

Universidad
Nacional de
Ingeniería

Facultad de la Tecnología de la Industria

Análisis energético térmico en la empresa ECOPANELES S.A para la mejora de la eficiencia en su caldera.

Elaborado por:

Tutor:

Br. Osman Gabriel
Edmundo

Sandino Sequeira

Carnet: 2015-1168U

Br. Juan Andrés

Ochoa Chavarría

Carnet: 2015-0833U

Br. Bergman Francisco

Ruiz Espinoza

Carnet: 2015-0442U

MSc.

José Pérez

Escobar.

18 de Septiembre

2023 Managua, Nicaragua

Agradecimientos.

Quisiéramos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que contribuyeron de manera significativa en la realización de este trabajo de tesis:

A nuestro asesor de tesis, el profesor Edmundo Pérez, por su orientación experta, apoyo constante y conocimientos invaluable. Su guía y consejos fueron fundamentales para el desarrollo y éxito de este proyecto.

Al equipo de la empresa Copaneles S.A., en especial al ingeniero Benito Torrez, por brindarnos acceso a los datos y recursos necesarios para llevar a cabo nuestra investigación. Su colaboración fue fundamental para obtener resultados relevantes y aplicables.

A nuestros compañeros y amigos, quienes nos brindaron su apoyo y ánimo durante todo el proceso de investigación. Sus palabras de aliento fueron una fuente constante de motivación y fortaleza.

A nuestras familias, por su incondicional apoyo, paciencia y comprensión. Gracias por creer en nosotros y por ser una fuente de inspiración en cada etapa de nuestra formación académica.

A todas las fuentes bibliográficas y académicas que consultamos durante la investigación. Su conocimiento y contribuciones previas sentaron las bases teóricas para este estudio y enriquecieron nuestra comprensión del tema.

Por último, queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas anónimas que de alguna manera contribuyeron a nuestro proceso de formación.

A todos, ¡muchas gracias por su apoyo y contribución! Su ayuda fue fundamental para alcanzar nuestros objetivos.

Resumen.

Este trabajo de tesis se enfocó en evaluar el desempeño térmico de la caldera de la empresa Ecopaneles S.A. y en identificar oportunidades de mejora en su eficiencia. Se analizó la producción de vapor y el uso del combustible utilizado en la caldera, mediante mediciones de temperatura en diferentes puntos del proceso y del entorno. Se cuantificaron las pérdidas de calor a lo largo del ciclo y se obtuvieron datos sobre la eficiencia de la caldera y del ciclo completo. Además, se calculó el gasto económico asociado al consumo de combustible, considerando los factores económicos relevantes.

Aunque existen limitaciones en el estudio, como la imposibilidad de manipular directamente el proceso, se identificó que la principal fuente de pérdida de calor es el tanque de parrilla expuesto al ambiente. Se propone eliminar este tanque y convertir la parrilla en un calentador secundario para el tanque de recuperación de condensados, lo que mejoraría la eficiencia de la caldera y del ciclo completo. Además, se recomienda aislar adecuadamente el tanque de condensados para minimizar las pérdidas de calor.

Este trabajo ha proporcionado un análisis del desempeño térmico de la caldera, identificando oportunidades para mejorar la eficiencia. Las recomendaciones propuestas tienen el potencial de mejorar significativamente la eficiencia del sistema y tener un impacto positivo tanto en el aspecto energético como en el económico. Se han obtenido resultados relevantes que apuntan hacia una mayor eficiencia energética y un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles en la empresa Ecopaneles S.A.

Índice.	
Agradecimientos.....	3
Resumen.....	4
Índice de Ilustraciones.....	10
Índice de Tablas.....	11
Nomenclatura.....	13
II Justificación.....	2
III Antecedentes.....	3
IV Objetivos.....	4
4.1 Objetivo General.....	4
4.2 Objetivos específicos.....	4
V Marco Teórico.....	5
5.1 Generalidades de la Empresa.....	5
5.1.1 Actividad Económica.....	5
5.1.2 Misión.....	5
5.1.3 Visión.....	5
5.2 Conceptos Clave.....	5
5.2.1 Energía.....	5
5.2.2 Calor Latente.....	7
5.2.3 Calor Sensible.....	8

5.2.4 Entalpia.	9
5.2.5 Entropía.	10
5.2.6 Exergía.	12
5.2.7 Energía Interna.	13
5.2.8 Flujo Masico.	14
5.2.9 Transferencia de Calor.	16
5.2.10 Coeficiente de Desempeño (COP).	17
5.3 Vapor Como Herramienta de Productiva.	19
5.3.1 Calidad del Vapor.	21
5.3.2 Tratamiento del Agua.	22
5.4 Combustibles.	23
5.4.1 Combustibles de Uso Industrial.	24
5.5 Reciclaje.	28
5.5.1 Industria del Reciclaje.	28
5.5.2 Reciclaje de Papel y Cartón.	30
5.6 Diagnostico Energético.	32
5.6.1 Ahorro Energético.	34
5.6.2 Eficiencia.	35
5.6.3 Norma ISO 50001.	38
5.6.4 Parámetros Para evaluar un Diagnóstico Energético Térmico.	40

5.7 Equipos y Accesorios.	45
5.7.1 Caldera.	45
5.7.2 Intercambiador de Calor.	49
5.7.3 Bombas de Agua.	52
5.7.4 Tubería.	56
5.7.5 Aislantes.	60
VI Diseño Metodológico.	69
6.1 Tipo de estudio.	69
6.2 Técnica de instrumentación para la recolección de datos.	70
6.3 Diseño de la investigación	70
6.4 Observación directa	70
6.5 Entrevista	70
6.6 Paquetes Computarizados	70
6.7 Procedimientos	71
VII Análisis Energético Térmico.	72
7.1 Ciclo EcoPaneles S.A.	72
7.1.1 Mediciones en el Ciclo.	72
7.2 Ciclo Actual.	74
7.2.1 Calculo de Flujos Masicos.	75
7.2.2 Tablas de Estado.	76

7.2.3 Perdida de Calor por Tramo de Tubería.....	80
7.2.4 Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor.....	81
7.2.5 Perdida de Calor en Pila de Retorno.	82
7.2.6 Perdida de Calor en Tanque de Parrilla.....	83
7.2.7 Análisis Exegético.....	84
7.3 Ciclo Recomendado.	87
7.3.1 Tablas de Estado.....	88
7.3.2 Perdida de Calor por Tramo de Tubería.....	88
7.3.3 Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor.....	89
7.3.4 Perdida de Calor en Pila de Retorno.	90
7.3.5 Análisis Exegético.....	92
VIII Aspectos Financieros.....	95
8.1 Costo Energético.....	95
8.2 Ciclo Actual.....	96
8.2.1 Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo.	96
8.2.2 Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo.	97
8.2.3 Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo.....	97
8.2.4 Costo en Tanque de Parrilla por Jornada de Trabajo.	97
8.3 Ciclo Recomendado.	97
8.3.1 Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo.	97

8.3.2 Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo.	98
8.3.3. Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo.	98
8.4 Evaluación de Aislamiento Recomendado.	99
IX Análisis de Resultados.	101
X Conclusiones.	104
XI Recomendaciones.	105
XII Bibliografía.	106
XIII Anexos.	109

Índice de Ilustraciones.

<i>Ilustración 1. Metodología del sistema de gestión de energía.</i>	40
<i>Ilustración 2. Indicadores de rendimiento energético.</i>	42
<i>Ilustración 3. Caldera Piro tubular.</i>	48
<i>Ilustración 4. Intercambiador de calor de flujo cruzado</i>	52
<i>Ilustración 5. Bomba Centrífuga.</i>	56
<i>Ilustración 6. Resumen datos noche.</i>	72
<i>Ilustración 7. Resumen Datos Día.</i>	73
<i>Ilustración 8. Ciclo Actual Ecopaneles S.A.</i>	74
<i>Ilustración 9. Curva Característica de la bomba1.</i>	75
<i>Ilustración 10. Curva Característica de la bomba 2.</i>	76
<i>Ilustración 11. Datos Obtenidos en Ecopaneles S.A. Durante el Día.</i>	76
<i>Ilustración 12. Datos Obtenidos en Ecopanles S.A. Durante la noche.</i>	77
<i>Ilustración 13. Datos Promedio de las Mediciones de Noche en Ecopaneles.</i>	77
<i>Ilustración 14. Datos Promedio de las Mediciones de Día en Ecopaneles.</i>	77
<i>Ilustración 15. Esquema Actual del Proceso.</i>	78
<i>Ilustración 16. Diagrama T-S Proceso Actual.</i>	86
<i>Ilustración 17. Esquema Recomendado del Proceso.</i>	87
<i>Ilustración 18. Diagrama T-S Proceso Recomendado.</i>	94
<i>Ilustración 19. Relación Precio Efectividad de Aislantes Térmicos.</i>	100
<i>Ilustración 20. Porcentaje de Consumo de Energía en Ecopaneles Día (Ciclo Actual)</i>	101
<i>Ilustración 21. Porcentaje de Consumo de Energía en Ecopaneles Noche (Ciclo Actual)</i>	101
<i>Ilustración 22. Porcentaje de Consumo de Energía en Ecopaneles Día (Ciclo Recomendado)</i>	102
<i>Ilustración 23. Porcentaje de Consumo de Energía en Ecopaneles Noche (Ciclo Recomendado)</i>	102

Índice de Tablas.

<i>Tabla 1. Tabla de Estados Dia (Ciclo Actual).</i>	79
<i>Tabla 2. Tabla de Estados Noche (Ciclo Actual).</i>	79
<i>Tabla 3. Tabla de Perdida de Calor por Tramo de Tubería de Dia (Ciclo Actual).</i>	80
<i>Tabla 4. Tabla de Perdida de Calor por Tramo de Tubería de Noche (Ciclo Actual).</i>	80
<i>Tabla 5. Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor de Dia (Ciclo Actual).</i>	81
<i>Tabla 6. Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor de Noche (Ciclo Actual).</i>	81
<i>Tabla 7. Perdida de calor en pila de retorno día.</i>	82
<i>Tabla 8. Perdida de calor en pila de retorno noche.</i>	82
<i>Tabla 9. Perdida de calor en tanque de parrilla día.</i>	83
<i>Tabla 10. Perdida de calor en tanque de parrilla noche.</i>	83
<i>Tabla 11. Tabla de Estado Dia (Ciclo Recomendado)</i>	88
<i>Tabla 12. Tabla de Estado Noche (Ciclo Recomendado)</i>	88
<i>Tabla 13. Perdida de Calor por Tramo de Tubería Dia (Ciclo Recomendado)</i>	88
<i>Tabla 14. Perdida de Calor por Tramo de Tubería Noche (Ciclo Recomendado)</i>	89
<i>Tabla 15. Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor Dia (Ciclo Recomendado)</i>	89
<i>Tabla 16. Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor Noche (Ciclo Recomendado)</i>	89
<i>Tabla 17. Perdida de Calor en Pila de Retorno (Ciclo Recomendado)</i>	91
<i>Tabla 18. Consumo de combustible Mes de abril 2022</i>	95
<i>Tabla 19. Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo Dia (Ciclo Actual)</i>	96
<i>Tabla 20. Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Actual)</i>	96
<i>Tabla 21. Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo Dia (Ciclo Actual)</i>	97
<i>Tabla 22. Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Actual)</i>	97
<i>Tabla 23. Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo Dia (Ciclo Actual)</i>	97

<i>Tabla 24. Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Actual)</i>	97
<i>Tabla 25. Costo en Tanque de Parrilla por Jornada de Trabajo Día (Ciclo Actual)</i>	97
<i>Tabla 26. Costo en Tanque de Parrilla por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Actual)</i>	97
<i>Tabla 27. Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo Día (Ciclo Recomendado)</i>	97
<i>Tabla 28. Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Recomendado)</i>	98
<i>Tabla 29. Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo Día (Ciclo Recomendado)</i>	98
<i>Tabla 30. Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Recomendado)</i>	98
<i>Tabla 31. Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo Día (Ciclo Recomendado)</i>	98
<i>Tabla 32. Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Recomendado)</i>	98
<i>Tabla 33. Datos Técnicos de los Aislantes Estudiados.</i>	99
<i>Tabla 34. Pérdida de Calor en Pila de Retorno aislada, Análisis de Aislantes Térmicos.</i>	99
<i>Tabla 35. Contribuyentes de Energía en Ecopaneles. (Ciclo Actual)</i>	101
<i>Tabla 36. Contribuyentes de Energía en Ecopaneles. (Ciclo Recomendado)</i>	101
<i>Tabla 37. Ciclo Actual vs Ciclo Recomendado</i>	102

Nomenclatura.

