁵

²³ Tanque de combustible tomado de (INGENIUM)

²⁴ Distribuidor de vapor tomado de (INGENIUM)

²⁵ Sobre calentador tomado de (INGENIUM)

Figura 10. Sobre calentador.



Fuente. (INGENIUM)

5.1.3.6 Turbina de vapor. De dos etapas, impulso tipo etapas de velocidad Curtis capacidad de generación 2 KW a 6000RPM, Entrada de Vapor parcial. Presión de operación máxima 10 bar (147 Psi), Vapor sobrecalentado, sistema de sellos tipo laberinto, rodamientos tipo sellados con características de juego interno C3 o C4.²⁶

5.1.3.7 Generador. De corriente eléctrica monofásica de 2 Kav. Marca Enermax Tipo GSa2-M1-2. V. 220/440 A 12,08/24,16 RPM 3600 60Hz.²⁷

Figura 11. Turbina y generador.



Fuente. (INGENIUM)

²⁶ Turbina de vapor tomado de (INGENIUM)

²⁷ Generador tomado de (INGENIUM)

5.2 ESTADO DEL ARTE

5.2.1 Estado de arte local Universidad ECCI. En el año 2011, en la Universidad ECCI, los ingenieros Jorge Enrique Moreno Prieto, José Johan Olivera Gonzales, Omar Alfonso Pinilla López, Juan Diego Vélez Vélez, con la monografía “Diseño y construcción de una caldera pirotubular generadora de vapor”, investigaron el análisis de los equipos prácticos existentes en el laboratorio de transferencia de calor de la Universidad ECCI, luego se propuso y analizó su apto desarrollo y fabricación del prototipo de la caldera pirotubular, para una mejora de automatización del prototipo.²⁸

En el año 2012, en GM Colmotores, los ingenieros Edwin Alejandro Buitrago, Alexander Rojas Mesa, Weimar Jefry Sánchez Moreno, con la monografía “seguimientos y oportunidades de mejorar el funcionamiento de un caldera de 350ft”, investigaron el mejoramiento de una caldera, combinando su tipo de combustible y optimizando la productividad de la empresa realizando la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo además la implementación de un By Pass con el fin de utilizar gas natural como combustible principal.²⁹

En el año 2012, en la Universidad ECCI, los ingenieros Javier Alexander Gainie Rubiano, Luis Fernando Gonzales Gómez, con la monografía “Análisis de criticidad de los componentes da la caldera UNIAL en la malteria Tibito Bavaria”, investigaron el estudio de criticidad diferentes componentes que integran la caldera UNIAL, ya que al momento de realizar el mantenimiento deja llegar el equipo a la falla para proceder a realizar mantenimiento correctivo, no se define

²⁸ (Moreno Prieto, y otros, 2011)

²⁹ (Buitrago, y otros, 2012)

prioridad de mantenimiento además del estudio de criticidad se realiza un historial de equipos con suministros técnicos.³⁰

En el año 2012, en la Universidad ECCI, los ingenieros Jefferson Eduardo Alba Ávila, Alejandro Ardila Parada, con la monografía “Metodologías de gestión de activos”, investigaron como lograr aclarar los conceptos y definir específicamente lo que es la gestión de activos y los indicadores de gestión, sus herramientas, modos de uso y análisis de resultados.³¹

En el año 2012, en la Universidad ECCI, el ingeniero Leonardo herrera Albarracín, con la monografía “Propuesta para el manejo de la gestión de activos de IT para la empresa Coditeq S. A.”, investigó la importancia de un plan de mejora para la gestión de activos IT de manera que se viabilice una mejora rápida y efectiva en identificar la raíz de los problemas e iniciar las soluciones más adecuadas y económicas con un plan de mejoras de activos de IT.³²

5.2.2 Estado del arte Nacional. En el año 2001, en la Universidad Industrial de Santander, los ingenieros Jairo Peralta Pinto, Álvaro Estrada Espinosa, con la monografía “gestión de mantenimiento para equipos críticos de embotellado en Bavaria S.A.”, diseñaron es diseñar un modelo de gestión de Mantenimiento Predictivo o Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para los equipos críticos del sistema de embotellado de Bavaria S.A. de tal manera que se complemente el modelo actual de Mantenimiento de la empresa, se minimicen los costos por estos conceptos y se tenga un sistema más productivo y de talla mundial lo que redundará en importantes beneficios para la empresa, sus empleados y clientes.³³

³⁰ (Gainie Rubiano, y otros, 2012)

³¹ (Alba Ávila, y otros, 2012)

³² (Albarracín Herrera, 2012)

³³ (Peralta Pinto, y otros, 2001)

En el año 2002, en la Universidad Industrial de Santander, los ingenieros Gustavo Adolfo Zúñiga Bernal, José Joaquín Hernández Viloría, con la monografía “Desarrollo de un modelo de organización administrativa del departamento de mantenimiento de plantas de la refinería de Cartagena que permita atender apropiadamente los eventos menores de mantenimiento”, investigaron una opción sencilla de optimización de los recursos tanto humano como material de la Refinería que redundará en los indicadores de costos de mantenimiento que son la base del Benchmarking del año 2000 establecido con la firma Solomon Inc.³⁴

En el año 2000, en la Universidad Industrial de Santander, Los ingenieros Eduardo Luis Salemi Castro, Sergio David Zelner Leones, con la monografía “Reingeniería Del Programa De Mantenimiento De La Empresa Abocol S.A.”, investigaron los lineamientos que posibiliten en un futuro la implementación de un programa de reingeniería en la empresa Abonos Colombianos S.A. ABOCOL S.A. y principalmente dejar las bases para el rediseño de los procesos aplicados a los programas de mantenimiento de la empresa desde la perspectiva de la reingeniería, para lograr posicionar a la empresa dentro de la dinámica actual. Contribuyendo especialmente en la gestión de mantenimiento para obtener una reducción en los costos, garantizando siempre la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.³⁵

En el año 2002, en la Universidad Industrial de Santander, Los ingenieros Pedro Ignacio De La Cruz De Lavallo Lowey, Rafael Antonio Del Risco Navas, Emerson Murillo Padilla, con la monografía “Metodología para decidir la implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM)”, investigaron los factores productivos y gestión gerencial en el mantenimiento en su primera parte, en la segunda parte recoge algunas teorías, estrategias y enfoques para enfrentar la Gerencia de Mantenimiento del siglo XXI en la búsqueda del mejoramiento

³⁴ (Zúñiga Bernal, y otros, 2002)

³⁵ (Salemi Castro, y otros, 2000)

continuo para lograr ser una empresa de clase mundial, en su tercera parte presenta las seis grandes causas de pérdidas que limitan la eficacia del equipo, en su cuarta parte presenta la metodología para decir la implementación de un programa de mantenimiento productivo total (TPM).³⁶

En el año 2001, en la Universidad Industrial de Santander, el ingeniero Alejandro Villegas González, con la monografía “análisis del manejo de los recursos empleados en la ejecución del plan de mantenimiento en TransGas de occidente y formulación de estrategias para optimizarlo”, realizó un análisis detallado de la manera como la TransGas de Occidente (TDO) planea, ejecuta y controla los recursos involucrados en el Plan de Mantenimiento, con el fin de optimizar la utilización de los mismos. TDO es la compañía encargada de construir, operar, mantener y transferir el gasoducto Mariquita – Cali.³⁷

5.2.3 Estado del arte Internacional. En el año 2010, en la Habana Cuba, el ingeniero Ángel P. Sánchez – Rodríguez, con la monografía “La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento”, investigó La actividad del mantenimiento, desde la revolución industrial y más recientemente en la época de crecimiento de los servicios ha evolucionado mucho en la actividad empresarial, pero en los estudios realizados se evidencia que aún no ocupa el lugar que le corresponde en los procesos de las entidades de producción y servicios, y tampoco integra a todos los activos físicos. En este trabajo se enfoca la integración de los activos físicos considerando todo lo que contribuye al resultado del negocio, desde el inmueble, los sistemas tecnológicos de apoyo y los sistemas especializados directamente vinculados con el objeto del negocio. La participación de todos los procesos a través de una estrategia maestra de la gestión de los activos interconectando todos los procesos con un comportamiento organizacional eficaz y una gestión de la función de mantenimiento por procesos vitales y bajo la

³⁶ (De la Cruz De Lavalle Lowey, y otros, 2002)

³⁷ (Villegas González, 2001)

regulación de paradigmas de avanzada, buscando una competitividad y sostenibilidad como se requiere en la actualidad. Las propuestas del trabajo plantean estas concepciones como una re-conceptualización de la forma de actuación y un mayor protagonismo de la ingeniería de mantenimiento vinculándose al entorno y al mercado.³⁸

En el año 2010, en la Escuela Superior Politécnica Del Litoral Guayaquil – Ecuador, la ingeniera Johanna Elizabeth Allauca Fernández, con la monografía “Diseño de un sistema de gestión de activos físicos y control operacional en una estación de servicios”, realizó una investigación referente a la visión y la estrategia de negocios dictan el camino hacia el cual deben encaminarse los esfuerzos individuales y colectivos de una empresa, además tenemos la parte financiera que busca rendimientos. El reto es identificar exactamente lo que debe monitorearse para difundirlo a todos los niveles de la organización, con la finalidad de alcanzar las metas mediante acciones muy puntuales a través del TPM. El Mantenimiento Productivo Total TPM es la principal herramienta metodológica que traduce problemas en un conjunto de medidas de acción, las cuales proporcionan la estructura necesaria para un sistema de gestión y medición. Nuestro trabajo consiste en la implementación de TPM en una estación de servicios, un sistema de gestión que ayudará a la empresa a monitorear sus procesos a través de un software, en el cual se verificarán el desempeño a través de indicadores y tablas.³⁹

En el año 1989, en la Escuela Superior Politécnica Del Litoral Guayaquil – Ecuador, el ingeniero Nelson Rodríguez León, con la monografía “mantenimiento de equipos electro médicos de monitoreo de signos vitales”, describe el estado de los centros hospitalarios del ecuador respecto al mantenimiento fallas y necesidades técnicas. Informa sobre los equipos electrónicos y monitores de signo vitales. Detalla los procedimientos a seguir para fácil y sencillo desarrollo de

³⁸ (Sánchez Rodríguez, 2010)

³⁹ (Allacua Fernández, 2010)

métodos de mantenimiento de aparatos e instrumentos tanto correctivos como preventivos esboza experiencias en el campo de la biomédica médica.⁴⁰

En el año 2015, en la Escuela Superior Politécnica Del Litoral Guayaquil – Ecuador, los ingenieros Juan Gerardo Zumba Vásquez, Edwin Ulpiano Tamayo Acosta, con la monografía “Mantenimiento preventivo y correctivo general de un aveo emotion DOHC 1.6”, describen The preparation of this document is to demonstrate the importance and benefits of performing preventive maintenance on the vehicle mileage according to their work, trying to reduce or avoid possible the application of corrective maintenance because this has considerable disadvantages in terms of price and time. It may be noted that to carry out the development and implementation of the project described was proceeded to the respective overall assessment of the vehicle in the mechanical and electrical as well as the indications and procedures for the respective unarmed, erection, assembly, disassembly and adjustment described by the shop manual for different jobs in vehicle systems. Also is trying to raise awareness to the owner of the vehicle in selecting appropriate fluids and lubricants specified by the dealer’s manual as well as the importance of automotive maintenance in order to preserve and extend the lifespan of it, but mostly consider the importance of having a vehicle in good condition for his personal safety of your passengers and other people in the environment surrounding it.⁴¹

En el año 2009, en la Escuela Superior Politécnica Del Litoral Guayaquil – Ecuador, el ingeniero Luis Vargas Ayala, con la monografía “Mantenimiento industrial básico”, describe Identificación de los herrajes mecánicos más comunes que se emplean para armar herramientas, máquinas y otros mecanismos.

⁴⁰ (Rodríguez León , 1989)

⁴¹ (Zumba Vásquez, y otros, 2015)

Identificar la herramienta apropiada para determinado trabajo. Determinar el uso correcto de una herramienta dada.⁴²

⁴² (Vargas Ayala, 2009)

6 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 3. Tipos de Investigación y sus características.

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
• Histórica	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
• Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
• Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
• Correlacional	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
• Explicativa	Da razones del porqué de los fenómenos.
• Estudios de caso	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
• Seccional	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
• Longitudinal	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
• Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

Fuente. (Universidad, 2012)

Por lo tanto esta monografía es de tipo descriptiva y estudio de caso.

7 DESARROLLO METODOLÓGICO

7.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La recolección de información para la presente monografía se fundamentó en los libros relacionados a la presente investigación, esto son de mantenimiento, gestión de activos y plantas térmicas.

También se dio uso de monografías de tres distintas fuentes las cuales fueron nacionales internacionales y las presentes en la Universidad ECCI relacionadas con los temas anteriormente mencionados.