- Entalpía (H)
- Entalpía Relativa (h)
- Energía Interna (U)
- Energía Interna Específica (u)
- Entropía (S)
- Entropía Específica (s)
- Cantidad de Calor (Q)
- Flujo de Calor (\dot{Q})
- Calidad del Vapor (x)
- Potencia (P)
- Coeficiente de Convección (h_c)
- Área (A)
- Emisividad (ε)
- Constante Boltzmann (σ)
- Conductividad Térmica (k)
- Factor de Forma (e)
- Temperatura (T)
- Grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$)
- Grados Kelvin (K)
- Cambio (Δ)
- Eficiencia (n)
- Julios (J)
- Calorías (cal)
- Presión (p)
- Volumen (V)
- Volumen Específico (v)
- Flujo Masico (\dot{m})
- Kilogramos (Kg)
- Segundos (s)
- Masa (m)
- Kilowatt (Kw)
- Voltio (vol)
- Amperios (Amp)
- Litros (Lt)
- Minutos (min)
- Pascales (pa)
- Centímetro (cm)
- Metro (m)
- Resistencia Térmica (R)

I Introducción.

En este trabajo se formularon estándares de producción en correlación directa con el consumo energético térmico para la empresa Ecopaneles S.A. Para lograrlo, se utilizaron las herramientas proporcionadas por la norma ISO 50001 como guía profesional, orientadas a cumplir con las iniciativas de mejora del rendimiento energético térmico, optimización del sistema de gestión de la información de la energía y auditoría energética dentro de la empresa Ecopaneles. Mediante las mediciones de los consumos energéticos, se determinó la eficiencia del ciclo térmico y se tomaron acciones referentes a cambios, mejoras y proyectos que promueven las métricas de la empresa. Como resultado, se lograron establecer las líneas base de consumo y se alcanzaron metas que nos permitieron gestionar eficientemente los recursos energéticos utilizando indicadores de energía validados. Finalmente, se realizaron una serie de recomendaciones a la empresa basadas en el estudio, las cuales abordaron las principales oportunidades en cuanto a consumo energético dentro de la empresa y se trazaron rutas de mejora continua en el uso de su energía térmica. Además de estas recomendaciones, se incluye un breve análisis financiero que justifica dichas recomendaciones y puede ser una herramienta adicional para respaldar los posibles cambios en la empresa. Esto también facilita la comprensión del tema a personas con conocimientos técnicos limitados, ya que, como dijo Aphra Behn, "El dinero habla un lenguaje que todas las naciones entienden".

II Justificación.

Debido a la actual situación de alta competitividad en el mercado regional, las empresas se ven obligadas a cambiar sus estrategias para adaptarse a las nuevas tendencias, los requisitos de los clientes, la aceleración del cambio tecnológico y los ciclos de vida cada vez más cortos de los productos. En la actualidad, la empresa Ecopaneles S.A. enfrenta problemas relacionados con bajas eficiencias en su ciclo de producción de vapor, principalmente debido a problemas de aislamiento térmico en dicho ciclo. Hasta el momento, no se ha realizado ningún estudio para comprender el uso adecuado de los recursos energéticos térmicos, por lo que es necesario llevar a cabo este estudio con el fin de aumentar la productividad de la empresa y evitar las pérdidas que se presentan en su ciclo de vapor.

El objetivo de esta investigación es mejorar la eficiencia y el aprovechamiento de la energía térmica en la empresa Ecopaneles S.A., con el fin de reducir costos y pérdidas térmicas causadas por una gestión inadecuada de la energía. Mediante este estudio, presentamos oportunidades de mejora que reflejan cambios positivos en el futuro cercano de la empresa en términos de producción y aprovechamiento total de los recursos y materias primas para el funcionamiento adecuado de la planta. A diferencia de otros estudios similares realizados anteriormente en FTI, nos enfocamos únicamente en la producción de vapor, que a menudo es pasada por alto o no se considera la más importante.

III Antecedentes.

La empresa Ecopaneles S.A. se dedica a la transformación de cartón de desecho y empaques mediante un proceso simple para producir cartón utilitario utilizado en diversas industrias, como plantillas para zapaterías, empastado de libros, divisiones internas en viviendas económicas, cielos rasos, separadores y angulares para la industria mediana. Además, más recientemente, han inundado el mercado regional con cajillas de huevos fabricadas en las mismas instalaciones.

Al igual que numerables empresas con muchos años de trayectoria en Nicaragua, los procesos ejecutados por Ecopaneles S.A. presentan defectos y nos gustaría que se les prestara más importancia a factores clave que podrían potencialmente impulsar de manera positiva las métricas económicas. En este estudio monográfico, se hace referencia a varias fuentes de información, incluidos los artículos ya publicados por el FTI, que están fácilmente disponibles. Sin embargo, no encontramos trabajos directamente relacionados con el análisis energético en ciclos de vapor, aunque encontramos algunos indirectamente relacionados como es el siguiente:

Contreras Brenes, Pedro Humberto; Corea López, Kevin de Jesús y Reyes Cárdenas, Bryan Jadir (2017) Diagnóstico de eficiencia energética en la planta industrial productos industriales de concreto PROINCO S.A. Universidad Nacional de Ingeniería.

En este estudio se utilizaron técnicas de recolección y manipulación de datos similares a las que utilizamos en este trabajo, aunque la diferencia radica en que la muestra de datos proviene en su mayoría de equipos eléctricos y no abarca un sistema de generación de vapor como tal.

IV Objetivos.

4.1 Objetivo General

- Evaluar el desempeño energético térmico de la caldera de la empresa Ecopaneles S.A. para identificar oportunidades de mejora en su eficiencia.

4.2 Objetivos específicos

- Analizar el consumo de combustible y la producción de vapor de la caldera.
- Identificar y cuantificar las pérdidas de calor en el ciclo de vapor.
- Analizar el impacto económico de las pérdidas de energía en la empresa.
- Proponer medidas para reducir las pérdidas de energía y mejorar la eficiencia energética del proceso.
- Evaluar el impacto económico potencial de las medidas propuestas.

V Marco Teórico.

5.1 Generalidades de la Empresa.

5.1.1 Actividad Económica.

Empresa privada Ecopaneles S.A dedicada a transformar el cartón de desecho y empaques por medio de un proceso simple en cartón utilitario para otras Industrias; plantillas para zapaterías, empastado de libros, divisiones internas en viviendas económicas, cielos rasos, separadores y angulares en la Industria mediana.

5.1.2 Misión.

- Ser una Empresa amigable con el medio ambiente.
- Transformar el material que hay en el Comercio y la Industria.
- Contribuir a la solución del problema de la contaminación ambiental que genera la basura.

5.1.3 Visión.

En la medida que transformemos la basura en productos útiles, por medio de reciclaje, contribuiremos a la conservación de los bosques y a la solución del problema del calentamiento global causado por la destrucción del medio ambiente.

5.2 Conceptos Clave.

5.2.1 Energía.

La energía se define como la capacidad de realizar trabajo, de producir movimiento, de generar cambio. Es decir, el concepto de energía se define como la capacidad de hacer funcionar las cosas. La unidad de medida que utilizamos para cuantificar la energía es el joule (J), en honor al físico inglés James Prescott Joule (OpenStax, Física Universitaria Volumen 1, 2016).

La energía se manifiesta de diferentes maneras, recibiendo así diferentes denominaciones según las acciones y los cambios que puede provocar. Algunos tipos de energía son: energía mecánica, energía interna, energía eléctrica, energía térmica, energía electromagnética, energía química y energía nuclear (OpenStax, Física Universitaria Volumen 1, 2016).

5.2.1.1 Energía Térmica.

La energía térmica se refiere a la energía contenida en un sistema que es responsable de su temperatura (UNAM).

En el contexto de este trabajo, cuando nos referimos a la energía térmica, estamos hablando de toda la energía suministrada desde la caldera en forma de calor. Una caldera es un dispositivo utilizado para generar vapor o agua caliente. En este caso, la energía térmica se puede transferir de diferentes maneras.

En primer lugar, por la radiación emitida por las tuberías o la propia caldera. Cuando un objeto se calienta a altas temperaturas, emite radiación térmica en forma de ondas electromagnéticas. Esta radiación puede transmitir energía térmica al ambiente circundante, calentando los objetos cercanos o las superficies con las que entra en contacto.

En segundo lugar, por conducción donde el vapor y el agua caliente se convierten en formas de transferir energía térmica. La caldera genera vapor o calienta agua, y estos fluidos se utilizan para transferir calor a otros sistemas o procesos. El vapor puede circular a través de tuberías y transmitir su energía térmica a los dispositivos o equipos que requieran calor.

En resumen, la energía térmica se obtiene a partir de una caldera y se suministra en forma de calor. Esto puede ocurrir mediante la radiación térmica emitida por las tuberías o la propia caldera, así como a través del vapor y el agua caliente generados por la caldera. Estos diferentes mecanismos de transferencia de energía térmica son fundamentales en aplicaciones industriales, sistemas de

calefacción y muchas otras áreas donde se requiere calor para realizar determinados procesos.

5.2.2 Calor Latente.

El calor latente es la energía requerida por una sustancia para cambiar de fase, dicha energía se invierte para el cambio de fase y no para el aumento de temperatura (Yu. V. Jodakov, 1985).

El calor latente se refiere a la cantidad de energía térmica necesaria para cambiar el estado de una sustancia sin que varíe su temperatura. ¿Qué significa esto? Imaginen que tienen un cubito de hielo a una temperatura de 0 grados Celsius. Si añadimos calor al hielo, este comenzará a derretirse, pero su temperatura permanecerá constante. ¿Por qué? Porque la energía térmica que estamos suministrando se utiliza para romper las fuerzas de cohesión entre las moléculas de hielo y convertirlas en agua líquida.

Este proceso de cambio de estado sin variación de temperatura se denomina cambio de fase. En el caso del hielo, el calor latente específico de fusión es la cantidad de energía térmica requerida para que un gramo de hielo se derrita y pase a ser agua líquida a la misma temperatura. Una vez que todo el hielo se ha convertido en agua líquida, la adición de más calor hará que la temperatura del agua aumente.

El calor latente también se aplica a otros cambios de fase, como la vaporización. Si tenemos agua a 100 grados Celsius y le suministramos calor, se evaporará convirtiéndose en vapor de agua. Durante este proceso, la temperatura del agua se mantendrá constante hasta que todo el líquido se haya convertido en vapor. La cantidad de energía térmica necesaria para convertir un gramo de agua líquida en vapor a la misma temperatura se conoce como calor latente de vaporización.

El calor latente es crucial en muchos procesos y aplicaciones prácticas. Por ejemplo, en la refrigeración, se utiliza el calor latente de vaporización para extraer

calor de un espacio, como en los sistemas de aire acondicionado. Además, el calor latente también tiene aplicaciones en la industria, como en la destilación, donde se utiliza para separar diferentes componentes de una mezcla líquida.

En resumen, el calor latente es la energía térmica necesaria para cambiar el estado de una sustancia sin que varíe su temperatura. Este fenómeno ocurre durante los cambios de fase, como la fusión o la vaporización. Comprender el calor latente es esencial para comprender cómo se transfiere y se utiliza la energía térmica en diversos procesos y aplicaciones.

5.2.3 Calor Sensible.

Es la energía que por el contrario se aplica cuando la sustancia no cambia de fase y aumenta su temperatura (Yu. V. Jodakov, 1985).

El calor sensible se refiere a la cantidad de energía térmica que causa un cambio en la temperatura de una sustancia, sin que se produzca un cambio de estado. A diferencia del calor latente, en el calor sensible no hay cambio en la estructura molecular de la sustancia, sino que la energía térmica se utiliza para aumentar o disminuir su temperatura.

Cuando añadimos calor a una sustancia, como un trozo de metal, su temperatura aumenta debido a la absorción de energía térmica. Del mismo modo, cuando retiramos calor de una sustancia, su temperatura disminuye porque la energía térmica está siendo extraída. Este intercambio de energía térmica que afecta directamente la temperatura se conoce como calor sensible.

La cantidad de calor sensible necesaria para producir un cambio específico de temperatura en una sustancia depende de su capacidad calorífica. La capacidad calorífica es una propiedad física que indica cuánta energía térmica se requiere para elevar la temperatura de una cantidad determinada de sustancia en una unidad de temperatura. Por ejemplo, el agua tiene una alta capacidad calorífica, lo que significa que necesita absorber una gran cantidad de calor para aumentar su temperatura.

El calor sensible se utiliza ampliamente en la vida cotidiana y en aplicaciones prácticas. Por ejemplo, en los sistemas de calefacción, se suministra calor sensible a través de radiadores o sistemas de aire caliente para calentar una habitación. Del mismo modo, en los sistemas de enfriamiento, se extrae calor sensible del ambiente mediante el uso de acondicionadores de aire o refrigeradores.

En resumen, el calor sensible es la energía térmica que causa un cambio en la temperatura de una sustancia sin producir un cambio de estado. A diferencia del calor latente, en el calor sensible no hay cambio en la estructura molecular de la sustancia, sino que la energía térmica se utiliza para aumentar o disminuir su temperatura. Comprender el calor sensible es esencial para comprender cómo se transfiere y se utiliza la energía térmica en diversos procesos y aplicaciones.

5.2.4 Entalpía.

La entalpía es el nombre dado a una función de estado de la termodinámica donde la variación permite expresar la cantidad de calor puesto en juego durante una transformación en un sistema, la entalpía se define como la suma de la energía interna y el producto de su volumen y su presión (Yu. V. Jodakov, 1985).

La entalpía es una propiedad termodinámica que se utiliza para describir la cantidad total de energía térmica de un sistema, incluyendo su energía interna y la energía asociada con los cambios de volumen y presión. Se denota por la letra "H" y se mide en unidades de energía, como julios (J) o calorías (cal).

La entalpía se relaciona estrechamente con los procesos de transferencia de calor a presión constante. Cuando se suministra calor a un sistema a presión constante, parte de esa energía térmica se utiliza para aumentar la energía interna del sistema y parte se utiliza para realizar trabajo al expandirse contra una presión externa constante. La entalpía es la suma de la energía interna y el trabajo realizado en el sistema a presión constante, y se representa matemáticamente como:

$$H = U + P * V$$

Donde H es la entalpía, U es la energía interna del sistema, P es la presión y V es el volumen.

La entalpía es particularmente útil para analizar y predecir cambios en los procesos químicos y físicos, como reacciones químicas o cambios de fase. En una reacción química, la entalpía de los reactivos es diferente de la entalpía de los productos. La diferencia entre las entalpías de los productos y los reactivos se conoce como cambio de entalpía (ΔH). Si el cambio de entalpía es negativo, la reacción es exotérmica, lo que significa que libera calor al entorno. Si el cambio de entalpía es positivo, la reacción es endotérmica, lo que implica que absorbe calor del entorno.

La entalpía también es relevante en aplicaciones prácticas, como en el diseño de sistemas de climatización y en la producción de energía. Por ejemplo, en los sistemas de climatización, se utiliza el cambio de entalpía en los procesos de enfriamiento y calentamiento para controlar la temperatura y la humedad del aire. En la producción de energía, se aprovecha la entalpía en procesos como la generación de vapor en centrales eléctricas.

En resumen, la entalpía es una propiedad termodinámica que describe la cantidad total de energía térmica de un sistema. Está relacionada con los cambios de energía interna y trabajo realizado en un sistema a presión constante. La entalpía es útil para analizar y predecir cambios en procesos químicos y físicos, y tiene aplicaciones prácticas en la climatización y la producción de energía.

5.2.5 Entropía.

La entropía puede verse como una medida de desorden molecular, o aleatoriedad molecular. Cuando un sistema se vuelve más desordenado, las posiciones de las moléculas se vuelven cada vez menos predecibles. Definimos la entropía como "La magnitud que representa la energía que no puede utilizarse para producir trabajo" (Cengel Y. , 2009).

La entropía es una medida de la cantidad de desorden o aleatoriedad en un sistema. Se denota por la letra "S" y se mide en unidades de energía divididas por temperatura, como julios por kelvin (J/K).

La entropía está relacionada con la distribución de la energía en un sistema. Un sistema con alta entropía tiene una distribución de energía más dispersa y un mayor desorden, mientras que un sistema con baja entropía tiene una distribución de energía más concentrada y un menor desorden.

Según la segunda ley de la termodinámica, la entropía de un sistema aislado tiende a aumentar con el tiempo. Esto se debe a que los procesos naturales tienden a evolucionar hacia estados de mayor desorden y equilibrio. Por ejemplo, cuando dejamos una taza de café caliente en una habitación fría, la energía térmica del café se dispersa en el entorno, aumentando la entropía total del sistema.

La entropía también se relaciona con la cantidad de calor transferido en un proceso. La variación de entropía de un sistema se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta S = \dot{Q} / T$$

Donde ΔS es el cambio de entropía, \dot{Q} es la cantidad de calor transferido y T es la temperatura en kelvin.

La entropía tiene importantes implicaciones en los procesos termodinámicos. Por ejemplo, en una máquina térmica, la entropía aumenta al realizar trabajo útil, lo que resulta en la generación de calor no aprovechable. Esto está relacionado con la eficiencia de las máquinas y los límites teóricos para la conversión de calor en trabajo.

En la naturaleza, la entropía también está asociada con la dirección de los procesos. Los procesos espontáneos, aquellos que ocurren sin intervención externa, tienden a aumentar la entropía total del sistema y su entorno. Esto se conoce como el aumento de la entropía del universo.

En resumen, la entropía es una medida del desorden o aleatoriedad en un sistema y está relacionada con la distribución de la energía. Tiende a aumentar en los sistemas aislados y está asociada con la cantidad de calor transferido en un proceso. La entropía tiene implicaciones en los procesos termodinámicos, la eficiencia de las máquinas y la dirección de los procesos naturales.

5.2.6 Exergía.

La exergía se define como "El límite superior en la cantidad de trabajo que un dispositivo puede entregar sin violar cualquier ley termodinámica" (Cengel Y. , 2009).

La exergía es una medida de la energía que un sistema termodinámico puede convertir en trabajo útil al interactuar con su entorno. Representa la porción de la energía total de un sistema que está disponible para realizar trabajo mecánico, térmico o químico.

A diferencia de la energía total o la energía interna de un sistema, la exergía considera tanto las condiciones del sistema como las del entorno. Un sistema tiene mayor exergía cuando se encuentra en un estado de equilibrio con el entorno y puede realizar trabajo útil. Por otro lado, si el sistema está lejos del equilibrio o no puede interactuar con el entorno de manera eficiente, su exergía es menor.

La exergía se calcula como la diferencia entre la energía total de un sistema y la energía que no puede convertirse en trabajo útil debido a las irreversibilidades presentes en el proceso. Esta porción de energía que no se puede convertir en trabajo útil se conoce como anergía.

La exergía se puede obtener en diferentes formas de energía, como energía mecánica, energía térmica y energía química. En cada caso, se consideran las condiciones del sistema y del entorno para determinar cuánta energía está disponible para realizar trabajo útil.

La exergía tiene aplicaciones importantes en la optimización de sistemas y procesos energéticos. Permite evaluar la eficiencia de una máquina o sistema en

términos de la cantidad de energía que puede convertirse en trabajo útil en comparación con la energía total suministrada. También es útil para identificar las fuentes de ineficiencia en un sistema y proponer mejoras o ajustes para maximizar la exergía disponible.

En resumen, la exergía es una medida de la energía disponible para realizar trabajo útil en un sistema termodinámico. Representa la porción de energía total que se puede convertir en trabajo aprovechable y considera las condiciones del sistema y del entorno. La exergía es una herramienta importante en la evaluación y optimización de sistemas y procesos energéticos.

5.2.7 Energía Interna.

La energía interna de un sistema termodinámico es, por definición, la suma de las energías mecánicas de todas las moléculas o entidades del sistema. Entonces la energía interna del sistema es el promedio de la energía mecánica total de todas las moléculas (OpenStax, Física Universitaria Volumen 1, 2016).

La energía interna es la energía total asociada con las partículas que componen un sistema termodinámico. Representa la suma de todas las energías cinéticas y potenciales de las moléculas, átomos o partículas que forman el sistema.

La energía interna de un sistema puede cambiar debido a varios factores, como la transferencia de calor, el trabajo realizado sobre el sistema o las reacciones químicas que ocurren en su interior. Sin embargo, es importante destacar que la energía interna solo depende de las propiedades microscópicas del sistema y no de las variables externas, como la presión o el volumen.

La energía interna se denota por la letra "U" y se mide en unidades de energía, como julios (J) o calorías (cal). Es una propiedad extensiva, lo que significa que depende de la cantidad de materia presente en el sistema. Por ejemplo, un vaso de agua caliente tiene una energía interna mayor que un vaso de agua fría, ya que las moléculas en el agua caliente tienen una energía cinética promedio mayor.

La energía interna se relaciona con la primera ley de la termodinámica, que establece que la energía total de un sistema aislado se conserva. Es decir, la energía interna de un sistema puede cambiar debido a la transferencia de calor y el trabajo, pero la suma de estas dos formas de energía siempre se mantiene constante.

La energía interna también está relacionada con otras propiedades termodinámicas, como la temperatura. A medida que aumenta la energía interna de un sistema, en promedio, aumenta la temperatura del sistema. Esto se debe a que la energía interna está asociada con la energía cinética de las partículas, y un aumento en la energía cinética se traduce en un aumento en la temperatura.