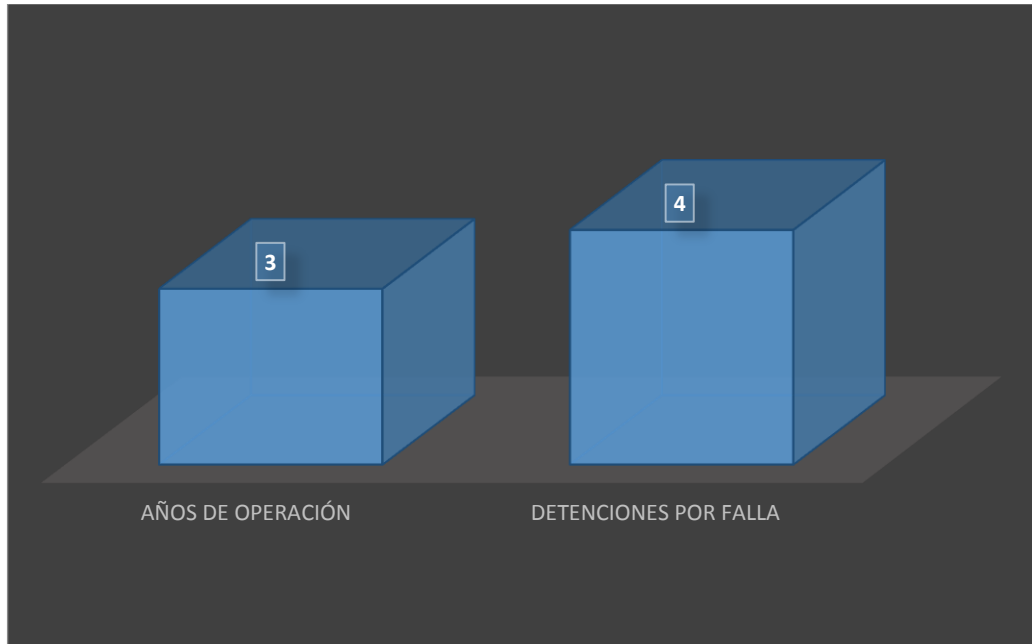
Las fuentes virtuales también fueron un gran apoyo para la profundización del tema y principalmente para la obtención de diferentes estudios realizados sobre el mismo tema, esto nos dio una visión más clara de que queremos desarrollar en esta monografía.

Las normas técnicas también fueron una importante fuente de investigación y guía para el desarrollo de este proyecto, en la parte de gestión de activos con la norma PASS 55:2008 y en la norma NTC 1486.

Por último, se consultaron documentos y revistas relacionadas con el tema de investigación los cuales nos dieron una idea para realizar el plan de mantenimiento además de el catalogo del fabricante (INGENIUM). Ésta fué una buena fuente de información sobre los componentes relacionados sobre la planta térmica didáctica.

7.2 ANÁLISIS DE DATOS

Figura 12. Número de fallas por años de operación.



La planta térmica desde su año de fabricación presenta tres años de operación durante los cuales se han presentado cuatro fallas de operación, fallos que demuestran la falta de un mantenimiento planeado, lo cual evitaría pérdidas prácticas académicas en la línea de térmicas por la NO disponibilidad del equipo.

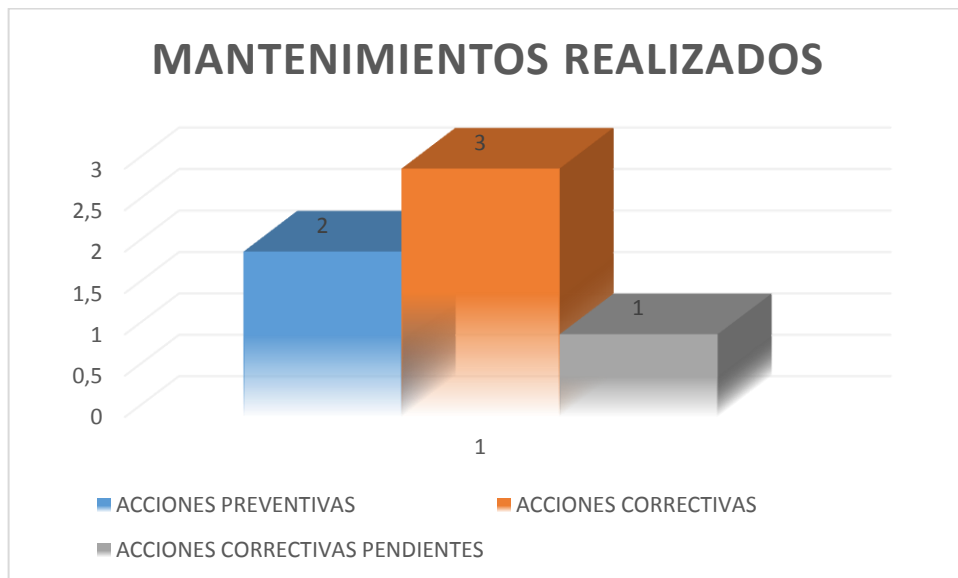
También podemos identificar que la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI presenta alrededor de un fallo por año de funcionamiento lo cual es mucho a sabiendas de que su operatividad está atada al cronograma académico y designación de prácticas académicas.

Figura 13. Porcentaje de operación



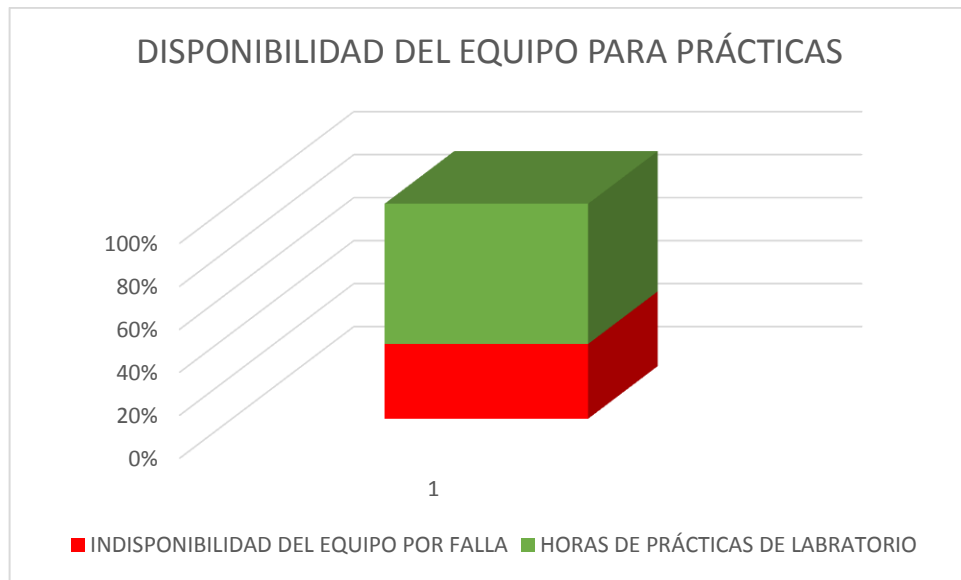
El porcentaje de operación no supera el veinte por ciento de las horas totales de clase dadas en un año. Y nos lleva a prevenir estas fallas, mejorando la carga de operación para un aumento en la calidad en las prácticas realizadas en este laboratorio.

Figura 14. Mantenimientos aplicados a la planta térmica didáctica.



Son contados los mantenimientos realizados a la planta térmica y la mayoría de ellos se realizan cuando el activo va a falla, éste incurre en detenciones inesperadas además de incremento en los costos de mantenimiento.

Figura 15. Disponibilidad el equipo para prácticas de laboratorio.



La planta térmica de la Universidad ECCI ha presentado una indisponibilidad de casi 20% desde su fabricación, teniendo en cuenta que el equipo trabaja unas 240 horas anuales sus detenciones por falla son altas.

Figura 16. Horas de práctica perdidas por falla de la planta térmica didáctica.



La planta térmica presenta una indisponibilidad en el último año de 240 horas, indicando que es todo un año sin prácticas de laboratorio en la línea de térmicas. La razón principal del por qué el activo se encuentra detenido, está dada por su PLC, quien sufrió una pérdida total de su funcionamiento por una sobre carga.

7.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

7.3.1 Sistemas críticos planta térmica Universidad ECCI. A continuación se realizará un análisis de criticidad en la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI.

Los sistemas que integran la planta térmica son los siguientes:

- 1-Sistema eléctrico de alimentación.
- 2-Sistema de alimentación.
- 3-Sistema de refrigeración.
- 4-Sistemas de distribución.
- 5-Sistema generación de energía.

- 6-Sistema de calentamiento.
- 7-Sistema de calentamiento caldera.
- 8-Sistema de instrumentación, control.
- 9-Sistema de extracción de gases.
- 10-Sistema de calentamiento, intercambiadores.

Tabla 4. Porcentajes de costo de reparación.

FACTOR		Pesos
Costos de reparación	Baja	0.2
	Media	0.5
	Alta	1

Tabla 5. Severidad de los sistemas de la planta térmica.

SISTEMAS PLANTA TÉRMICA	COSTO DE REPARACIÓN (COP)			PERDIDAS DE PRODUCCIÓN
	Baja	Media	Alta	Horas de prácticas
Sistema eléctrico de alimentación		I		8hrs
Sistema de alimentación		I		130min/día
Sistema de refrigeración	I			40hrs
Sistemas de distribución		I		40hrs
Sistema generación de energía		I		40/hrs
Sistema de calentamiento		I		8hrs
Sistema de instrumentación de control			I	880hrs
Sistema de extracción de gases	I			8hrs
Sistema de calentamiento caldera		I		8hrs
Sistema de calentamiento, intercambiadores		I		8hrs

Tabla 6. Criticidad de los sistemas de la planta térmica didáctica.

	Severidad de los sistemas	Severidad	Frecuencia	Criticidad	Criticidad
8	Sistema de instrumentación de control	25	1	25	Alta
1	Sistema eléctrico de alimentación	10	0	15	Media
2	Sistema de alimentación	11	1	14	Media
4	Sistemas de distribución	10	0	13	Media
5	Sistema generación de energía	11	1	13	Media
6	Sistema de calentamiento	12	1	12	Media
7	Sistema de calentamiento caldera	10	0	11	Media
10	Sistema de calentamiento, intercambiadores	11	0	11	Media
9	Sistema de extracción de gases	3	0	4	Baja
3	sistema de refrigeración	5	0	3	Baja

Tabla 7. Matriz de criticidad de la planta térmica didáctica.

FRECUENCIA	ALTA					
	MEDIA					
BAJA						
		3-9	10-7-6-5-4-2-1			8
		1 3 5	6 8 10	11 13 15	16 18 20	21 23 25
		SEVERIDAD				

7.3.2 Actividades de mantenimiento planta térmica Universidad ECCI. La implementación del plan de mantenimiento de la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI, plantea para este proyecto un mantenimiento tipo preventivo y correctivo, en periodos de tiempo determinados en forma semanal, mensual y semestral, para los sistemas generales que componen esta caldera. A continuación se hará una descripción detallada de cómo se deben hacer estos protocolos de mantenimiento. Según explicación relacionada, las inspecciones de mantenimiento las hará el operario de la Universidad ECCI, en este caso será el tutor encargado del manejo de la planta térmica.

7.3.2.1 Sistema eléctrico. Este sirve para la activación de los tableros de control, sistema eléctrico de seguridad (Paro de emergencia, enclavamientos On/off contactares) y activación de bombas de fluido y sobre-calentadores.

7.3.2.1.1 Mantenimiento semanal.

- Inspección visual de los elementos eléctricos y electrónicos que conforman la caldera como son: tablero de controles interruptores, guarda motores.
- Inspección de líneas de alimentación eléctrica y electrónica de los componentes.
- Verificación de funcionamiento de los componentes, interruptores de encendido e indicadores en general.

7.3.2.1.2 Mantenimiento mensual.

- Verificación de instalación de los componentes eléctricos.
- Limpieza de tableros de mando y tablero de control.

7.3.2.1.3 Mantenimiento semestral.

- Inspección termografía de los componentes tales como: guarda motores, contactares, puntos de contacto eléctrico de las bombas.
- Verificación de cada uno de las conexiones de componentes eléctricos y electrónicos.
- Inspección de funcionamiento de los sistemas eléctricos de seguridad como altavoces de alarma y luces indicadoras de emergencia.
- Hacer revisión de los manuales del fabricante en la instrumentación eléctrica y electrónica revisando su vida útil para hacer los respectivos mantenimientos preventivos, cambiando las partes de forma predictiva antes que los elementos de conducción fallen.

7.3.2.1.4 Requerimientos. Este proceso lo realiza el laboratorista encargado de realizar la inspección de los componentes, los materiales que se emplean para la limpieza de los componentes electrónicos pueden ser: estopa o bayetilla para retirar el polvo que se encuentre acumulado.

7.3.2.2 Sistema electrónico. Está compuesto por el sistema PLC (Controlador lógico programable) el cual es programado previamente para la transmisión de datos en diferentes puntos de la planta térmica.

7.3.2.2.1 Mantenimiento Semanal.

- Verificación de los puntos de información de presión y temperatura en los tableros de control, que sean acordes con los históricos de otras operaciones realizadas.
- Inspección visual de los componentes.

7.3.2.2.2 Mantenimiento mensual.

- Recopilar valores semanales de datos de presión y temperatura del PLC en diferentes rangos y operación.

7.3.2.2.3 Mantenimiento semestral.

- Outsourcing para realizar la actualización del PLC.

7.3.2.2.4 Requerimientos. Este proceso es realizado por el laboratorista que es persona calificada para realizar la manipulación del equipo, en caso de outsourcing es recomendable hacer la contratación con el personal que hizo la fabricación de la planta, material a utilizar bayetilla para retirar el polvo acumulado.

7.3.2.3 Sistema de instrumentación y control. Son todos los implementos que indican los rangos de funcionamiento en determinado punto de la planta térmica como son los manómetros, termómetros, transductores de presión, indicadores de nivel de fluido, rotámetro, controlador tipo PID.