En resumen, la energía interna es la energía total asociada con las partículas que componen un sistema termodinámico. Representa la suma de todas las energías cinéticas y potenciales de las partículas y está relacionada con las propiedades microscópicas del sistema. La energía interna puede cambiar debido a la transferencia de calor, el trabajo realizado y las reacciones químicas. Es una propiedad extensiva y se conserva en un sistema aislado.

5.2.8 Flujo Masico.

El flujo másico o caudal másico es la velocidad con la que una masa del fluido pasa por un punto. Se puede calcular como el producto de la densidad del fluido por el flujo volumétrico o caudal volumétrico, que es la velocidad con la que un volumen del fluido pasa por un punto. El flujo másico se mide en unidades de masa por unidad de tiempo, como kilogramos por segundo o libras por segundo (Granada).

El flujo másico es una medida de la cantidad de masa que fluye a través de una sección transversal de un sistema en un intervalo de tiempo determinado. Se denota por la letra " \dot{m} " y se mide en unidades de masa divididas por tiempo, como kilogramos por segundo (kg/s).

El flujo másico se utiliza para describir la tasa a la cual la masa se mueve o se transporta a través de un sistema. Por ejemplo, en un conducto de fluido, el flujo másico representa la cantidad de masa de fluido que pasa a través de una sección transversal del conducto por unidad de tiempo.

El flujo másico se calcula dividiendo la masa que fluye por el tiempo transcurrido. Matemáticamente, se expresa como:

$$\dot{m} = \Delta m / \Delta t$$

Donde \dot{m} es el flujo másico, Δm es el cambio en la masa y Δt es el cambio en el tiempo.

El flujo másico es relevante en una amplia gama de aplicaciones, desde sistemas de transporte de fluidos hasta procesos industriales y termodinámica de gases. En los sistemas de transporte de fluidos, el flujo másico se utiliza para determinar la cantidad de fluido que se mueve a través de tuberías, conductos o canales en un cierto período de tiempo. En los procesos industriales, el flujo másico es una medida importante para controlar la cantidad de materia que se mueve o se procesa en una línea de producción.

En la termodinámica de gases, el flujo másico es especialmente relevante en los intercambiadores de calor. En estos dispositivos, el flujo másico de un fluido (por ejemplo, aire o agua) determina la cantidad de calor que se transfiere entre dos corrientes de fluido. El flujo másico también se utiliza en los cálculos de rendimiento y diseño de equipos de enfriamiento, calentamiento y sistemas de refrigeración.

En resumen, el flujo másico es una medida de la cantidad de masa que fluye a través de un sistema en un intervalo de tiempo determinado. Se utiliza para describir la tasa a la cual la masa se mueve o se transporta. El flujo másico es relevante en aplicaciones de transporte de fluidos, procesos industriales y termodinámica de gases.

5.2.9 Transferencia de Calor.

La transferencia de calor es el proceso por el cual la energía térmica se transfiere de un cuerpo o sistema a otro debido a una diferencia de temperatura. Es una forma de transferencia de energía que ocurre espontáneamente desde una región de mayor temperatura a una región de menor temperatura.

La transferencia de calor puede ocurrir de tres formas diferentes: conducción, convección y radiación.

La conducción es la transferencia de calor a través de un medio sólido, donde la energía térmica se transmite de molécula a molécula por medio de colisiones y vibraciones. Un ejemplo común es el calor que se transfiere a través de una barra metálica cuando se calienta un extremo.

La convección es la transferencia de calor a través de un fluido en movimiento, como el aire o el agua. Se produce mediante el movimiento de las partículas del fluido, que llevan la energía térmica consigo. Un ejemplo es el calentamiento de una habitación cuando se enciende un radiador, donde el aire caliente se eleva y circula por la habitación.

La radiación es la transferencia de calor mediante ondas electromagnéticas, como la radiación infrarroja emitida por una fuente caliente. La energía térmica se transmite sin necesidad de un medio material. Por ejemplo, el calor que recibimos del sol es una forma de transferencia de calor por radiación.

La transferencia de calor se rige por la ley de Fourier, que establece que la cantidad de calor transferido por conducción a través de un material es directamente proporcional al área de transferencia, al gradiente de temperatura y a la conductividad térmica del material.

La transferencia de calor también puede describirse mediante la ley de Newton del enfriamiento/convección, que establece que la tasa de transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura entre el objeto y el

fluido circundante, al coeficiente de transferencia de calor y al área de transferencia.

Es importante tener en cuenta que la transferencia de calor puede ser beneficiosa o no deseada, dependiendo del contexto. Por ejemplo, en aplicaciones de calefacción y refrigeración, buscamos transferir calor de manera controlada para mantener una temperatura adecuada. Por otro lado, en sistemas de aislamiento térmico, queremos minimizar la transferencia de calor para conservar la energía.

En resumen, la transferencia de calor es el proceso por el cual la energía térmica se transfiere de un cuerpo o sistema a otro debido a una diferencia de temperatura. Puede ocurrir por conducción, convección y radiación. La transferencia de calor se rige por las leyes de Fourier y Newton y es una parte fundamental de numerosos procesos termodinámicos y aplicaciones prácticas.

5.2.10 Coeficiente de Desempeño (COP).

La eficiencia de las máquinas térmicas se expresa en términos de coeficiente de desempeño (COP; Coefficient of performance) la relación de dicho coeficiente depende de la función de dicha máquina térmica, si esta pretende agregar calor o removerlo. En nuestro caso como estamos trabajando un ciclo de vapor (que agrega calor) la medida de desempeño se expresaría como "La salida deseada entre la entrada requerida" (Cengel Y. , 2009).

El coeficiente de desempeño (COP) es una medida de la eficiencia de un sistema de refrigeración o bomba de calor. Representa la relación entre la energía térmica transferida o extraída por el sistema y la energía requerida o consumida para lograr esa transferencia.

En el caso de los sistemas de refrigeración, el COP se define como la relación entre la energía térmica extraída del espacio refrigerado y la energía eléctrica consumida por el compresor u otro dispositivo de trabajo. Cuanto mayor sea el

COP, más eficiente será el sistema de refrigeración, ya que se logra una mayor cantidad de enfriamiento con una menor cantidad de energía eléctrica consumida.

En el caso de las bombas de calor, el COP se define como la relación entre la energía térmica transferida desde una fuente de calor (como el aire, el agua o el suelo) y la energía eléctrica consumida por el compresor u otro dispositivo de trabajo. Un COP mayor indica una mayor eficiencia, ya que se logra una mayor transferencia de calor desde la fuente de calor a un espacio o fluido que se desea calentar.

El COP se calcula dividiendo la energía térmica transferida (en unidades de calorías o julios) por la energía consumida (en unidades de energía, como vatios o kilovatios).

$$\text{COP} = \text{Energía térmica transferida} / \text{Energía consumida}$$

Es importante tener en cuenta que el COP es una medida idealizada de la eficiencia, ya que no tiene en cuenta otras pérdidas o factores externos que pueden afectar el rendimiento real de un sistema. Sin embargo, sigue siendo una herramienta útil para comparar y evaluar diferentes sistemas de refrigeración o bombas de calor.

El COP varía según el diseño y la tecnología utilizada en un sistema. Por ejemplo, los sistemas de refrigeración más eficientes pueden tener un COP de 3 o más, lo que significa que, por cada unidad de energía eléctrica consumida, se extraen tres unidades de energía térmica. En el caso de las bombas de calor, un COP de 4 indica que, por cada unidad de energía eléctrica consumida, se transfieren cuatro unidades de energía térmica desde la fuente de calor.

En resumen, el coeficiente de desempeño (COP) es una medida de la eficiencia de un sistema de refrigeración o bomba de calor. Representa la relación entre la energía térmica transferida y la energía requerida o consumida para lograr esa transferencia. Un COP mayor indica una mayor eficiencia en la transferencia de calor. El COP se utiliza para comparar y evaluar diferentes sistemas y tecnologías.

5.3 Vapor Como Herramienta de Productiva.

A lo largo de la historia, la humanidad ha buscado constantemente mejorar sus métodos de producción para aumentar la eficiencia y satisfacer las crecientes demandas de la sociedad. Uno de los avances más significativos en este sentido fue la invención y posterior implementación de la tecnología del vapor. Desde sus primeros usos en la antigüedad hasta la Revolución Industrial y más allá, el vapor ha sido una herramienta clave en la transformación de la producción y el progreso humano. En este apartado, exploraremos cómo el vapor ha evolucionado y revolucionado los procesos productivos a lo largo del tiempo, así como su impacto en la sociedad y la economía.

El vapor en la antigüedad:

El vapor no es una invención moderna, ya que su uso se remonta a la antigua Grecia y Egipto. Aunque en aquel entonces se utilizaba principalmente para crear efectos teatrales o para experimentos científicos, sentó las bases para futuros desarrollos. La invención de la máquina de vapor en el siglo I d.C. por el ingeniero griego Herón de Alejandría fue un hito importante, ya que demostró el potencial del vapor como una fuerza motriz.

La Revolución Industrial:

El verdadero impacto del vapor en la producción comenzó durante la Revolución Industrial en el siglo XVIII. La invención de la máquina de vapor por James Watt en 1776 revolucionó la industria textil, la minería y el transporte. La energía del vapor permitió el funcionamiento de las máquinas de hilado y tejido, aumentando la producción de textiles de manera exponencial. Además, el vapor impulsó el desarrollo de la minería al permitir el drenaje de las minas y la extracción de minerales de manera más eficiente.

La era del ferrocarril:

El vapor también desempeñó un papel fundamental en el desarrollo del transporte. La invención de la locomotora de vapor por George Stephenson en

1814 allanó el camino para la construcción de ferrocarriles. Los trenes de vapor permitieron el transporte rápido y eficiente de mercancías y personas a distancias antes impensables. Esto facilitó el comercio y la comunicación, conectando regiones y fomentando el crecimiento económico y social.

La industrialización global:

La influencia del vapor se extendió rápidamente a otras industrias, como la producción de acero, la generación de electricidad y la fabricación en general. Las máquinas de vapor se utilizaron para impulsar maquinarias pesadas y producir grandes cantidades de productos manufacturados. La eficiencia y la velocidad mejoradas aumentaron la productividad y redujeron los costos de producción, lo que condujo a la industrialización a escala global.

La era de la energía renovable:

A medida que avanzamos hacia el siglo XXI, la preocupación por el medio ambiente y la sostenibilidad ha impulsado la búsqueda de alternativas al vapor basadas en energías renovables. Sin embargo, no podemos subestimar el impacto duradero que tuvo el vapor en la producción y en la configuración del mundo moderno. Sus avances técnicos y su capacidad para impulsar la innovación han dejado un legado que continúa influyendo en nuestra sociedad hasta el día de hoy.

El vapor ha sido una herramienta fundamental en la transformación de la producción a lo largo del tiempo. Desde sus inicios en la antigüedad hasta la Revolución Industrial y más allá, el vapor ha impulsado la eficiencia, la productividad y el progreso económico. Su impacto se ha extendido a diversas industrias, desde la producción textil y la minería hasta el transporte y la generación de energía. Aunque la tecnología del vapor ha sido reemplazada en gran medida por fuentes de energía más limpias y sostenibles en la actualidad, no podemos ignorar su importancia histórica y su legado duradero en la forma en que producimos y vivimos en la actualidad.

5.3.1 Calidad del Vapor.

La calidad del vapor es una medida que indica la proporción de masa de vapor en una mezcla líquido-vapor. Representa la fracción de la masa total de la mezcla que está en forma de vapor, en contraste con la fracción que está en forma de líquido. La calidad del vapor se denota comúnmente por la letra "x".

En una mezcla líquido-vapor, como la que se encuentra en un sistema de calderas o en un ciclo de vapor en una planta de energía, el vapor y el líquido coexisten en equilibrio termodinámico. La calidad del vapor puede variar desde 0 (representando una mezcla totalmente líquida) hasta 1 (representando una mezcla totalmente en estado de vapor).

Cuando la calidad del vapor es igual a 0, la mezcla consiste únicamente en líquido. A medida que aumenta la calidad del vapor, la fracción de masa en forma de vapor aumenta, y el líquido se evapora convirtiéndose en vapor.

La calidad del vapor se relaciona directamente con el contenido de energía de la mezcla. A medida que la calidad del vapor aumenta, la mezcla contiene una mayor cantidad de energía térmica debido al aumento de la fracción de vapor. Esta relación es importante en el cálculo de la transferencia de calor y el trabajo en sistemas de vapor.

La calidad del vapor se calcula dividiendo la masa de vapor presente en la mezcla por la masa total de la mezcla. Matemáticamente, se expresa como:

$$x = m_{vapor} / m_{Total}$$

Donde x es la calidad del vapor, m_vapor es la masa de vapor y m_total es la masa total de la mezcla.

Es importante tener en cuenta que la calidad del vapor puede cambiar durante el proceso de calentamiento o enfriamiento de una mezcla líquido-vapor. A medida que se agrega calor a la mezcla, la calidad del vapor aumenta, ya que más líquido se evapora y se convierte en vapor. Por otro lado, al extraer calor de la mezcla, la

calidad del vapor disminuye, ya que el vapor se condensa y se convierte en líquido.

En resumen, la calidad del vapor es una medida que indica la proporción de masa de vapor en una mezcla líquido-vapor. Varía desde 0 (mezcla totalmente líquida) hasta 1 (mezcla totalmente en estado de vapor). La calidad del vapor se relaciona con el contenido de energía de la mezcla y es importante en el cálculo de la transferencia de calor y el trabajo en sistemas de vapor.

5.3.2 Tratamiento del Agua.

En los ciclos de vapor, como los que se encuentran en plantas de energía o calderas industriales, el agua se utiliza como medio de trabajo para generar vapor y producir energía. Sin embargo, el agua contiene impurezas y minerales disueltos que pueden afectar negativamente el rendimiento y la vida útil de los equipos.

El tratamiento del agua en los ciclos de vapor se refiere a las técnicas y procesos utilizados para purificar y acondicionar el agua de alimentación del sistema, a fin de minimizar los efectos perjudiciales de las impurezas y mantener la eficiencia operativa.

El tratamiento del agua tiene varios objetivos clave:

Eliminación de impurezas: El agua de alimentación puede contener partículas suspendidas, como arena o sedimentos, así como impurezas disueltas, como sales minerales. Estas impurezas pueden causar obstrucciones en las tuberías, generar depósitos en los intercambiadores de calor y disminuir la eficiencia del sistema. El tratamiento del agua utiliza técnicas de filtración y sedimentación para eliminar estas impurezas y asegurar un flujo de agua limpio.

Control de la corrosión: El agua de alimentación también puede contener oxígeno disuelto y otros gases corrosivos que pueden dañar los componentes metálicos del sistema de vapor. El tratamiento del agua incluye la eliminación de gases corrosivos y la adición de inhibidores de corrosión para proteger los equipos y prolongar su vida útil.

Prevención de incrustaciones: Al calentar agua en los ciclos de vapor, pueden producirse precipitaciones de sales minerales que forman depósitos o incrustaciones en las superficies de intercambio de calor. Estas incrustaciones reducen la transferencia de calor y aumentan la resistencia al flujo, lo que disminuye la eficiencia del sistema. El tratamiento del agua utiliza agentes dispersantes y secuestradores de minerales para prevenir la formación de incrustaciones y mantener las superficies limpias.

Control de la concentración de sólidos: A medida que el agua se evapora y se convierte en vapor, los minerales disueltos se concentran. Si la concentración de sólidos es demasiado alta, puede producirse la formación de incrustaciones y corrosión. El tratamiento del agua incluye técnicas de eliminación de sólidos, como la purga continua o el uso de equipos de desmineralización, para mantener la concentración de sólidos dentro de los límites aceptables.

El tratamiento del agua en los ciclos de vapor es fundamental para garantizar un funcionamiento eficiente, seguro y confiable de los sistemas. Un adecuado tratamiento del agua ayuda a prevenir problemas como la corrosión, las incrustaciones y las obstrucciones, lo que a su vez mejora la eficiencia energética, reduce los costos de mantenimiento y prolonga la vida útil de los equipos.

En resumen, el tratamiento del agua en los ciclos de vapor implica la purificación y acondicionamiento del agua de alimentación para eliminar impurezas, controlar la corrosión, prevenir incrustaciones y mantener la concentración de sólidos dentro de los límites aceptables. Es fundamental para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro de los sistemas de vapor.

5.4 Combustibles.

Un combustible es una sustancia que puede arder en presencia de un comburente (generalmente oxígeno) y liberar energía en forma de calor y luz. Los combustibles se clasifican según su estado físico en sólidos, líquidos y gaseosos. Algunos ejemplos de combustibles son el carbón, el petróleo, el gas natural, la leña, el alcohol o el hidrógeno (Petrosport, 2017).

5.4.1 Combustibles de Uso Industrial.

En el desarrollo de la humanidad, la búsqueda de fuentes de energía eficientes y confiables ha sido fundamental para impulsar la producción industrial. Uno de los elementos clave en este aspecto ha sido la utilización de diversos combustibles de uso industrial. Desde los primeros usos de la leña y el carbón hasta la era de los combustibles fósiles y la transición hacia alternativas más sostenibles, estos combustibles han desempeñado un papel crucial en el desarrollo económico y la transformación de la producción a lo largo del tiempo.

Los combustibles tradicionales:

Los primeros combustibles utilizados a lo largo de la historia fueron la leña y el carbón. Estos recursos naturales fueron esenciales para la generación de calor y energía en diversas actividades industriales, como la cocción de alimentos y la producción de cerámica. Sin embargo, su disponibilidad limitada y su impacto negativo en la calidad del aire y el medio ambiente llevaron a la búsqueda de alternativas más eficientes.

La era de los combustibles fósiles:

Con la llegada de la Revolución Industrial, se produjo un cambio significativo en la fuente de energía utilizada en la producción industrial. Los combustibles fósiles, como el petróleo, el gas natural y el carbón mineral, se convirtieron en los principales impulsores de la producción. Estos combustibles ofrecían una mayor densidad energética y un suministro más abundante, lo que permitió un aumento significativo en la producción y la expansión de sectores clave como la industria manufacturera, la generación de electricidad y el transporte.

Impacto en la sociedad y el entorno:

La utilización masiva de combustibles de uso industrial tuvo un impacto profundo en la sociedad y el medio ambiente. Por un lado, impulsó el crecimiento económico, la creación de empleo y la mejora de la calidad de vida en muchas regiones. Por otro lado, también provocó desafíos ambientales, como la

contaminación del aire, el cambio climático y la degradación de los ecosistemas. La dependencia excesiva de los combustibles fósiles planteó la necesidad de buscar alternativas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

La transición hacia energías renovables:

En la actualidad, enfrentamos el desafío de encontrar soluciones energéticas más sostenibles y reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles. La transición hacia fuentes de energía renovable, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica y la biomasa, está ganando impulso en el ámbito industrial. Estas alternativas ofrecen beneficios ambientales significativos, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la conservación de los recursos naturales.

Desafíos y oportunidades:

La transición hacia combustibles de uso industrial más sostenibles presenta desafíos y oportunidades. Por un lado, los costos de inversión y las limitaciones tecnológicas son obstáculos a superar. Sin embargo, esta transición también ofrece la oportunidad de desarrollar nuevas industrias, crear empleo en el sector de las energías renovables y reducir el impacto ambiental. Además, la eficiencia energética y la implementación de tecnologías más limpias pueden ayudar a maximizar el uso de los combustibles de uso industrial existentes y minimizar su impacto negativo.

Los combustibles de uso industrial han sido impulsores clave de la producción a lo largo de la historia, desde los combustibles tradicionales hasta la era de los combustibles fósiles. Si bien han brindado beneficios significativos para el crecimiento económico, también han planteado desafíos ambientales y la necesidad de transitar hacia fuentes de energía más sostenibles. La transición hacia combustibles de uso industrial más limpios y la adopción de tecnologías energéticas renovables presentan oportunidades para promover un desarrollo más sostenible y responsable. Al abordar estos desafíos de manera efectiva,

podemos construir una sociedad más equilibrada y preservar nuestro entorno para las generaciones futuras.

5.4.1.1 Desechos Textiles Como Combustible Industrial.

En la actualidad, la gestión adecuada de los desechos textiles se ha convertido en un desafío crucial debido a su impacto ambiental y a la creciente conciencia sobre la sostenibilidad. Sin embargo, estos desechos también presentan una oportunidad única ya que pueden ser utilizados como combustible industrial.

Los desafíos de los desechos textiles:

La industria textil genera grandes cantidades de desechos, que incluyen recortes de tela, prendas no vendidas, productos defectuosos y textiles desechados por los consumidores. Estos desechos representan un problema ambiental debido a su volumen y a la dificultad para su eliminación adecuada. Su acumulación en vertederos contribuye a la contaminación y al desperdicio de recursos.

Conversión en combustible industrial:

Una solución prometedora es la conversión de los desechos textiles en combustible industrial. Mediante procesos de descomposición térmica, los desechos textiles pueden transformarse en un combustible llamado "combustible derivado de residuos" (CDR) o "combustible sólido recuperado" (CSR). Estos combustibles pueden utilizarse como una fuente alternativa de energía en la producción industrial, reemplazando parcialmente a los combustibles fósiles convencionales.

Beneficios de los desechos textiles como combustible industrial:

El uso de desechos textiles como combustible industrial ofrece varios beneficios. En primer lugar, reduce la dependencia de los combustibles fósiles y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. Además, permite aprovechar un recurso

previamente desechado y darle un nuevo propósito, evitando así el desperdicio y fomentando la economía circular. Por último, la utilización de estos combustibles puede reducir los costos de producción al proporcionar una fuente de energía más económica en comparación con los combustibles tradicionales.

Desafíos y consideraciones:

La implementación de los desechos textiles como combustible industrial también enfrenta desafíos. En primer lugar, es necesario garantizar la disponibilidad y calidad de los desechos textiles adecuados para su conversión en combustible. Además, es fundamental contar con tecnologías y procesos eficientes de conversión térmica que minimicen las emisiones y maximicen la eficiencia energética. También se deben abordar las preocupaciones sobre la contaminación y los riesgos asociados con el manejo de los desechos textiles y su conversión en combustible.

El papel de la regulación y la conciencia pública:

Para promover el uso de los desechos textiles como combustible industrial, es necesario contar con una regulación adecuada que fomente prácticas sostenibles y seguras. Además, la conciencia pública sobre la importancia de la gestión adecuada de los desechos textiles y el uso responsable de los recursos puede impulsar la adopción de estas soluciones y motivar a las empresas y consumidores a participar activamente en la economía circular.