7.3.2.3.1 Mantenimiento semanal.

- Realizar inspección de funcionamiento de cada uno de los componentes.
- Inspección visual de funcionamiento de indicadores.
- Limpieza de los componentes.

7.3.2.3.2 Mantenimiento mensual.

- Verificación de datos arrojados por los indicadores.
- Inspección funcionamiento de cada uno de los componentes.

7.3.2.3.3 Mantenimiento semestral.

- Verificación de cada uno de los elementos inspeccionando, funcionamiento y estado que se encuentran.
- Contratación de un tercero que realice la calibración de la instrumentación instalada en la planta térmica, para no tener fallos en las mediciones obtenidas.

7.3.2.3.4 Requerimientos. Estas verificaciones la realiza el laboratorista, que se encargada de la limpieza e inspección de los instrumentos, en caso de realizar la calibración de los equipos por parte de terceros se verifica que el personal este calificado para realizar dicha ejecución.

7.3.2.4 Sistema de alimentación de combustible: Este sirve para la llegada de combustible al quemador (combustible tipo Diesel), permitiendo el calentamiento de la caldera para la posterior generación de vapor.

7.3.2.4.1 Mantenimiento semanal.

- Inspección visual de los indicadores de abastecimientos de combustible (acpm).
- Inspección de las líneas de suministro del tanque de acpm al quemador.
- Limpieza de tanques de abastecimiento.

7.3.2.4.2 Mantenimiento mensual.

- Verificación de tanques de almacenamiento que no presenten fugas.
- Inspección de registros su funcionamiento cierre y apertura de paso de combustible.
- Limpieza de tuberías de suministro de combustible (acpm).

7.3.2.4.3 Mantenimiento semestral.

- Cambio de filtro del quemador.
- Drenado total de tanque de acpm.
- Lavado de interno de tanque de almacenamiento.

7.3.2.4.4 Requerimientos. Esta actividad es realizada por el laboratorista, quién es el encargado de realizar el procedimiento empleando los siguientes materiales: un detergente no agresivo, sonda, estopa, bayetilla e instalando el cambio de repuestos (filtro).

7.3.2.5 Sistema de alimentación de agua. Éste suministra agua a la caldera para para que sea convertida en vapor como fluido de trabajo y generador de movimiento en la turbina.

7.3.2.5.1 Mantenimiento semanal.

- Inspección visual del nivel de llenado del tanque de agua.
- Verificación funcionamiento del motor que suministra el agua para caldera.
- Limpieza de carcasa del tanque.

7.3.2.5.2 Mantenimiento mensual.

- Verificación de funcionamiento del instrumento indicador del nivel de llenado del tanque.
- Verificación de fugas del tanque.
- Inspección de registros de apertura cierre y drenado del tanque.
- Cambio del agua del tanque de agua y suministro de tratamiento para agua caldera p-111^a.

7.3.2.5.3 Mantenimiento semestral.

- Lavado del tanque de agua.
- Limpieza de tubería de suministro del agua.
- Verificación de estado de las mangueras del tanque así la bomba.

7.3.2.5.4 Requerimientos. Esta actividad es realizada por el laboratorista, quién es el cargado de realizar el mantenimiento para el lavado del tanque, se utiliza un detergente no agresivo, se suministra el tratamiento de agua para caldera y se inspecciona que no se presenten fugas.

7.3.2.6 Sistemas de distribución. Está conformado por un distribuidor que entrega el vapor generado, para los intercambiadores y/o a su vez a la turbina según distribución generada.

7.3.2.6.1 Mantenimiento semana.

- Verificación de carcasa aisladora de calor.
- Inspección de uniones y salidas del distribuidor.
- Limpieza en general distribuidor.

7.3.2.6.2 Mantenimiento mensual.

- Verificación de cierre y apertura de registros.
- Verificación de funcionamiento trampa de condensado.
- Inspección de cheque.
- Verificación visual del distribuidor que no presente fugas de vapor.

7.3.2.6.3 Mantenimiento semestral.

- Calibración de trampa de condensados.
- Inspección en general de todos los componentes.
- Revisión de carcasa aisladora del calor.

7.3.2.6.4 Requerimientos. Este mantenimiento es realizado por el laboratorista que es el encargado de realizar dichas actividad para la limpieza de distribuidor se emplea una bayetilla.

7.3.2.7 Sistema generación de energía. Por medio de una mini turbina tipo Pelton que aprovecha el vapor sobrecalentado generado por la planta térmica, esta se mueve centrífugamente acompañada solidariamente por medio de una correa con generador de electricidad monofásica de 2,9 kva que genera electricidad para el encendido de 10 bombillos de 100 W.

7.3.2.7.1 Mantenimiento semanal.

- Verificación de funcionamiento del generador.
- Verificación de funcionamiento de la turbina.
- Revisión del guarda motor del generador.

7.3.2.7.2 Mantenimiento mensual.

- Inspección de ruidos y desbalanceo.
- Verificación de fugas.
- Inspección de instalación adecuada de correa de generador y turbina.
- Inspección del tablero de bombillas.

7.3.2.7.3 Mantenimiento semestral.

- Calibración de la turbina.
- Cambio de correa del generador con la turbina.
- Inspección estado de las aspas de la turbina.
- Cambio de sellos de la turbina.
- Inspección de fugas.
- Inspección general del generador.

7.3.2.7.4 Requerimientos. El laboratorista es el encargado de realizar alguna de estas actividades, ya que para la calibración, inspección de la turbina y el generador, se hará por intermedios de terceros, con personal calificado para realizar dichas actividades de mantenimiento de los equipos de la caldera.

7.3.2.8 Sistema de calentamiento y recalentamiento. Es el quemador de combustible que por la llama generada y gracias al poder calorífico del combustible Diesel este calienta el agua de la caldera convirtiéndola en vapor saturado. El sistema de recalentamiento es aquel que cuando pasa el vapor saturado generado por la caldera, se convierte en vapor sobrecalentado.

7.3.2.8.1 Mantenimiento semanal.

- Verificación del sistema eléctrico.
- Inspección interruptor de encendido y apagado.
- Revisión aislamiento de carcasa.
- Limpieza cuerpo del sobrecalentado.

7.3.2.8.2 Mantenimiento mensual.

- Verificación aislamiento del equipo.

- Inspección funcionamiento del sobre-calentador.

7.3.2.8.3 Mantenimiento semestral.

- Cambio de resistencias.
- Verificación funcionamiento del sobre-calentador.
- Inspección de fugas.
- Revisión del cuerpo del sobre-calentador.

7.3.2.8.4 Requerimientos. Ésta es realizada por el laboratorista, quién es el encargado de que se realice las verificaciones propuestas, se recomienda la contratación de terceros para realizar cambio de resistencias ya que tiene que ser mano técnica calificada.

7.3.2.9 Sistema de refrigeración. Es aquel que por medio de la convección y convección forzada en la torre de enfriamiento, permite que los condensados generados después que el vapor sea utilizado sean mantenidos en las temperaturas estables de trabajo, ya que un recalentamiento puede generar daños en tubos de conducción e inestabilidades generales en la caldera.

7.3.2.9.1 Mantenimiento semanal.

- Inspección general de la torre de enfriamiento para detectar cualquier ruido o vibración inadecuada.
- Verificación del nivel de agua al momento de estar en funcionamiento.
- Limpieza en la parte exterior de la torre de enfriamiento.

7.3.2.9.2 Mantenimiento mensual.

- Cambio de agua de la torre de enfriamiento.

- Lavado de depósito donde reposa el agua de la torre de enfriamiento.
- Inspección de tuberías, que no presente fugas o pérdidas de agua.

7.3.2.9.3 Mantenimiento semestral.

- Realizar cambio de filtro de torre de enfriamiento.
- Inspección de pulverizadores e inspección de rellenos.
- Comprobar el estado de aislamiento de los motores de la torre de enfriamiento.
- Después de haber realizado el mantenimiento para la torre de enfriamiento se debe de realizar lubricación, en este caso engrasar los cojinetes de los ejes del ventilador y del motor.

7.3.2.9.4 Requerimientos. Para la realización de esta operación será asignado al laboratorista que es el encargado de realizar dicho mantenimiento utilizando los materiales tales como jabón y bayetilla para su respectivo aseo, para realizar su lubricación utilizar grasa y remplazo sus respectivos repuestos (filtro) y suministro de tratamiento para la torre de enfriamiento ref.: p-110).

7.3.2.10 Sistema de extracción de gases. Después que el combustible diésel en compañía de oxígeno es quemado en la caldera, se producen emisiones tales como CO₂, hollín, y SO₂ que deben ser evacuados a la atmósfera. Este sistema debe contar con filtrado para que las emisiones sean menos contaminantes.

7.3.2.10.1 Mantenimiento semanal.

- Inspección visual de la estructura del sistema de extracción de gases.
- Verificación funcionamiento manómetro de temperatura.

- Verificación de fugas.

7.3.2.10.2 Mantenimiento mensual.

- Limpieza carcasa del sistema de extracción de gases.
- Verificación de fugas.

7.3.2.10.3 Mantenimiento semestral.

- Descarbonización de sistema de extracción de gases.
- Limpieza de ducto de sistema de extracción de gases.
- Cambio de filtro de chimenea.

7.3.2.10.4 Requerimientos. Ésta labor la realizará el laboratorista encargado de que se cumpla, como material de trabajo se utilizará una grata y cambio de repuesto (filtro).

7.3.2.11 Sistema de calentamiento caldera. Es un dispositivo que en este caso es pirotubular a partir de su poder calorífico, se aprovecha su energía química del combustible se aprovecha su poder calorífico, convirtiendo en energía térmica en compañía de oxígeno para cambiar el estado del agua de líquido comprimido a vapor saturado.

7.3.2.11.1 Mantenimiento semanal.

- Inspección visual.
- Limpieza de carcasa.

7.3.2.11.2 Mantenimiento mensual.

- Inspección visual de funcionamiento manómetros de medición.
- Verificación de fugas.

- Inspección visual de ingreso agua y acpm.

7.3.2.11.3 Mantenimiento semestral.

- Calibración válvula MC Donnell y Miller
- Prueba hidrostática
- Limpieza de tubos interno de la caldera
- Inspección visual de cuerpo
- Verificación pruebas de fugas

7.3.2.11.4 Requerimientos. Se recomienda realizar este tipo de mantenimiento por terceros ya que requiere que la persona que lo realice sea calificada para hacer este tipo de mantenimiento.

7.3.2.12 Sistema de calentamiento, intercambiadores. Sirve para cambiar la temperatura determinando fluido, dejándolo a la temperatura deseada.

7.3.2.12.1 Mantenimiento semanal.

- Inspección visual de las uniones.
- Limpieza carcasa.

7.3.2.12.2 Mantenimiento mensual.

- Verificación cierre y apertura de registros.
- Limpieza carcasa.
- Verificación de fugas.

7.3.2.12.3 Mantenimiento semestral.

- Limpieza de tubería interna (en caso de tubo con coraza).
- Desmontaje de las celdas y limpieza por partes (en caso tipo placas).
- Inspección de fugas.

7.3.2.12.4 Requerimientos. Este tipo de actividades se pueden realizar por el laboratorista, en caso de desarme es aconsejable que sea realizado por terceros, también es recomendable que al momento de intervenir se realice cuando se haga una parada general de la planta.

7.3.3 Recursos económicos y humanos a la hora de ejecutar el mantenimiento en la planta térmica didáctica. A la hora de realizar el mantenimiento semanal, mensual y semestral a la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI se requiere no solo del talento humano también lleva a la necesidad del uso de ciertos implementos, además de otros mantenimientos ejecutados por Outsourcing.

El salario del laboratorista que es el encargado de realizar algunos mantenimientos de la planta térmica es de \$942.000.

Mantenimiento semestral realizado por empresa outsourcing tiene un costo de \$3'000.000 lo cual solo incluye la mano de obra únicamente.

En cambios de repuestos (insumos) y representación de la empresa tiene un costo de \$4'500.000.

7.3.3.1 Gastos de materiales no operacionales:

- Escoba: \$5.000

- Recogedor: \$3.0000
- Trapero: \$5.000
- Brocha: \$4.000
- 20 paquetes de Estopa: \$50.000
- Metro cuadrado de Bayetilla: \$25.000
- Limpiador electrónico de contactos: \$40.000
- Líquido limpiador de quemador: \$50.000
- Churrusco tipo grata: \$50.000
- Cámara termografía marca fluke: \$8´000.000 (este equipo es de la dirección de posgrados)
- Sonda para limpiar tuberías \$150.000
- Detergente: \$2.500
- Bombillo \$2.500

7.3.3.2 Gastos operacionales:

- Líquido tratamiento de torre de enfriamiento: \$68.000 garrafa de 5 galones
- Líquido tratamiento de agua para caldera: \$68.000 garrafa de 5 galones
- 5 galones de Acpm para la prendida y generación de vapor: \$39.000
- Agua: \$810.350
- Energía: \$180.000

7.3.3.3. Gastos actividades mantenimiento realizadas.

Para el 6 de octubre del año 2014 la cual se realizó las siguientes actividades que se encuentran relacionadas en la siguiente tabla, fue realizado por la empresa INGENIUM.

Tabla 8. Costos de mantenimiento realizados.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNI.	TOTAL
Turbina y Sobrecalentador: Desmontaje y Montaje Turbina	1	\$ 198,800	\$ 198,800
Rectificación de roscas	6	\$ 21,300	\$ 127,800
Desarmado, diagnóstico cambio repuesto y calibración de turbina	10	\$ 106,500	\$ 1,065,000
Mantenimiento sobrecalentador, Cambio resistencias, puesta a punto	1	\$ 426,000	\$ 426,000
Repuestos: Rodamientos Alta temperatura	2	\$ 39,476	\$ 78,952
Sellos mecánicos	2	\$ 249,920	\$ 499,840
Tornillería acero inoxidable soportes de rodamientos	6	\$ 2,840	\$ 17,040
Polea Sincrónica	1	\$ 184.600	\$ 184,000
Resistencias	3	\$ 369,200	\$1,107,600
Cable Alta Temperatura	2	\$ 17,040	\$ 34,080
Espagueti Alta Temperatura transporte	2	\$ 35,500	\$ 71,000

Este mantenimiento realizado a la planta térmica de la Universidad ECCI tuvo un valor total de \$ 3'810712.

Para el 17 de marzo del 2015 se realizó una inspección de la caldera la cual es realizada por la empresa INGENIUM.

7.3.3.4 Descripción

- Afloja herrumbre penetrante 16 onzas petromax valor: \$54.600
- Mano de obra desforramiento caldera inspección general. Valor: \$420.000
- Esta inspección realizada para la planta térmica de la ECCI tuvo un costo de \$474.600

Para el 26 de mayo se hace revisión PLC realizado por la empresa INGENIUM. La cual indica que se quemó la tarjeta electrónica principal.

Hay que sustituirlo por uno nuevo, el valor del nuevo PLC está entre un rango de valores de \$4'00.000 hasta \$8'000.000, esta solicitud se encuentra en estudio por el departamento de compras que es el encargado de realizar la compra del repuesto para que vuelva a funcionar la planta térmica ya que en la actualidad se encuentra fuera de servicio.

7.3.4 Cronograma de actividades de mantenimiento para la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI. La ejecución de las actividades de mantenimiento que se mencionan en el siguiente cronograma, se mencionan por sistemas que integran la planta térmica didáctica y su frecuencia. El cronograma está diseñado para iniciar sus actividades de mantenimiento en el mes de febrero, las actividades de mantenimiento que se realizan los siguientes cinco meses son solo las especificadas para el mantenimiento semanal y mensual, el cronograma de mantenimiento para el mes de julio es el mismo al mes propuesto a continuación.

Tabla 9. Cronograma de actividades.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO																										
SISTEMAS PLANTA TÉRMICA		feb-16																								
FRECUCIA DEL MANTENIMIENTO		1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26					
SISTEMA ELÉCTRICO																										
	SEMANTAL																									
	MENSUAL																									
	SEMESTRAL																									
SISTEMA ELECTRÓNICO																										
	SEMANTAL																									
	MENSUAL																									
	SEMESTRAL																									
SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL																										
	SEMANTAL																									
	MENSUAL																									
	SEMESTRAL																									
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE																										
	SEMANTAL																									
	MENSUAL																									
	SEMESTRAL																									
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA																										
	SEMANTAL																									
	MENSUAL																									
	SEMESTRAL																									
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN																										
	SEMANTAL																									
	MENSUAL																									
	SEMESTRAL																									
SISTEMA GENERACIÓN DE ENERGÍA																										
	SEMANTAL																									
	MENSUAL																									
	SEMESTRAL																									
SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y RECALENTAMIENTO																										
	SEMANTAL																									
	MENSUAL																									
	SEMESTRAL																									
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN																										
	SEMANTAL																									
	MENSUAL																									
	SEMESTRAL																									
SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES																										
	SEMANTAL																									
	MENSUAL																									
	SEMESTRAL																									

8 FUENTES DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

8.1 FUENTES PRIMARIAS

Todo lo relacionado directamente con la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI fue el manual técnico entregado por el fabricante del activo (INGENIUM) y la asesoría del jefe de talleres de la Universidad, también los mantenimientos correctivos realizados previamente al equipo.

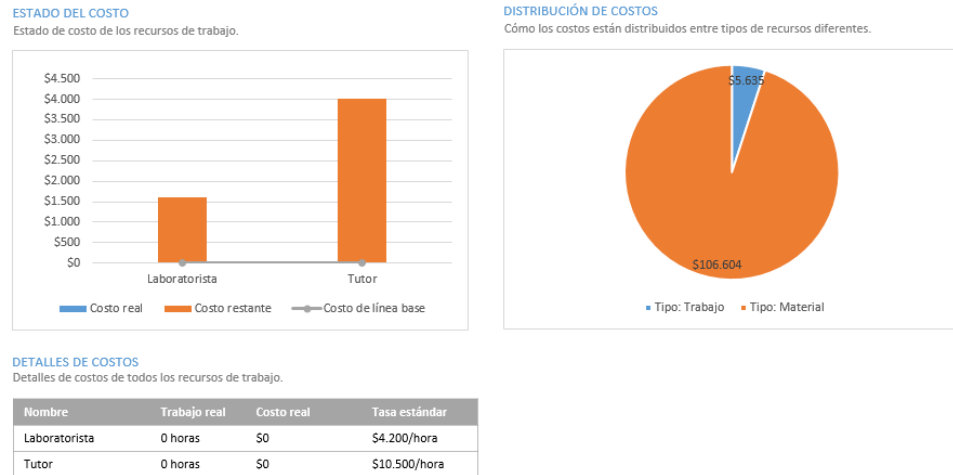
8.2 FUENTES SECUNDARIAS

Los manuales técnicos, libros, revistas, normas técnicas y la asesoría de distintos ingenieros, que con sus aportes con los temas involucrados para el desarrollo de este proyecto, nos facilitaron la información para complementar el tema de investigación y poder concluir el objetivo.

9 COSTOS

La siguiente figura muestra los costos de mano de obra para la puesta en marcha de planta térmica didáctica.

Figura 17. Costos puesta en marcha planta térmica didáctica.



También podemos observar en la gráfica anterior los costos de materiales necesarios para la puesta en marcha de la planta térmica didáctica en esta gráfica se incluye el costo del combustible necesario para el funcionamiento durante una práctica de laboratorio.

Tabla 10. Costos de mantenimiento sistema eléctrico, recursos y talento humano implementados.

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
MANTENIMIENTO SISTEMA ELÉCTRICO	0,48 días	Bayetilla[1];Cámara termográfica marca Fluke[1];Estopa [1];Limpiador electrónica de contactos[1];Jefe de talleres	\$8.141.173
Mantenimiento semanal	0,1 días		\$4.927

inspección visual de los elementos eléctricos y electrónicos que conforman	15 mins	Laboratorista	\$1.478
inspección visual de los elementos eléctricos y electrónicos que conforman	10 mins	Laboratorista	\$985
inspección de líneas de alimentación eléctrica y electrónica de los componentes	10 mins	Laboratorista	\$985
verificación de funcionamiento de los componentes, interruptores switch de encendido e indicadores en general	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Mantenimiento mensual	0,09 días		\$4.434
verificación de instalación de los componentes eléctricos	15 mins	Laboratorista	\$1.478
limpieza de tableros de mando y tablero de control caldera	30 mins	Laboratorista	\$2.956
Mantenimiento semestral	0,48 días		\$21.187
Inspección termografía de los componentes tales como: guarda motores, contactares, puntos de contacto eléctrico de las bombas.	2 horas	Laboratorista	\$11.825
Verificación de cada uno de las conexiones de componentes eléctricos y electrónicos.	20 mins	Laboratorista	\$1.971
Inspección de funcionamiento de los sistemas eléctricos de seguridad como altavoces de alarma y luces indicadoras de emergencia	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Hacer revisión de los manuales del fabricante en la instrumentación eléctrica y electrónica revisando su vida útil	1 hora	Laboratorista	\$5.913
FIN OPERACIONES DE MANTENIMIENTO	0 días		\$0

Tabla 11. Costos de mantenimiento sistema electrónicos, recursos y talento humano implementados

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
MANTENIMIENTO SISTEMA ELECTRONICO	3,06 días		\$508.869
Mantenimiento Semanal	0,09 días		\$4.434
Verificación de los puntos de información de presión y temperatura en los tableros de control	30 mins	Laboratorista	\$2.956
Inspección visual de los componentes	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Mantenimiento mensual	0,09 días		\$4.434
Recopilar valores semanales de datos de presión y temperatura del PLC en diferentes rangos e operación	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Mantenimiento semestral	3 días		\$500.000
realizar la actualización del PLC	24 horas	Outsourcing[1]	\$500.000
Fin	0 días		\$0

Tabla 12. Costos de mantenimiento sistema de instrumentación y control, recursos y talento humano implementados.

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
MANTENIMIENTO SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	6,39 días	Bayetilla[1];Estopa[1];Limpiador de contactos[1]	\$435.730
Mantenimiento Semanal	0,13 días		\$5.913
Realizar inspección de funcionamiento de cada uno de los componentes	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Inspección visual de funcionamiento de indicadores	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Limpieza de los componentes	30 mins	Laboratorista	\$2.956
Mantenimiento mensual	0,17 días		\$7.883
Verificación de datos arrojados por los indicadores	35 mins	Laboratorista	\$3.449
Inspección funcionamiento de cada uno de los componentes	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Mantenimiento semestral	6,09 días		\$354.434
Verificación de cada uno de los elementos inspeccionando funcionamiento y estado que se encuentran	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Calibración de la instrumentación instalada en la planta térmica, para no tener fallos en las mediciones obtenidas	48 horas	Outsourcing[1]	\$350.000

Fin	0 días	\$0
-----	--------	-----

Tabla 13. Costos de mantenimiento sistema de alimentación de combustible, recursos y talento humano implementados.

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
MANTENIMIENTO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	0,63 días	Bayetilla[1];Detergente[1];Estopa[1]	\$249.563
Mantenimiento semanal	0,16 días		\$7.391
Inspección visual de los indicadores de abastecimientos de combustible(acpm)	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Inspección de las líneas de suministro del tanque de acpm al quemador	25 mins	Laboratorista	\$2.464
Limpieza de tanques de abastecimiento	35 mins	Laboratorista	\$3.449
Mantenimiento Mensual	0,18 días		\$8.376
Verificación de tanques de almacenamiento que no presenten fugas	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Inspección de registros su funcionamiento cierre y apertura de paso de combustible	25 mins	Laboratorista	\$2.464
Limpieza de tuberías de suministro de combustible (acpm)	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Mantenimiento semestral	0,29 días		\$203.796

Cambio de filtro del quemador	45 mins	Laboratorista;Filtro de Combustible[1]	\$194.434
Drenado total de tanque de acpm	35 mins	Laboratorista	\$3.449
Lavado de interno de tanque de almacenamiento	1 hora	Laboratorista	\$5.913
Fin	0 horas		\$0

Tabla 14. Costos de mantenimiento sistema de alimentación de agua, recursos y talento humano implementados.

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
MANTENIMIENTO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA	0,52 días	Bayetilla[1];Estopa [1];Sonda[1]	\$270.135
Mantenimiento semanal	0,07 días		\$3.449
Inspección visual del nivel de llenado del tanque de agua	10 mins	Laboratorista	\$985
Verificación funcionamiento del motor que suministra el agua para caldera	10 mins	Laboratorista	\$985
Limpieza de carcasa del tanque	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Mantenimiento mensual	0,23 días		\$78.840
Verificación de funcionamiento del instrumento indicador del nivel de llenado del tanque	35 mins	Laboratorista	\$3.449
Verificación de fugas del tanque	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Inspección de registros de apertura cierre y drenado del tanque	15 mins	Laboratorista	\$1.478

Cambio del agua del tanque de agua y suministro de tratamiento para agua caldera p-111 ^a	45 mins	Laboratorista ;Tratamiento de agua[1]	\$72.434
Mantenimiento semestral	0,22 días		\$10.347
Lavado del tanque de agua	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Limpieza de tubería de suministro del agua	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Verificación de estado de las mangueras del tanque así la bomba	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Fin	0 días		\$0

Tabla 15. Costos de mantenimiento sistema de distribución, recursos y talento humano implementados.

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
MANTENIMIENTO SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	0,76 días	Bayetilla[1];Estopa[1]	\$201.643
Mantenimiento semanal	0,16 días		\$7.391
Verificación de carcasa aisladora de calor	20 mins	Laboratorista	\$1.971
Inspección de uniones y salidas del distribuidor	20 mins	Laboratorista	\$1.971
Limpieza en general distribuidor	35 mins	Laboratorista	\$3.449
Mantenimiento mensual	0,19 días		\$8.869
Verificación de cierre y apertura de registros	25 mins	Laboratorista	\$2.464
Verificación de funcionamiento trampa de condensado	25 mins	Laboratorista	\$2.464
Inspección de cheke	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Verificación visual del distribuidor que no presente fugas de vapor	25 mins	Laboratorista	\$2.464

Mantenimiento semestral	0,42 días		\$157.883
Calibración de trampa de condensados	2 horas	Outsourcing[1]	\$150.000
Inspección en general de todos los componentes	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Revisión de carcasa aisladora del calor	35 mins	Laboratorista	\$3.449
Fin	0 días		\$0

Tabla 16. Costos de mantenimiento sistema generación de energía, recursos y talento humano implementados.