La utilización de los desechos textiles como combustible industrial ofrece una solución sostenible para la gestión de estos residuos y la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles. Su conversión en combustible representa una oportunidad para aprovechar un recurso previamente desechado y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, se deben abordar los desafíos tecnológicos, la calidad de los desechos textiles y las preocupaciones ambientales para garantizar una implementación efectiva y segura. Con la combinación de regulaciones adecuadas y una mayor conciencia pública, los desechos textiles pueden convertirse en un valioso recurso energético

en la producción industrial, fomentando la economía circular y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

5.5 Reciclaje.

El reciclaje es el proceso de transformar los residuos en nuevos materiales o productos, con el fin de evitar el desperdicio de recursos útiles, reducir el consumo de energía y materias primas, disminuir la contaminación ambiental y la emisión de gases de efecto invernadero. El reciclaje forma parte de la estrategia de gestión de residuos conocida como las tres erres: reducir, reutilizar y reciclar (Ecoembes, 2019).

5.5.1 Industria del Reciclaje.

El reciclaje se ha convertido en una pieza fundamental para abordar los desafíos ambientales y promover la sostenibilidad en todo el mundo. En Nicaragua, la industria del reciclaje ha surgido como una actividad en crecimiento que busca enfrentar los problemas de gestión de residuos y generar impactos positivos en el entorno y la economía del país.

Crecimiento de la industria del reciclaje en Nicaragua:

En los últimos años, la industria del reciclaje en Nicaragua ha experimentado un crecimiento significativo. Se han establecido empresas y organizaciones dedicadas a la recolección, clasificación y procesamiento de diferentes tipos de materiales reciclables, como plásticos, papel, vidrio y metales. Este crecimiento refleja la creciente conciencia ambiental y la necesidad de adoptar prácticas sostenibles en la gestión de residuos.

Beneficios del reciclaje en Nicaragua:

El reciclaje en Nicaragua ofrece una serie de beneficios importantes. En primer lugar, contribuye a la reducción de la contaminación ambiental al evitar que los materiales reciclables terminen en vertederos o sean incinerados. Además, el reciclaje promueve el ahorro de recursos naturales al reutilizar materiales

existentes en lugar de extraer y procesar nuevos. Asimismo, la industria del reciclaje crea oportunidades de empleo y fomenta el desarrollo económico local.

Desafíos y barreras:

A pesar del crecimiento de la industria del reciclaje en Nicaragua, aún enfrenta desafíos significativos. Uno de los desafíos principales es la falta de infraestructura adecuada para la recolección, separación y procesamiento eficiente de los materiales reciclables. La educación y la concienciación pública también son aspectos clave, ya que es fundamental promover la participación activa de la población en la separación y el reciclaje de residuos. Además, se requiere una regulación clara y un apoyo gubernamental para establecer políticas y programas que impulsen y respalden el desarrollo de la industria del reciclaje.

Oportunidades para la sostenibilidad y el desarrollo económico:

La industria del reciclaje en Nicaragua presenta oportunidades significativas para promover la sostenibilidad y el desarrollo económico. El país cuenta con una amplia gama de recursos naturales reciclables, lo que puede generar empleo y oportunidades de emprendimiento en la cadena de valor del reciclaje. Además, el crecimiento de la industria del reciclaje puede impulsar la economía circular, fomentando la reducción, reutilización y reciclaje de materiales, así como la innovación en la creación de productos reciclados.

El papel de la educación y la colaboración:

Para fortalecer y expandir la industria del reciclaje en Nicaragua, es fundamental promover la educación y la conciencia sobre la importancia del reciclaje en la sociedad. Esto incluye programas educativos en escuelas y comunidades, campañas de sensibilización y la promoción de la responsabilidad individual y colectiva en la gestión de residuos. Además, la colaboración entre el gobierno, el sector empresarial, las organizaciones de la sociedad civil y la comunidad en general es esencial para establecer políticas efectivas, mejorar la infraestructura y superar los desafíos existentes.

La industria del reciclaje en Nicaragua desempeña un papel fundamental en la promoción de la sostenibilidad y el desarrollo económico. A través de la recolección, clasificación y procesamiento de materiales reciclables, esta industria contribuye a la reducción de la contaminación, el ahorro de recursos naturales y la generación de empleo. Sin embargo, se enfrentan desafíos importantes, como la falta de infraestructura y la necesidad de concienciación pública. Mediante la promoción de la educación, la colaboración y la implementación de políticas adecuadas, Nicaragua puede aprovechar las oportunidades que ofrece el reciclaje para avanzar hacia un futuro más sostenible y próspero.

5.5.2 Reciclaje de Papel y Cartón.

En la industria del reciclaje en Nicaragua, el papel y el cartón desempeñan un papel destacado debido a su alto volumen de generación y su potencial para ser reutilizados. El reciclaje de papel y cartón contribuye significativamente a la sostenibilidad y promueve la economía circular al reducir la tala de árboles y la demanda de materias primas vírgenes.

Importancia del reciclaje de papel y cartón:

El papel y el cartón son materiales ampliamente utilizados en la sociedad, tanto en hogares como en empresas. El reciclaje de estos materiales es esencial para reducir la deforestación y el consumo de energía en la producción de papel virgen. Al reciclar papel y cartón, se pueden obtener fibras recuperadas que se utilizan para fabricar nuevos productos, reduciendo así la demanda de materias primas naturales.

Beneficios del reciclaje de papel y cartón:

El reciclaje de papel y cartón en Nicaragua ofrece numerosos beneficios. En primer lugar, ayuda a conservar los recursos naturales, ya que el papel y el cartón reciclados evitan la necesidad de talar árboles y reducen la demanda de agua y energía en comparación con la producción de papel virgen. Además, el reciclaje de papel y cartón contribuye a la reducción de la contaminación del aire y del agua,

así como a la disminución de los residuos en vertederos. También es una fuente importante de empleo y promueve la economía circular al cerrar el ciclo de vida de estos materiales.

Desafíos y barreras en el reciclaje de papel y cartón:

A pesar de los beneficios, el reciclaje de papel y cartón enfrenta desafíos en Nicaragua. Uno de los desafíos es la falta de conciencia y educación sobre la importancia del reciclaje en la sociedad. Es fundamental fomentar la separación adecuada de los residuos de papel y cartón en los hogares y empresas, así como promover la participación activa en los programas de reciclaje. Además, se requiere una infraestructura adecuada para la recolección, clasificación y procesamiento eficiente de estos materiales, así como la capacitación y apoyo a los trabajadores del sector.

Oportunidades para la sostenibilidad y el desarrollo económico:

El reciclaje de papel y cartón en Nicaragua ofrece oportunidades significativas para fomentar la sostenibilidad y el desarrollo económico. La demanda de papel y cartón reciclados está en aumento, lo que puede generar empleo y oportunidades de negocio en la cadena de valor del reciclaje. Además, el desarrollo de la industria del reciclaje de papel y cartón puede fomentar la innovación en la creación de productos reciclados y la colaboración con otros sectores, como el diseño y la fabricación de envases sostenibles.

Rol de la educación y la colaboración:

Para fortalecer el reciclaje de papel y cartón en Nicaragua, es crucial promover la educación y la conciencia sobre su importancia y los beneficios asociados. Esto incluye campañas de sensibilización en escuelas, empresas y comunidades, así como la implementación de programas de capacitación para promover buenas prácticas de reciclaje. Además, la colaboración entre el gobierno, las empresas, las organizaciones de la sociedad civil y los ciudadanos es esencial para

establecer políticas sólidas, invertir en infraestructura adecuada y superar los desafíos existentes.

El reciclaje de papel y cartón en Nicaragua desempeña un papel clave en la promoción de la sostenibilidad y la economía circular. Al reducir la tala de árboles y la demanda de energía y agua en la producción de papel, el reciclaje de estos materiales contribuye a la conservación de los recursos naturales y a la reducción de la contaminación. Aunque existen desafíos, como la conciencia pública y la infraestructura adecuada, hay oportunidades para impulsar la sostenibilidad y el desarrollo económico a través del reciclaje de papel y cartón. Mediante la educación, la colaboración y la implementación de políticas efectivas, Nicaragua puede aprovechar al máximo los beneficios del reciclaje de papel y cartón y avanzar hacia una sociedad más sostenible y responsable con el medio ambiente.

5.6 Diagnostico Energético.

El diagnóstico energético es una herramienta fundamental para evaluar el aprovechamiento de la energía térmica en un sistema y descubrir oportunidades de ahorro. Consiste en un estudio exhaustivo que abarca todos los aspectos relacionados con la eficiencia energética, con el objetivo de identificar áreas de mejora y optimización.

El análisis energético se lleva a cabo en diversos tipos de instalaciones, como edificios residenciales, comerciales e industriales. Durante el proceso de diagnóstico, se recopila información detallada sobre el consumo energético, los equipos utilizados y las condiciones operativas. Esta recopilación de datos se realiza mediante inspecciones, mediciones y registros de consumo.

Una vez recopilada la información, se procede a realizar un análisis exhaustivo de los datos obtenidos. Esto implica evaluar el rendimiento de los equipos y sistemas de energía térmica, identificar posibles fugas o pérdidas de energía, y determinar las áreas en las que se puede mejorar la eficiencia.

Una de las principales ventajas de llevar a cabo un diagnóstico energético es el aumento en la eficiencia de los equipos. Al identificar los problemas o deficiencias en el sistema, se pueden tomar medidas correctivas para optimizar su rendimiento. Esto puede incluir desde la implementación de mejoras en la gestión de la energía hasta la sustitución de equipos obsoletos por modelos más eficientes.

Además del beneficio en la eficiencia de los equipos, el diagnóstico energético también puede contribuir a la seguridad de los trabajadores. Durante el análisis, se pueden identificar situaciones de riesgo, como fugas de gases, problemas de ventilación o equipos defectuosos. Al abordar estos problemas, se mejora la seguridad en el lugar de trabajo y se reducen los riesgos asociados.

Otro aspecto importante del diagnóstico energético es su impacto en los gastos operativos. Al identificar las áreas de mayor consumo energético y las oportunidades de ahorro, se pueden implementar medidas que reduzcan los costos asociados. Esto puede incluir desde ajustes en la programación de los equipos hasta la implementación de sistemas de control más eficientes.

Además de los beneficios económicos a corto plazo, el diagnóstico energético también puede contribuir a alargar la vida útil de los equipos. Al detectar y corregir problemas en etapas tempranas, se evita un desgaste prematuro de los equipos y se prolonga su vida útil. Esto se traduce en un ahorro a largo plazo, ya que se reduce la necesidad de reemplazar equipos con frecuencia.

En resumen, el diagnóstico energético es una herramienta valiosa para evaluar el aprovechamiento de la energía térmica y encontrar oportunidades de ahorro en los sistemas. Mediante un análisis exhaustivo de los datos recopilados, se pueden identificar áreas de mejora en la eficiencia de los equipos, aumentar la seguridad de los trabajadores, reducir los gastos operativos y alargar la vida útil de los equipos. En un contexto en el que la eficiencia energética y la sostenibilidad son cada vez más importantes, el diagnóstico energético se convierte en una práctica esencial para optimizar el uso de los recursos y reducir el impacto ambiental.