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
MANTENIMIENTO SISTEMA GENERACIÓN DE ENERGÍA	1,17 días	Multímetro[1]	\$1.751.084
Mantenimiento semanal	0,22 días		\$10.347
Verificación de funcionamiento del generador	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Verificación de funcionamiento de la turbina	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Revisión del guarda motor del generador	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Mantenimiento Mensual	0,21 días		\$19.854

Inspección de ruidos y desbalanceo	25 mins	Laboratorista	\$2.464
Verificación de fugas	20 mins	Laboratorista	\$1.971
Inspección de instalación adecuada de correa de generador y turbina	20 mins	Laboratorista	\$1.971
Inspección del tablero de bombillas	35 mins	Laboratorista; Bombillo x 4[1]	\$13.449
mantenimiento semestral	0,74 días		\$1.570.883
Calibración dela turbina	2 horas	Outsourcing 1[1]	\$1.065.000
Cambio de correa del generador con la turbina	1 hora	Correa[1];Outsourcing 2[1]	\$99.000
Inspección estado de las aspas dela turbina	35 mins	Out sourcing 3[1]	\$150.000
Cambio de sellos de la turbia	1 hora	Cellos [1]	\$249.000
Inspección de fugas	35 mins	Laboratorista	\$3.449
Inspección general del generador	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Fin	0 días		\$0

Tabla 17. Costos de mantenimiento sistema de calentamiento y recalentamiento, recursos y talento humano implementados

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
MANTENIMIENTO SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y RECALENTAMIENTO	3,45 días	Multímetro[1]	\$1.342.587
Mantenimiento semanal	0,18 días		\$8.376
Verificación del sistema eléctrico	20 mins	Laboratorista	\$1.971
Inspección interruptor de encendido y apagado	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Revisión aislamiento de carcasa	20 mins	Laboratorista	\$1.971
Limpieza cuerpo del sobrecalentado	30 mins	Laboratorista	\$2.956
Mantenimiento Mensual	0,1 días		\$4.927
Verificación aislamiento del equipo	25 mins	Laboratorista	\$2.464
Inspección funcionamiento del sobrecalentador	25 mins	Laboratorista	\$2.464
Mantenimiento semestral	3,17 días		\$1.314.283
Cambio de resistencias	24 horas	Outsourcing[1];Resistencia x 3[1]	\$1.306.400
Verificación funcionamiento del sobrecalentador	35 mins	Laboratorista	\$3.449
Inspección de fugas	30 mins	Laboratorista	\$2.956
Revisión del cuerpo del sobrecalentador	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Fin	0 días		\$0

Tabla 18. Costos de mantenimiento sistema de refrigeración, recursos y talento humano implementados

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
MANTENIMIENTO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	0,94 días	Bayetilla[1];Detergente[1];Escoba[1];Estopa[1]	\$539.106
Mantenimiento semanal	0,17 días		\$7.883
Inspección general de la torre de enfriamiento para detectar cualquier ruido o vibración inadecuada	25 mins	Laboratorista	\$2.464
Verificación del nivel de agua al momento de estar en funcionamiento	20 mins	Laboratorista	\$1.971
Limpieza en la parte exterior de la torre de enfriamiento	35 mins	Laboratorista	\$3.449
Mantenimiento mensual	0,24 días		\$11.332
Cambio de agua de la torre de enfriamiento	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Lavado de depósito donde reposa el agua de la torre de enfriamiento.	45 mins	Laboratorista	\$4.434
Inspección de tuberías, que no presente fugas o pérdidas de agua	25 mins	Laboratorista	\$2.464
Mantenimiento semestral	0,53 días		\$482.391
Realizar cambio de filtro de torre de enfriamiento	3 horas	Outsourcing[1];Filtros[1]	\$450.000
Inspección de pulverizadores e inspección de rellenos	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Comprobar el estado de aislamiento de los motores de la torre de enfriamiento	25 mins	Laboratorista	\$2.464
realizar lubricación	35 mins	Grasa[1];Laboratorista	\$28.449
Fin	0 días		\$0

Tabla 19. Costos de mantenimiento sistema de extracción de gases, recursos y talento humano implementados

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
Mantenimiento SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	1,19 días	Bayetilla[1];Detergente[1];Escoba[1];Estopa [1]	\$228.669
Mantenimiento semanal	0,08 días		\$3.942
Inspección visual de la estructura del sistema de extracción de gases	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Verificación funcionamiento manómetro de temperatura	10 mins	Laboratorista	\$985
Verificación de fugas	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Mantenimiento mensual	0,1 días		\$4.927
Limpieza carcasa del sistema de extracción de gases	35 mins	Laboratorista	\$3.449
Verificación de fugas	15 mins	Laboratorista	\$1.478
Mantenimiento semestral	1 día		\$182.300
Descarbonización de sistema de extracción de gases	4 horas	Laboratorista	\$23.650
Limpieza de ducto de sistema de extracción de gases	2 horas	Churrusco tipo grata[1];Laboratorista	\$61.825

Cambio de filtro de chimenea	2 horas	Filtro[1];Laboratorista	\$96.825
Fin	0 días		\$0

Tabla 20. Costos totales de mantenimiento planta térmica didáctica Universidad ECCI.

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO	
SISTEMAS PLANTA TÉRMICA	COSTO MTO POR SISTEMA
MANTENIMIENTO SISTEMA ELÉCTRICO	8.141.173
MANTENIMIENTO SISTEMA ELECTRONICO	508.869
MANTENIMIENTO SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	435.730
MANTENIMIENTO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	249.563
MANTENIMIENTO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA	270.135
MANTENIMIENTO SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	201.643
MANTENIMIENTO SISTEMA GENERACIÓN DE ENERGÍA	1.751.084
MANTENIMIENTO SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y RECALENTAMIENTO	1.342.587
MANTENIMIENTO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	539.106
MANTENIMIENTO SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES	228.669
COSTO TOTAL	13.668.559

9.1 RETORNO DE LA INVERSIÓN

El costo total de mantenimiento es de 13.668.559 de pesos, el retorno de la inversión se recupera con las diferentes actividades y escenarios con los que cuenta la Universidad ECCI, los cuales son; el teatro, campus, seminarios, congresos, cursos de educación continuada, combinatorios de investigación, cursos de idiomas y convenios SENA.

10 TALENTO HUMANO

Este plan de mantenimiento que se realiza a la planta térmica nos ayuda también a llevar un control de cuánto es el gasto que se presenta al momento de tener intervenciones y cambios de repuestos, al igual que un control de pagos a la empresa (Outsourcing), también es importante tener un almacenamiento de utensilios y materiales en stock para agilizar las intervenciones que se presenten inesperadas a la planta térmica.

Se puede evidenciar que por falta de un plan de mantenimiento la planta se encuentra en stop, y esto ha afectado las temáticas de las asignaturas que se vienen desarrollando, con la planta térmica ya que no tiene en funcionamiento el PLC, puesto que es un elemento muy importante de la planta, porque con esto se puede manejar en su totalidad la planta térmica.

El talento humano relacionado con el mantenimiento de la planta térmica debe estar en permanente capacitación para que puedan responder de manera adecuada a los requerimientos de mantenimiento y esto, puede a su vez ser aplicado en otros equipos.

También se promueve la distribución igual de labores en la carga de trabajo para el personal del mantenimiento debido a una programación de actividades.

Puede tener influencia en la disminución de accidentes durante la ejecución de mantenimientos, debido a que al ser trabajos programados según procedimientos escritos y con una programación el personal está en capacidad de realizarlos de manera adecuada mientras que si son trabajos de emergencia hacerlos bajo alta presión para entregar el equipo lo más pronto posible puede generar accidentes o trabajos mal realizados.

CONCLUSIONES

Se realiza un plan de mantenimiento para la planta térmica, la cual es una mejora para la Universidad ECCI, ya que el activo no contaba con alguna metodología para su prevención de fallas.

El plan de mantenimiento presentado integra las distintas modalidades del mismo. Es importante tener en cuenta que las clases de mantenimiento se integran alrededor de la que es considerada como principal para la confiabilidad y disponibilidad del equipo.

El plan de mantenimiento desarrollado responde a la necesidad real de la planta térmica y busca maximizar su uso, no perder tiempo y recursos por falla.

Se pretende simplificar el trabajo de los responsables de la planta ofreciendo una solución, ya que el plan de mantenimiento facilita su preservación y cuidado garantizando larga vida al equipo y evitando altos costos en mantenimiento correctivo.

Por motivos de recurso no se pudo realizar el cambio PLC el cual durante este estudio presentaba falla, razón por la cual era necesario su cambio, además por falta de este componente no se pudo realizar un análisis de vibraciones en la turbina para determinar su estado actual de funcionamiento.

Los conocimientos adquiridos durante el posgrado fueron muy importantes para determinar las metodologías más efectivas a la hora de seleccionar el tipo de mantenimiento para la planta térmica didáctica y los recursos necesarios para su implementación.

Esto es solo un pequeño paso para aumentar la confiabilidad de la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI, por esta razón dejamos abierta la posibilidad para que cualquier persona de nuevos aportes a este proyecto.

RECOMENDACIONES

Principalmente se recomienda dentro de la planta térmica realizar un rediseño en su válvula de seguridad, razón principal por la que se hace esta sugerencia es que la actual válvula de seguridad es muy pequeña. Aconsejamos colocar dos válvulas de seguridad y de mayor tamaño.

Mantener una capacitación permanente y actualizaciones a través de cursos especializados para el personal (laboratoristas) sobre el manejo de la planta térmica de la Universidad ECCI.

Reubicar la planta térmica, ya que en el lugar donde se encuentra actualmente instalada el espacio es muy reducido y por motivos de seguridad es recomendable ser trasladada a un lugar más amplio.

Realizar la demarcación y señalización de medidas de seguridad y prevención de equipos, para que sean visibles en toda el área de la planta térmica.

Elaborar y Capacitar al personal encargado sobre la importancia del diligenciamiento de los formatos de rutina y orden de trabajo, para tener registro de las intervenciones que se realizan al equipo.

Realización de la ruta de evacuación cercana al equipo.

Es importante mantener un stock de almacenamiento que contenga las herramientas, materiales y repuestos mínimos en caso de que se presente una avería en el equipo.

Algo esencial a la hora de realizar las prácticas de laboratorio en la planta térmica, es que el equipo se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento y

además que cada uno de sus componentes estén en su capacidad máxima de eficiencia se recomienda antes de cada práctica mantener los tanques de agua de la planta térmica llenos, esto generará no solo un ahorro para la Universidad y manteniendo el equipo en su capacidad normal de funcionamiento.

Buscar un mayor compromiso por parte de la ECCI a la hora de mantener en óptimas condiciones de funcionamiento los equipos didácticos con lo que cuenta en la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA

ALBA ÁVILA, JEFFERSON EDUARDO Y ARDILA PARADA, ALEJANDRO. Metodología de gestión de activos. 2012.

ALBARRACÍN HERRERA, LEONARDO. Propuesta para el manejo de la gestión de activos. 2012.

ALLACUA FERNÁNDEZ, JOHANNA ELIZABETH. Diseño de un sistema de gestión de activos físicos y control operacional en una estación de servicios. 2010. British Standard Institute PAS 55:2008 Gestión de Activos Parte 1. ISBN: 978-0-9563934-0-1.

BUITRAGO, EDWIN ALEJANDRO, ROJAS MESA, ALEXANDER Y SÁNCHEZ MORENO, WEIMAR JEFREY. Seguimientos y oportunidades de mejorar el funcionamiento de una caldera de 350ft. 2012.

CASTRO MORA, JAVIER. Operación y Mantenimiento de Coladeras. Primera edición. Bogotá : s.n., 2002. pág. 242. ISBN: 958-701-253-4.

DE LA CRUZ DE LAVALLE LOWEY, PEDRO IGNACIO Y DEL RISCO NAVAS, RAFAEL ANTONIO. Metodología para decidir la implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM). 2002.

DUFFUA, SALIH O., RAOUF, A. Y DIXON CAMPBELL, JOHN. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control. México, D. F. : Limusa; S. A. de C. V., 2008. pág. 419. ISBN-13: 968-18-5918-3.

GAINIE RUBIANO, JAVIER ALEXANDER Y GONZALES GÓMEZ, LUIS FERNANDO. Análisis de criticidad de los componentes de la caldera UNIAL en la maltería de Tibito Bavaria. 2012.

GARCÍA PALENCIA, OLIVERIO. Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. Primera edición . Bogotá, Colombia : Ediciones de la U, 2012. pág. 167. ISBN: 978-958-762-051-1.

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, FRANCISCO JAVIER. Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. Segunda edición. Madrid España : FC Editorial, 2005. pág. 575. ISBN: 84-96169-49-9.

INGENIUM, ingeniería y consultoría Ltda. MANUAL TECNICO DE PLANTA TERMICA ECCI, INGENIUM, ingeniería y consultoría Ltda. 2011.

MORA GUTIÉRREZ , LUIS ALBERTO. Mantenimiento Estratégico Empresarial. Medellín, Colombia : Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2007. pág. 403. ISBN: 978-958-8281-46-9.

MORA, LUIS ALBERTO. Mantenimiento Planeación, ejecución y control. Bogotá D.C. : Alfaomega Colombia S.A., 2009. pág. 504. ISBN: 978-958-682-769-0.

MORENO PRIETO, JORGE ENRRIQUE, Y OTROS. Diseño y construcción de una caldera pirotubular generadora de vapor. Bogotá D.C. : s.n., 2011.

MURILLO RONDON, FRED GEOVANNY. Notas de clase Costos de mantenimiento. Primera. Bogotá D.C. : ECCI, 2010. pág. 45. ISBN: 978-958-8330-63-1.

PARRA MÁRQUEZ, CARLOS ALBERTO Y CRESPO MÁRQUEZ, ADOLFO. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. Primera edición. Sevilla, España : INGEMAN, 2012. pág. 269. ISBN: 978-84-95499-67-7.

PERALTA PINTO, JAIRO Y ESTRADA ESPINOSA, ÁLVARO. Gestión de mantenimiento para equipos críticos de embotellado en Bavaria S.A. 2001.

PRANDO, RAÚL R. Manual de Gestión de Mantenimeinto a la Medida. Primera Edición. San Salvador, Salvador : Piedra Santa S.A. de C.V., 1996. pág. 99. ISBN: 84-8377-399-6.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. 23ª Edición. Madrid 2015

ROBINSON, STEVE. Manual de Gestión Financiera para Directivos. Barcelona : Ediciones Folio, 1995. pág. 219. ISBN: 84-7583-646-1.

RODRÍGUEZ LEÓN , NELSON. Mantenimiento de equipos electro médicos de monitoreo de signos vitales. 1989.

ROJAS GONZÁLEZ, NELSON DARÍO. Notas de clase Mantenimiento preventivo. Primera. Bogotá D.C. : ECCI, 2010. pág. 25. 978-958-8330-61-7.

SALEMI CASTRO, EDUARDO LUIS Y ZELNER LEONES, SERGIO DAVID. Reingeniería Del Programa De Mantenimiento De La Empresa Abocol S.A. 2000.

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, ÁNGEL P. La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento. 2010.

VARGAS AYALA, LUIS. Mantenimiento industrial básico. 2009.

VILLEGAS GONZÁLEZ, ALEJANDRO. Análisis del manejo de los recursos empleados en la ejecución del plan de mantenimiento en TransGas de occidente y formulación de estrategias para optimizarlo. 2001.

ZUMBA VÁSQUEZ, JUAN GERARDO Y TAMAYO ACOSTA, EDWIN ULPIANO. Mantenimiento preventivo y correctivo general de un aveo emotion DOHC 1.6. 2015.

ZÚÑIGA BERNAL, GUSTAVO ADOLFO Y HERNÁNDEZ VIROLA, JOSÉ JOAQUÍN. Desarrollo de un modelo de organización administrativa del departamento de mantenimiento de plantas de la refinería de Cartagena que permita atender apropiadamente los eventos menores de mantenimiento. 2002.

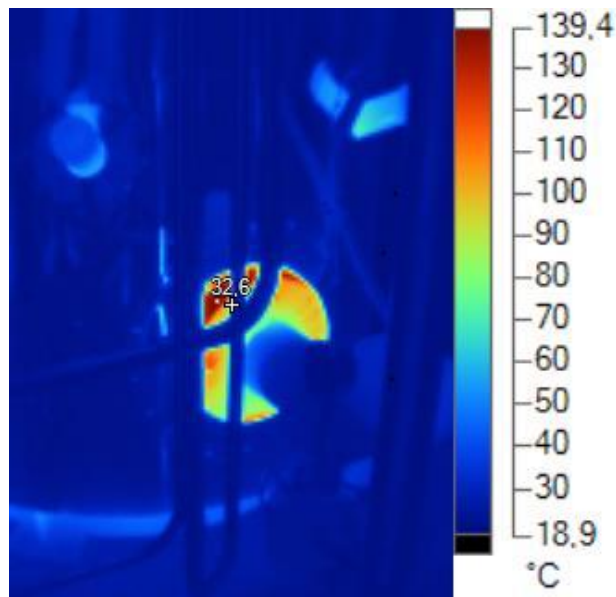
ANEXOS

Análisis termográfico realizado a la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI, componentes:

- Quemador
- Tuerca tapa caldera
- Tuerca tapa caldera1
- Quemador 1
- Base (piso caldera)
- Relés
- Guarda-motor
- Fuente D.C
- Módulos de expansión de entradas
- HMI Unitronics
- Tapa de accesorio
- Codo tubería agua
- Registro salida vapor
- Válvula globo
- Motor alimentación agua caldera
- Cheque paso agua
- Registros distribuidor
- Válvula globo
- Conexión tanque intercambiadores
- Válvula de globo
- Válvula de seguridad
- Mc Donnell y Miller

Resumen de inspección

Nombre del archivo	Quemador	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 1:52:30
Gravedad			
Nombre del archivo	Tuerca tapa caldera	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 1:53:06
Gravedad			
Nombre del archivo	Tuerca tapa caldera 1	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:19:28
Gravedad			
Nombre del archivo	Quemador 1	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:20:37
Gravedad			
Nombre del archivo	Base (piso caldera)	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:21:19
Gravedad			
Nombre del archivo	Relés	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:22:01
Gravedad			
Nombre del archivo	Guardamotor	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:22:15
Gravedad			
Nombre del archivo	Fuente D.C	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:22:46
Gravedad			
Nombre del archivo	Módulos de expansión	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:23:05
Gravedad			
Nombre del archivo	HMI unitronics	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:23:34
Gravedad			
Nombre del archivo	Tapa de accesorio	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:24:19
Gravedad			
Nombre del archivo	Codo tubería agua	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:24:38
Gravedad			
Nombre del archivo	Registro salida vapor	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:25:06
Gravedad			
Nombre del archivo	Válvula globo	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:26:18
Gravedad			
Nombre del archivo	Motor ali agua caldera	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:27:14
Gravedad			
Nombre del archivo	Cheque paso de agua	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:27:48
Gravedad			
Nombre del archivo	Registro distribuidor	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:29:50
Gravedad			
Nombre del archivo	Válvula globo	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:30:09
Gravedad			
Nombre del archivo	Conexión tanque inter.	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:30:22
Gravedad			
Nombre del archivo	Válvula de globo	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:30:37
Gravedad			
Nombre del archivo	válvula de seguridad	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:30:52
Gravedad			
Nombre del archivo	Mc Donnell y Miller	Fecha y hora de inspección	07/09/2015 2:31:10
Gravedad			



Quemador

07/09/2015 1:52:30

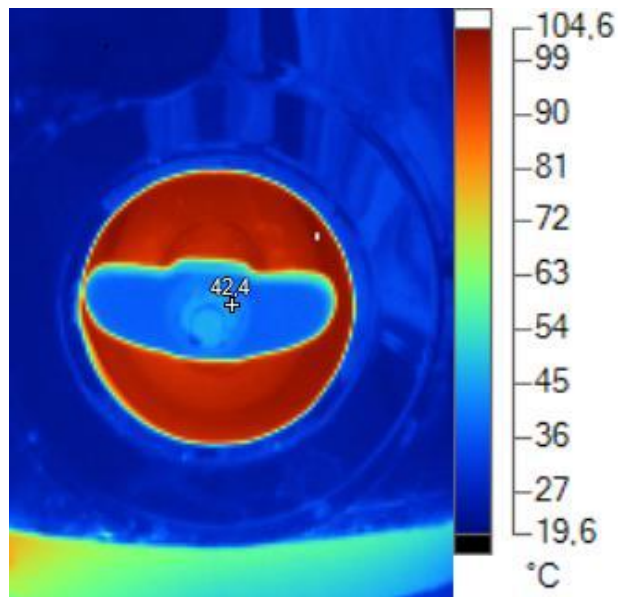
Se puede observar la parte que une el quemador a la caldera, y se muestra la alta temperatura que se obtiene al momento de estar encendido el quemador.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	26,4°C
Rango de la imagen	18,9°C a 139,4°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 1:52:30
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	32,6°C	0,95	15,0°C



Tuerca tapa caldera

07/09/2015 1:53:06

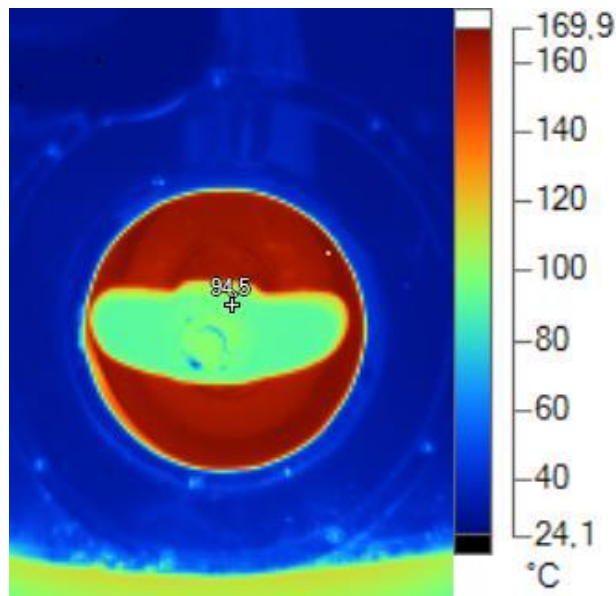
Se recomienda poner aislamiento para mayor protección ya que al momento de estar en funcionamiento la temperatura aumenta y es riesgoso al contacto con algún estudiante.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	41,2°C
Rango de la imagen	19,6°C a 104,6°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 1:53:06
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	42,4°C	0,95	15,0°C



Tuerca tapa caldera 1

07/09/2015 2:19:28

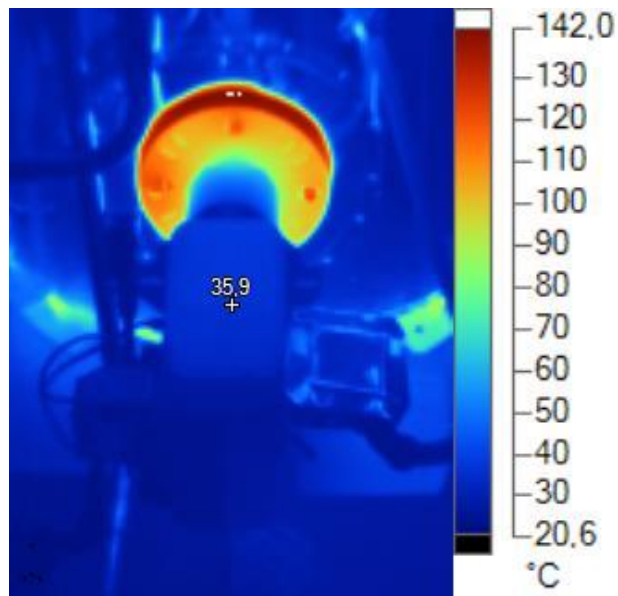
Se recomienda poner aislamiento para mayor protección ya que al momento de estar en funcionamiento la temperatura aumenta y es riesgoso al contacto con algún estudiante.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	63,2°C
Rango de la imagen	24,1°C a 169,9°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:19:28
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	94,5°C	0,95	15,0°C



Quemador 1

07/09/2015 2:20:37

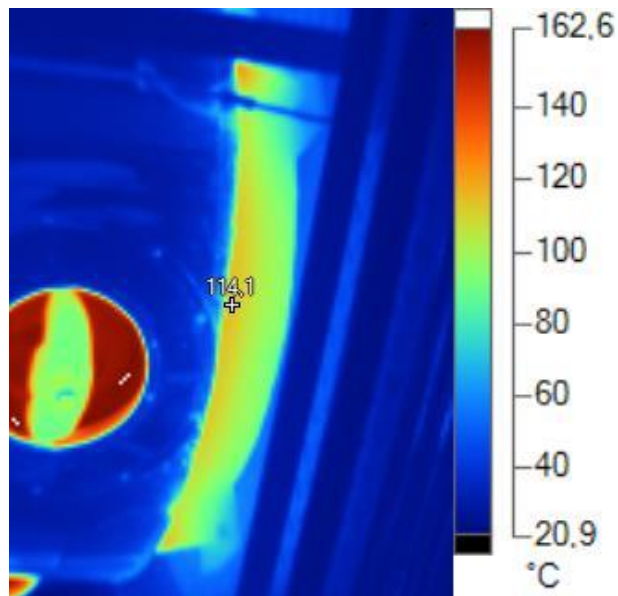
Se recomienda poner aislamiento para mayor seguridad, cuando se encuentra en estado de funcionamiento el quemador.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	37,3°C
Rango de la imagen	20,6°C a 142,0°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:20:37
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	35,9°C	0,95	15,0°C



Base (piso caldera)

07/09/2015 2:21:19

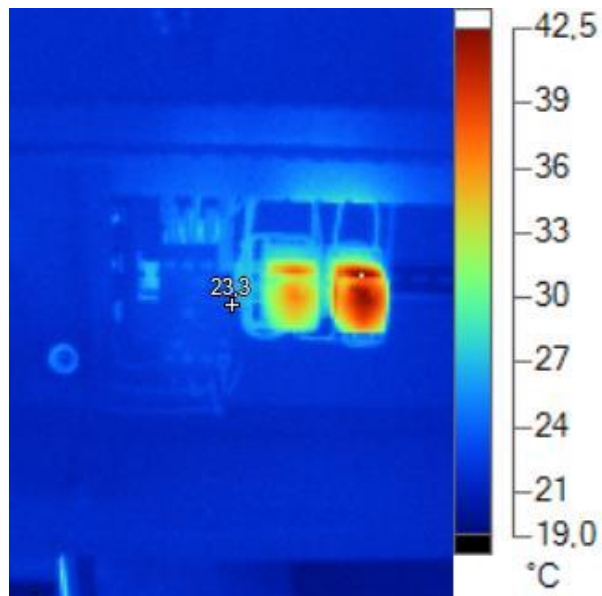
Se recomienda poner aislamiento en la superficie de la base de la caldera para mayor seguridad al momento de realizarse prácticas con los estudiantes.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	47,0°C
Rango de la imagen	20,9°C a 162,6°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:21:19
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	114,1°C	0,95	15,0°C



Relés

07/09/2015 2:22:01

Al momento de realizar la muestra con la cámara termografía se puede determinar que estos relés se encuentra en un rango alto de su funcionamiento, es recomendable sustituirlos por unos de mayor capacidad para que no presente fallas o afecte algún otro componente eléctrico.