5.6.1 Ahorro Energético.

Es evidente que las empresas son los mayores consumidores energéticos en la actualidad. Por lo tanto, es crucial implementar las mejores prácticas de ahorro energético con el objetivo de identificar las mejores oportunidades dentro de los ecosistemas empresariales. En los albores de la revolución industrial, se experimentó un crecimiento exponencial impulsado por un derroche irresponsable de recursos, lo cual resultó ser insostenible a largo plazo. En este sentido, es imperativo comprender que el ahorro energético no solo es beneficioso desde una perspectiva de costos, sino también para el propio medio ambiente.

El sector empresarial desempeña un papel fundamental en el consumo energético global, ya que utiliza una cantidad significativa de recursos para llevar a cabo sus actividades diarias. Esto incluye desde la iluminación de sus instalaciones hasta el funcionamiento de maquinarias y equipos especializados. Al implementar medidas de ahorro energético en las empresas, se busca optimizar el uso de estos recursos y reducir el impacto ambiental.

Históricamente, la falta de conciencia sobre la importancia de la eficiencia energética y el ahorro de recursos llevó a un derroche irresponsable de energía en muchas empresas. Sin embargo, en las últimas décadas, se ha producido un cambio significativo en la mentalidad empresarial, impulsado por la creciente preocupación por el medio ambiente y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

La implementación de prácticas ahorrativas en el ámbito empresarial tiene múltiples beneficios. En primer lugar, el ahorro energético puede generar importantes ahorros económicos a largo plazo. Al reducir el consumo de energía, las empresas pueden disminuir sus costos operativos, lo cual tiene un impacto directo en sus resultados financieros. Además, el ahorro energético puede aumentar la competitividad de las empresas, al permitirles ofrecer productos y servicios más eficientes desde el punto de vista energético.

Sin embargo, el beneficio económico no es el único factor a considerar. El ahorro energético también desempeña un papel crucial en la protección del medio ambiente. La producción y el consumo de energía son responsables de una gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, que contribuyen al cambio climático. Al reducir el consumo energético, las empresas pueden disminuir su huella de carbono y contribuir a la lucha contra el calentamiento global.

Además, el ahorro energético también puede fomentar una imagen empresarial más responsable y sostenible. Cada vez más consumidores valoran las prácticas sostenibles y buscan apoyar a empresas comprometidas con la protección del medio ambiente. Al implementar medidas de ahorro energético, las empresas pueden fortalecer su reputación y atraer a un segmento de consumidores más conscientes.

En conclusión, el ahorro energético en el sector empresarial es esencial tanto desde una perspectiva económica como medioambiental. Al implementar las mejores prácticas ahorrativas, las empresas pueden reducir sus costos operativos, mejorar su competitividad y contribuir a la protección del medio ambiente. Es fundamental que las empresas asuman la responsabilidad de optimizar su consumo energético y promover un uso eficiente de los recursos, ya que esto no solo beneficia su propio desempeño, sino también al planeta en general.

5.6.2 Eficiencia.

La eficiencia es la capacidad de lograr un objetivo o un resultado utilizando la menor cantidad de recursos posibles. La eficiencia se puede medir como la relación entre el resultado obtenido y los recursos empleados. La eficiencia implica optimizar el uso de los recursos disponibles y evitar el desperdicio. La eficiencia se puede aplicar a diferentes ámbitos, como la economía, la producción, la energía o la gestión (VV.AA, La medición de la eficiencia y la productividad, 2001).

5.6.2.1 Eficiencia Energética.

La eficiencia energética es el hecho de minimizar la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda sin afectar su calidad, no supone, por tanto, cambios en los hábitos de consumo, pero si en consumir menos energía. (C., U., & R.G., 2008).

La eficiencia energética se refiere a la relación entre la energía utilizada en un sistema y los resultados o beneficios obtenidos. Se trata de utilizar la menor cantidad de energía posible para lograr una determinada tarea, maximizando así el aprovechamiento de los recursos energéticos.

La eficiencia energética es esencial por varias razones:

Conservación de recursos: Al utilizar la energía de manera eficiente, reducimos la demanda de recursos energéticos, como los combustibles fósiles. Esto es especialmente importante en un contexto de escasez de recursos y cambio climático. Al disminuir la cantidad de energía utilizada, podemos conservar los recursos naturales y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Reducción de costos: La eficiencia energética permite disminuir los costos asociados al consumo de energía. Al utilizar menos energía para obtener los mismos resultados, se reducen los gastos en electricidad, gasolina u otros combustibles. Esto es beneficioso tanto para los hogares como para las empresas, ya que se pueden obtener ahorros significativos a largo plazo.

Mejora del rendimiento: Al aplicar principios de eficiencia energética, se puede mejorar el rendimiento de los sistemas y equipos. Por ejemplo, los electrodomésticos o vehículos eficientes consumen menos energía y, al mismo tiempo, ofrecen un rendimiento óptimo. Esto se traduce en un mayor confort, productividad y satisfacción para los usuarios.

Impacto ambiental reducido: Al reducir la cantidad de energía utilizada, se disminuye la emisión de gases contaminantes y el impacto ambiental asociado a

su generación. Esto contribuye a la mitigación del cambio climático, la preservación de los ecosistemas y la protección del medio ambiente en general.

La eficiencia energética se puede lograr mediante diferentes enfoques, como:

Mejoras en la tecnología: Utilizando equipos y sistemas más eficientes, como electrodomésticos con etiquetas de eficiencia energética, lámparas de bajo consumo o sistemas de calefacción y refrigeración eficientes.

Prácticas y comportamientos conscientes: Adoptando hábitos que promuevan el uso responsable de la energía, como apagar luces innecesarias, utilizar transporte público o compartir viajes, optimizar el uso de equipos, etc.

Diseño y planificación eficiente: En el caso de edificios y ciudades, se puede mejorar la eficiencia energética a través de un diseño inteligente que maximice la iluminación natural, utilice materiales aislantes, fomente la eficiencia en el transporte, entre otros aspectos.

Educación y concienciación: Promoviendo la educación sobre la importancia de la eficiencia energética y sus beneficios, tanto a nivel individual como colectivo. Esto incluye la divulgación de información, programas de capacitación y campañas de sensibilización.

La eficiencia energética se refiere a la utilización óptima de la energía para lograr resultados deseados, minimizando el consumo y maximizando los beneficios. Es fundamental para conservar recursos, reducir costos, mejorar el rendimiento y disminuir el impacto ambiental. Mediante la aplicación de tecnologías eficientes, prácticas conscientes, diseño inteligente y educación, podemos promover un uso sostenible y responsable de la energía. ¡Espero que esta explicación les haya ayudado a comprender mejor el concepto de eficiencia energética y su importancia!

5.6.3 Norma ISO 50001.

La norma ISO 50001 es una norma internacional que establece los requisitos para implementar y mantener un sistema de gestión de la energía (SGE) en una organización. Un SGE es un conjunto de elementos interrelacionados que permiten planificar, implementar, verificar y mejorar el desempeño energético de una organización. El objetivo de la norma ISO 50001 es ayudar a las organizaciones a reducir su consumo de energía, sus costes y sus emisiones de gases de efecto invernadero, mediante el uso eficiente y racional de la energía (VV.AA, Sistemas de Gestión de la Energía ISO 50001 (Serie Eficiencia Energética), 2014).

La norma ISO 50001 se basa en el ciclo de mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) y se alinea con otros sistemas de gestión, como la norma ISO 9001 de gestión de la calidad y la norma ISO 14001 de gestión ambiental. Proporciona un marco sólido y estructurado para que las organizaciones gestionen su energía de manera eficiente y mejoren su desempeño energético de manera sistemática.

Al implementar un SGE basado en la norma ISO 50001, las organizaciones pueden obtener una serie de beneficios:

Mayor eficiencia energética: La norma ISO 50001 promueve una gestión proactiva de la energía, lo que ayuda a las organizaciones a identificar oportunidades de mejora y adoptar medidas para reducir su consumo energético. Esto incluye la implementación de tecnologías más eficientes, la optimización de procesos y la sensibilización del personal sobre la importancia de la eficiencia energética.

Reducción de costos: Al mejorar la eficiencia energética, las organizaciones pueden lograr ahorros significativos en sus facturas de energía. Al identificar y controlar los puntos de consumo de energía, se pueden implementar acciones que reduzcan los costos operativos y aumenten la rentabilidad.

Cumplimiento de requisitos legales: La norma ISO 50001 ayuda a las organizaciones a cumplir con los requisitos legales y regulatorios relacionados con la gestión de la energía. Al establecer un marco estructurado de control y seguimiento, las organizaciones pueden demostrar su compromiso con la eficiencia energética y el cumplimiento de las normativas vigentes.

Mejora de la imagen y reputación: La implementación de un SGEN basado en la norma ISO 50001 demuestra el compromiso de una organización con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Esto puede mejorar su imagen de marca y reputación, tanto ante sus clientes como frente a la sociedad en general.

Acceso a nuevos mercados y oportunidades de negocio: La certificación según la norma ISO 50001 puede abrir puertas a nuevos mercados y oportunidades de negocio. Cada vez más clientes y socios comerciales valoran la gestión eficiente de la energía como un criterio clave en sus decisiones de compra.

La norma ISO 50001 establece una serie de requisitos para la implementación del SGEN, como la política energética, la planificación energética, el establecimiento de objetivos y metas, la medición y seguimiento del desempeño energético, la capacitación del personal y la revisión del sistema por la dirección. También se enfoca en la participación y el compromiso de todos los niveles de la organización para lograr resultados exitosos.

En resumen, la norma ISO 50001 es un estándar internacional que establece los requisitos para la implementación de un sistema de gestión de la energía en las organizaciones. Al adoptar esta norma, las organizaciones pueden mejorar su eficiencia energética, reducir costos, cumplir con requisitos legales, fortalecer su imagen y acceder a nuevas oportunidades de negocio.

5.6.4 Parámetros Para evaluar un Diagnóstico Energético

Térmico.

La norma ISO 50001, indica que se deben investigar los siguientes criterios como parte de la revisión energética en una empresa:

- Análisis del consumo y uso de la energía.
- Identificación y usos de la energía (USEN).
- Análisis de oportunidades de desempeño energético (EPOD).

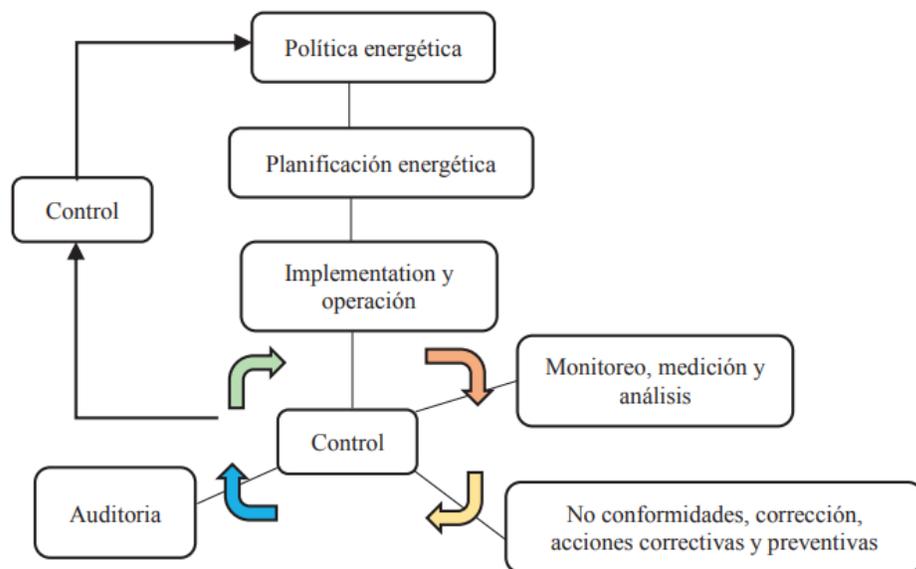


Ilustración 1. Metodología del sistema de gestión de energía.