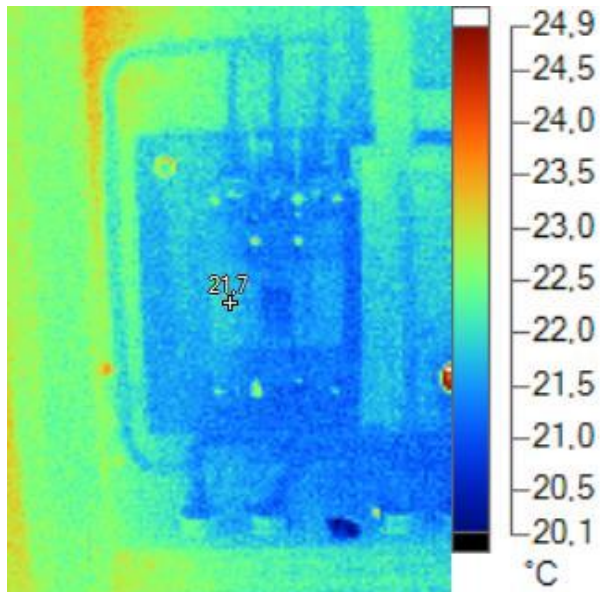
Si se encuentra entre las especificaciones e indicaciones de funcionamiento óptimos, se puede implementar un sistema de extracción de calor que permita mantener los componentes a temperaturas bajas.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	22,4°C
Rango de la imagen	19,0°C a 42,5°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:22:01
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	23,3°C	0,95	15,0°C



Guardamotor

07/09/2015 2:22:15

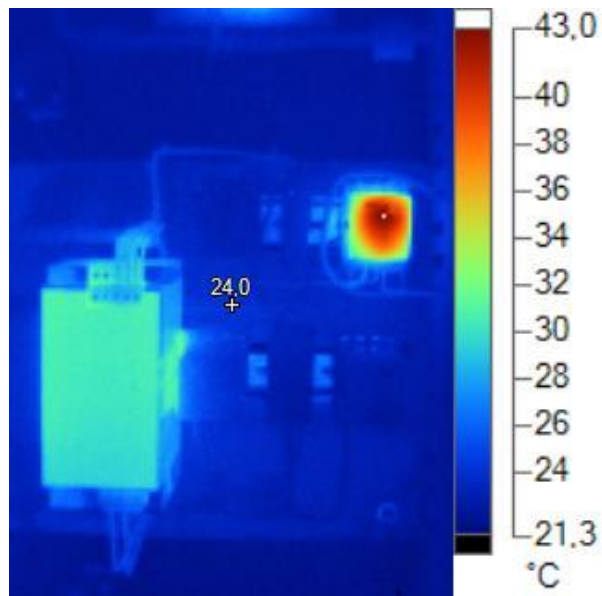
Al momento de realizar la toma se evidencia que se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	22,0°C
Rango de la imagen	20,1°C a 24,9°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:22:15
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	21,7°C	0,95	15,0°C



FuenteD.C

07/09/2015 2:22:46

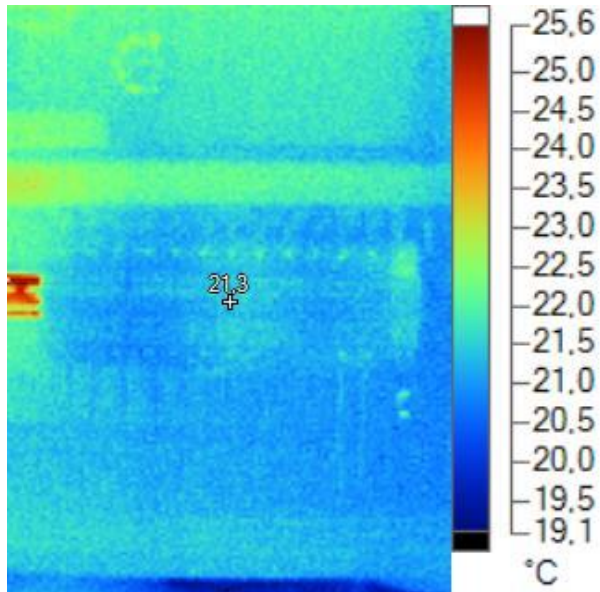
Al momento de realizar la toma se puede evidenciar que se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento y operación del elemento, es recomendable verificar el relé si es necesario cambiarlo por otro de mayor capacidad o realizar una adecuación de un sistema de extracción que permita mantener refrigerados (elementos electrónicos y electrónicos) lo cual al momento de estar funcionamiento incrementan su temperatura de operación.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	24,0°C
Rango de la imagen	21,3°C a 43,0°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:22:46
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	24,0°C	0,95	15,0°C



Módulos de expansión de entradas

07/09/2015 2:23:05

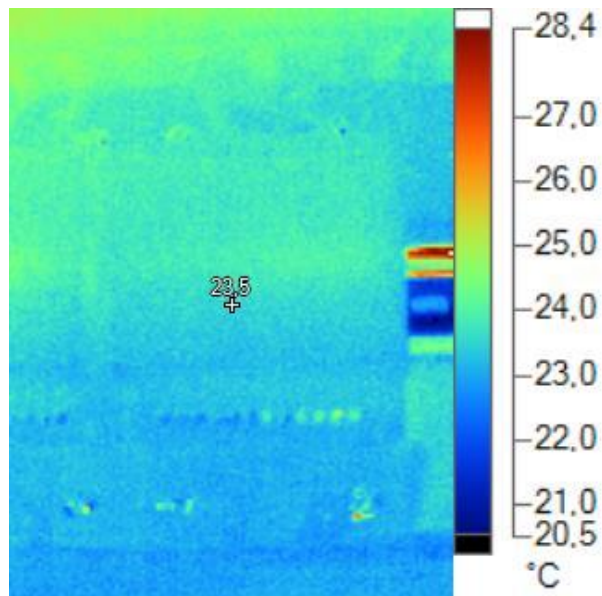
Se puede observar que se encuentran en óptimas condiciones de operación.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	21,4°C
Rango de la imagen	19,1°C a 25,6°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:23:05
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	21,3°C	0,95	15,0°C



HMI unitronics

07/09/2015 2:23:34

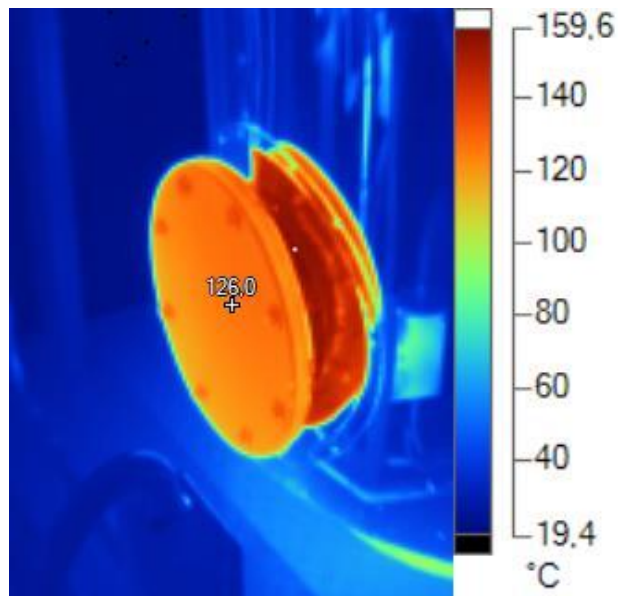
Se puede determinar que este componente o elemento electrónico al momento de estar en operación, la planta térmica se encuentra en óptimas condiciones de operación.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	23,5°C
Rango de la imagen	20,5°C a 28,4°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:23:34
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	23,5°C	0,95	15,0°C



Tapa de accesorio

07/09/2015 2:24:19

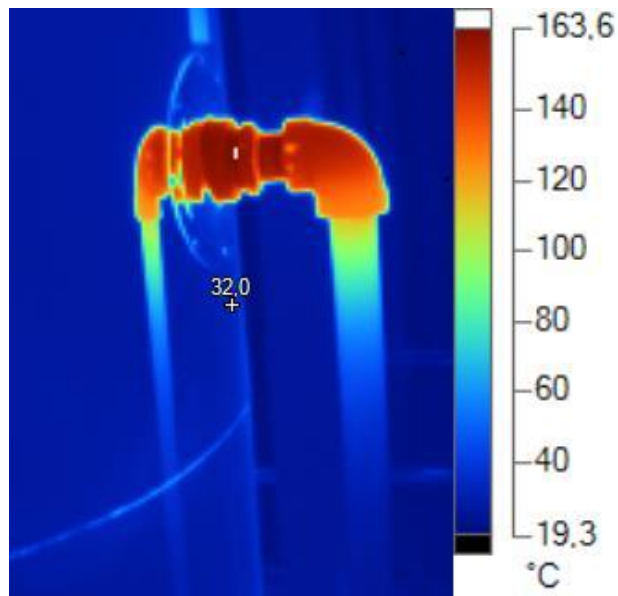
Se recomienda aislar esta pieza ya que su temperatura aumenta al momento de encontrarse funcionando, así se evitará un posible accidente al realizar algún tipo de práctica.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	53,4°C
Rango de la imagen	19,4°C a 159,6°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:24:19
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	126,0°C	0,95	15,0°C



Codo tubería agua

07/09/2015 2:24:38

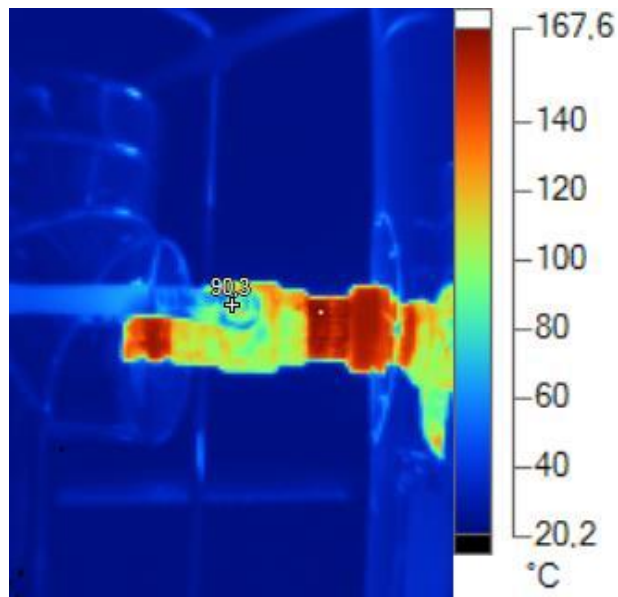
Se recomienda poner aislamiento ya que este codo se encuentra al exterior de la planta térmica y a una altura donde puede ocurrir algún accidente así afectando la salud, de algún estudiante que se encuentre cerca.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	37,3°C
Rango de la imagen	19,3°C a 163,6°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:24:38
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	32,0°C	0,95	15,0°C



Registro salida vapor

07/09/2015 2:25:06

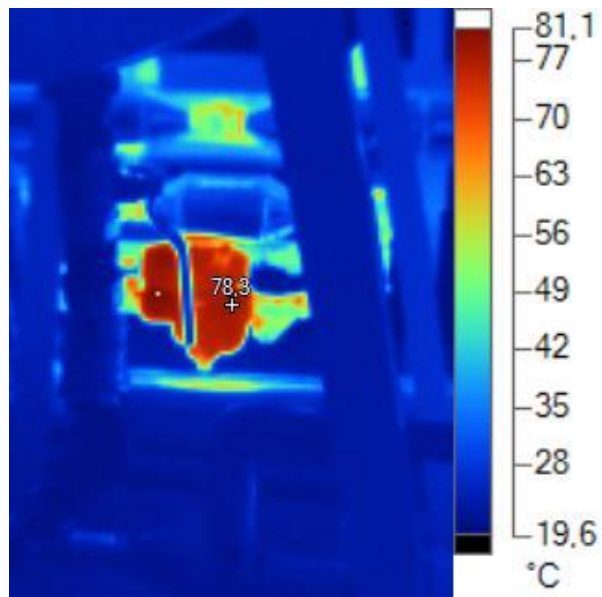
Este registro su temperatura aumenta al momento de abrirse para liberar el vapor de la caldera al sistema como se puede observar.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	35,9°C
Rango de la imagen	20,2°C a 167,6°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:25:06
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	90,3°C	0,95	15,0°C



Válvula globo

07/09/2015 2:26:18

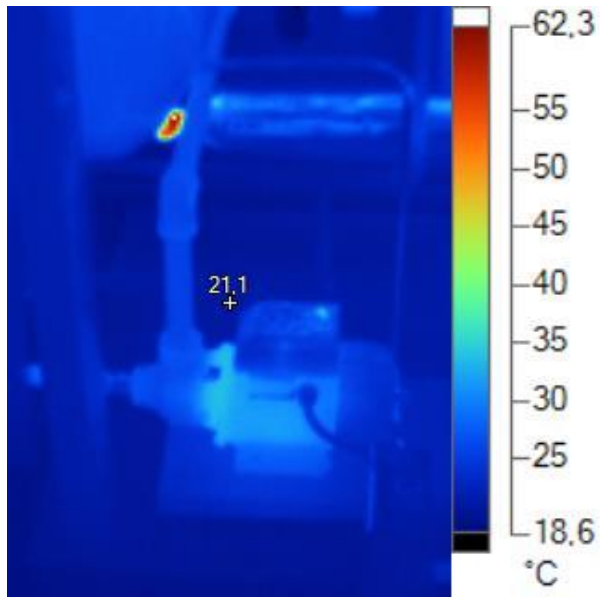
Al momento de estar en funcionamiento con los intercambiadores se observa que si temperatura aumenta en su estructura, pero esta no afecta su funcionamiento ni la práctica realizada, ya que su lugar de ubicación es poco accesible.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	27,6°C
Rango de la imagen	19,6°C a 81,1°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:26:18
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	78,3°C	0,95	15,0°C



Motor alimentación agua caldera

07/09/2015 2:27:14

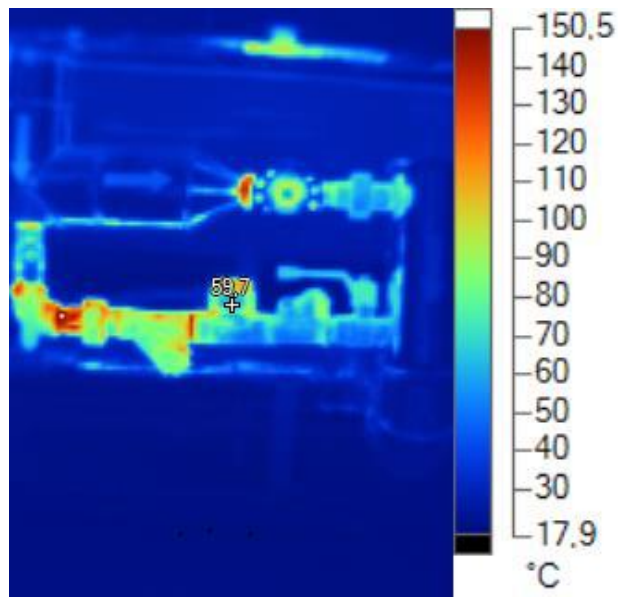
Esta bomba de agua se encuentra en óptimas condiciones de operación.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	22,6°C
Rango de la imagen	18,6°C a 62,3°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:27:14
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	21,1°C	0,95	15,0°C



Cheque de agua

07/09/2015 2:27:48

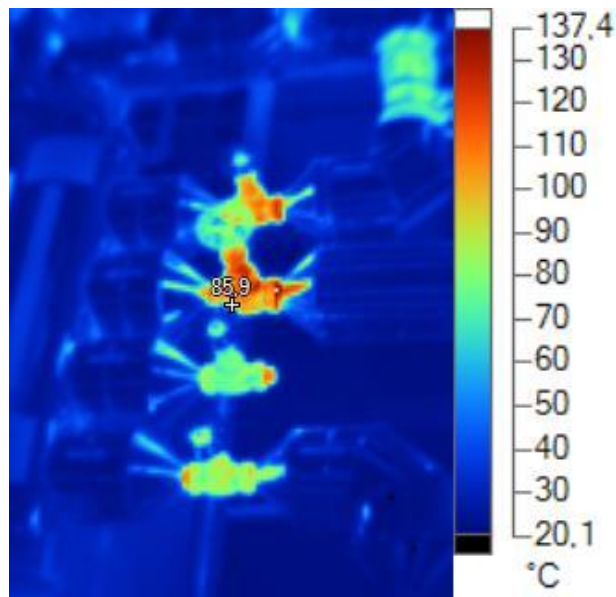
Su carcasa aumenta de temperatura al momento de ponerse en marcha los intercambiadores ya que por el sistema pasa agua caliente a los tanques de almacenamiento.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	30,9°C
Rango de la imagen	17,9°C a 150,5°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:27:48
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	59,7°C	0,95	15,0°C



Registros distribuidor

07/09/2015 2:29:50

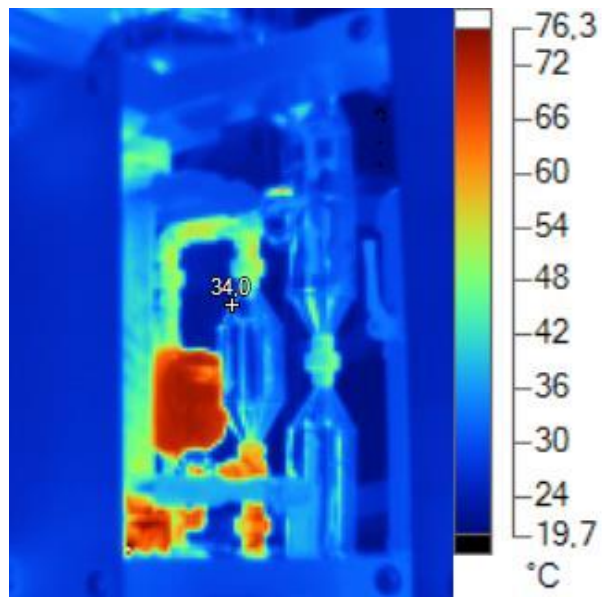
Se recomienda poner aislamiento a los registros del distribuidor, al momento de hacer la apertura de salida del vapor su carcasa aumenta la temperatura, y esto puede llegar a ocasionar accidentalidad.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	32,2°C
Rango de la imagen	20,1°C a 137,4°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:29:50
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	85,9°C	0,95	15,0°C



Válvula de globo

07/09/2015 2:30:09

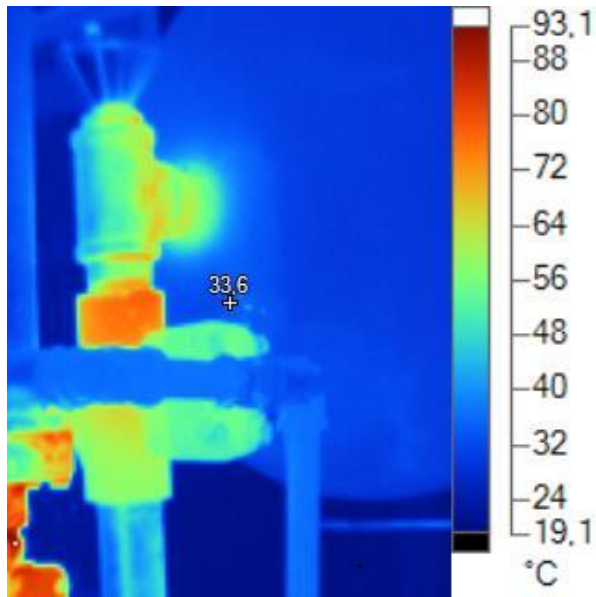
Al momento de estar en funcionamiento con los intercambiadores se observa que su temperatura aumenta, pero esta no afecta su funcionamiento, su lugar de ubicación es poco accesible para colocar algún tipo de aislamiento.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	31,0°C
Rango de la imagen	19,7°C a 76,3°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:30:09
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	34,0°C	0,95	15,0°C



Conexión tanques de intercambiadores

07/09/2015 2:30:22

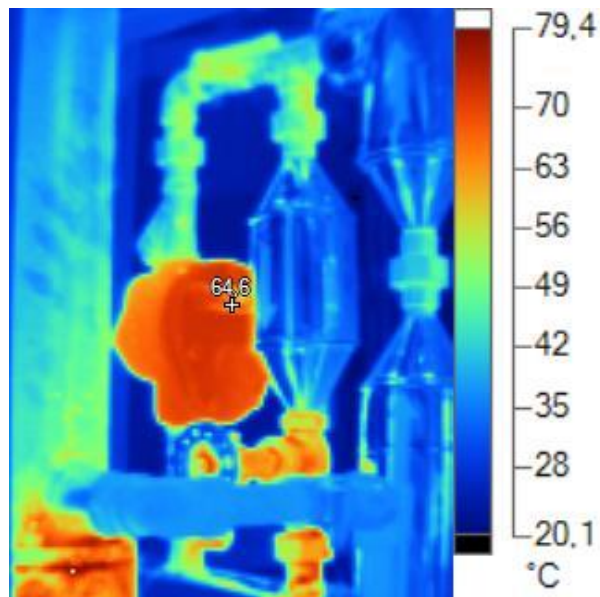
Se sugiere poner señalización para evitar accidentes y también es recomendable hacer aislamiento para mayor seguridad.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	35,6°C
Rango de la imagen	19,1°C a 93,1°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:30:22
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	33,6°C	0,95	15,0°C



Válvula de globo

07/09/2015 2:30:37

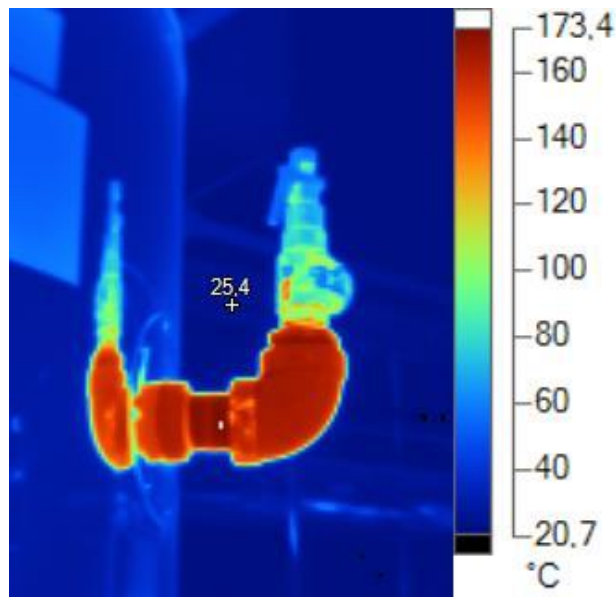
Al momento de estar en funcionamiento con los intercambiadores se observa que su temperatura aumenta.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	39,3°C
Rango de la imagen	20,1°C a 79,4°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:30:37
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	64,6°C	0,95	15,0°C



Válvula de seguridad

07/09/2015 2:30:52

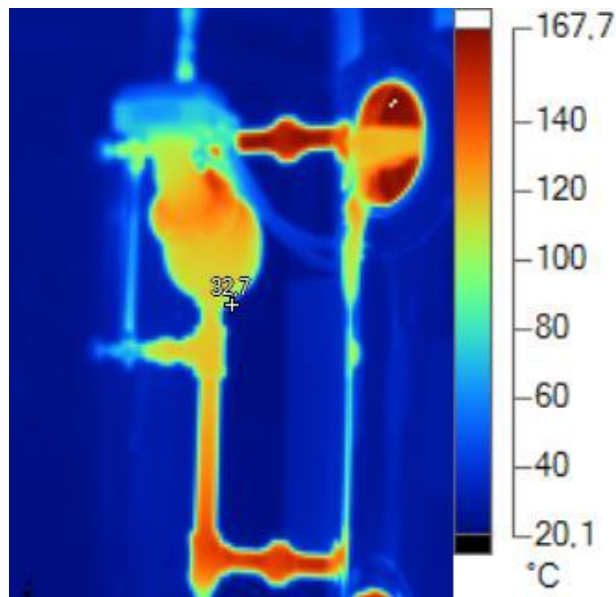
Se recomienda hacer sustitución de esta válvula por una de mayor tamaño, para mayor seguridad, además se sugiere de la instalación de otra válvula de seguridad.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	42,9°C
Rango de la imagen	20,7°C a 173,4°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:30:52
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	25,4°C	0,95	15,0°C



Válvula Mc Donnell y Miller

07/09/2015 2:31:10

Su estructura aumenta la temperatura, debido a que se encuentra sujeta al cuerpo de la caldera, no afecta su funcionamiento ni operación al momento de estar en marcha la caldera.

Información de la imagen

Temperatura de fondo	15,0°C
Emisividad	0,95
Temperatura promedio	44,5°C
Rango de la imagen	20,1°C a 167,7°C
Modelo de cámara	Ti100
Tamaño de sensor IR	120 x 160
Número de serie de la cámara	Ti100-15030009
Fabricante	Fluke Thermography
Hora de la imagen	07/09/2015 2:31:10
Rango de calibración	-10,0°C a 250,0°C

Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	32,7°C	0,95	15,0°C

RESUMEN ANÁLISIS TERMOGRÁFICO

Se debe de tener en cuenta las recomendaciones realizadas, en lo anterior para garantizar un óptimo funcionamiento del equipo y poder realizar las practicas con seguridad y óptimo funcionamiento del equipo.

El presente informe es una muestra preliminar desarrollada en la planta térmica de la Universidad ECCI el 07/09/2015 por: Ing. Ind. Miguel Angel Urián Tinoco, Ing. Mec. Andres Ricardo Guevara Umaña, Ing. Mec. Miguel Angel Orozco Blanco.



ORDEN DE TRABAJO N° ORDEN

MANTENIMIENTO		DAÑO MECANICO	DAÑO ELECTRICO	DAÑO ELECTRONICO	OTROS
PREDICTIVO					
PREVENTIVO					
CORRECTIVO					
DESCRIPCION					
TECNICO					
JEFE DE MANTENIMIENTO					
EJECUTADO POR			RECIBIDO POR		FECHA/HORA



FORMATO DE RUTINA

RUTINA DE MANTENIMIENTO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL
DESCRIPCION			
NOMBRE DEL ENCARGADO			
FIRMA	FECHA / HORA		