5.6.4.1 Análisis del Consumo y Uso de la Energía.

El diagnóstico energético implica la identificación y análisis de datos basados en mediciones, y en este caso particular, nos centraremos en el aspecto térmico relacionado con el ciclo de vapor, específicamente en el análisis de la caldera. Adjunto, se encuentra nuestra matriz de recolección de datos, la cual servirá como base para llevar a cabo este análisis detallado.

El objetivo principal de este diagnóstico es evaluar el rendimiento y la eficiencia de la caldera en el ciclo de vapor. Para ello, se recopilaron datos importantes

relacionados con su funcionamiento, tales como la capacidad de generación de vapor, el consumo de combustible, las temperaturas de entrada y salida, las pérdidas de calor, entre otros parámetros relevantes.

La recopilación de estos datos se realizó a través de mediciones directas en el proceso, utilizando instrumentos especializados y registrando las lecturas correspondientes. También se tomarán en cuenta los registros y datos históricos disponibles para obtener una visión más completa del rendimiento de la caldera a lo largo del tiempo.

Una vez que todos los datos fueron recopilados, se procedió al análisis minucioso de los mismos. Este análisis incluyó la evaluación del rendimiento térmico de la caldera, la identificación de posibles pérdidas de energía, la eficiencia de la combustión, el control de las emisiones, entre otros aspectos relevantes.

El diagnóstico energético nos permitió identificar las oportunidades de mejora en el sistema de caldera y, en consecuencia, establecer estrategias y recomendaciones específicas para optimizar su rendimiento.

Además de buscar mejoras en el rendimiento de la caldera, este diagnóstico también puede ayudarnos a identificar posibles problemas de seguridad o cumplimiento normativo. El análisis de los datos puede revelar condiciones operativas inseguras, como altas temperaturas o presiones, fugas de vapor o riesgos potenciales relacionados con el combustible utilizado. En base a estos hallazgos, se podremos tomar las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores y el cumplimiento de las regulaciones pertinentes.

El diagnóstico energético basado en mediciones y análisis de datos nos brinda una visión detallada del rendimiento térmico de la caldera en el ciclo de vapor. Mediante la recopilación de datos precisos y su análisis minucioso, podemos identificar oportunidades de mejora, tanto en términos de eficiencia energética como de seguridad. Con estos resultados, estaremos en condiciones de implementar acciones concretas que contribuyan al uso más eficiente de la

energía, al cumplimiento normativo y al mejor funcionamiento global del sistema de caldera.

5.6.4.2 Indicadores de Eficiencia.

La ISO 50001 dice que una organización debe determinar indicadores de eficiencia (ENPLS), La forma en la que se actualizan y determinan los ENPLS tienen que mantenerse como información documentada. Un ENPL es un análisis que se utiliza para comparar el rendimiento energético antes (Valor de referencia de ENPL) y después (Valor de ENPL resultante o actual) de la implementación de planes de acción como se muestra en el siguiente diagrama.

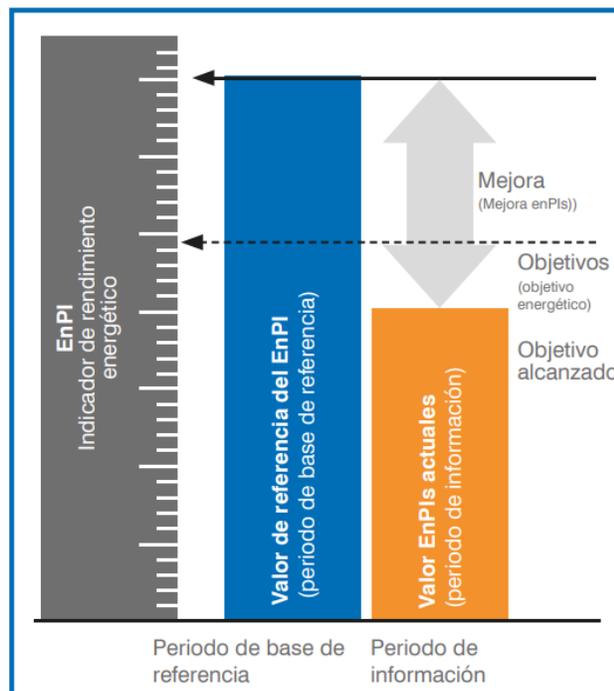


Ilustración 2. Indicadores de rendimiento energético.

5.6.4.3 Consumo y Balance de Energía.

El consumo energético por definición básica es toda la energía que se utiliza para llevar a cabo una acción, ya sea en tu hogar o en tu negocio. (Yu. V. Jodakov, 1985) definen un balance de energía como: Un conjunto de relaciones de

equilibrio que cuantifican los fluidos del proceso de producción, intercambio, transformación y consumo final de la energía, expresados en una unidad común en un mismo periodo de tiempo.

5.6.4.4 Demanda de Potencia.

La demanda de potencia es un concepto fundamental en el suministro de energía eléctrica. Se refiere a la carga instalada, que es la suma de las potencias de todos los equipos que se encuentran en funcionamiento simultáneamente dentro de una instalación. Al solicitar el servicio de suministro eléctrico a una compañía, el consumidor proporciona información sobre esta carga instalada, lo cual es crucial para el dimensionamiento y la planificación del suministro.

La demanda máxima se cobra a los consumidores debido a la necesidad de contar con la infraestructura adecuada para poder satisfacerla en momentos de mayor exigencia. En otras palabras, la compañía eléctrica debe tener la capacidad suficiente para suministrar la potencia requerida por el consumidor en su demanda máxima, incluso si esta demanda es superior a la carga promedio.

La determinación de la demanda máxima es esencial para asegurar un suministro eléctrico confiable y eficiente. Basándose en la carga instalada y en la estimación de la demanda máxima, las compañías eléctricas pueden dimensionar adecuadamente su infraestructura, como las redes de distribución y los transformadores, para garantizar la disponibilidad de potencia necesaria en todo momento.

El cobro de la demanda máxima también tiene una finalidad económica. Al considerar la demanda máxima en el cálculo de los costos de suministro eléctrico, las compañías pueden ajustar las tarifas de acuerdo con la capacidad requerida para satisfacer esa demanda máxima. Esto ayuda a cubrir los costos asociados con la infraestructura necesaria para soportar cargas pico y asegurar la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico.

Es importante destacar que la demanda máxima puede variar a lo largo del tiempo y en función de diversos factores, como las horas punta de consumo o la estacionalidad. Por lo tanto, las compañías eléctricas realizan mediciones y registros de la demanda para tener una visión más precisa de las cargas pico y ajustar su infraestructura en consecuencia.

En conclusión, la demanda de potencia es la carga instalada que refleja la suma de las potencias de todos los equipos en funcionamiento simultáneo dentro de una instalación. Las compañías eléctricas requieren esta información para dimensionar adecuadamente su infraestructura y satisfacer la demanda máxima de los consumidores en momentos de mayor exigencia. El cobro de la demanda máxima tiene como finalidad asegurar un suministro confiable, cubrir los costos asociados y garantizar la calidad del servicio eléctrico. El monitoreo y registro de la demanda máxima son fundamentales para ajustar la infraestructura y adaptarse a las variaciones en el consumo de energía a lo largo del tiempo.

5.6.4.5 Factor de Potencia.

Este se define como la relación entre la potencia activa (KW) usada en un sistema y la potencia aparente (KVA) que se obtiene de las líneas de alimentación. El factor de potencia puede tomar valores entre 0 y 1. (Fowler, 1994), Según el consejo de dirección del instituto nicaragüense de energía, las empresas deben garantizar un factor de potencia mayor a 0.85 (Energía, 2001)

5.6.4.5.1 Consecuencias de un Bajo Factor de Potencia.

- Aumento de la intensidad de la corriente.
- Pérdidas en conductores.
- Incremento de potencia en las plantas y transformadores por lo tanto reducción de su vida útil.
- Aumento en su factura eléctrica producto de "demanda por bajo factor de potencia".

5.6.4.5.2 Causas de un Bajo Factor de Potencia.

- Gran número de motores de inducción.
- Presencia de equipos de refrigeración o aire acondicionados con tecnologías viejas.
- Mala planificación y operación del sistema eléctrico.
- Mal estado físico del sistema eléctrico.

5.6.4.5.3 Beneficios de Mejorar el Factor de Potencia.

- Aumento de la vida útil de los equipos y la instalación.
- No demanda de factor de potencia en la factura eléctrica.
- Reducir pérdidas de energía por calentamiento de las líneas o los equipos.

5.7 Equipos y Accesorios.

Los equipos y accesorios tratados aquí corresponden solamente a los mas relevantes en el estudio, no a la totalidad del sistema.

5.7.1 Caldera.

Una caldera es una máquina o dispositivo de ingeniería que está diseñado para generar vapor saturado. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado (SANZ DEL AMO & PATIÑO MOLINA, 2018).

Una caldera es un dispositivo que se utiliza para generar vapor o calentar agua, y se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde generación de energía hasta calefacción de edificios e instalaciones. Su principal objetivo es transferir calor a un fluido de trabajo, ya sea agua o vapor, utilizando una fuente de calor externa.

El funcionamiento básico de una caldera implica la combustión de un combustible, como gas natural, gasoil, biomasa o carbón, que genera calor. Este calor se transfiere a través de los tubos de la caldera al agua que circula por ellos.

A medida que el agua se calienta, se convierte en vapor y se utiliza para diversas aplicaciones, como la generación de electricidad, el suministro de calor para procesos industriales o la calefacción de edificios.

Las calderas se clasifican en diferentes tipos según su diseño y características, como calderas de tubos de agua, calderas de tubos de humo, calderas de recuperación de calor, entre otras. Además, las calderas pueden funcionar con diferentes principios de operación, como calderas de combustión, calderas de condensación, calderas de biomasa, entre otras.

La importancia de las calderas radica en varias razones:

Generación de energía: Las calderas son fundamentales en la generación de electricidad en centrales térmicas. El vapor generado en las calderas impulsa las turbinas de vapor, que a su vez accionan los generadores eléctricos.

Procesos industriales: Las calderas se utilizan en numerosos procesos industriales, como la producción de papel, petroquímica, alimentos, textiles y muchos otros. Proporcionan el calor necesario para llevar a cabo reacciones químicas, secado, esterilización y otros procesos específicos de cada industria.

Calefacción: Las calderas también se utilizan para la calefacción de edificios, tanto residenciales como comerciales. El agua caliente generada en las calderas se distribuye a través de sistemas de calefacción, como radiadores o suelo radiante, proporcionando confort térmico en espacios interiores.

Eficiencia energética: Las calderas modernas están diseñadas para maximizar la eficiencia energética y minimizar las emisiones contaminantes. La tecnología avanzada, como la recuperación de calor, la condensación o el uso de biomasa como combustible, permite aprovechar al máximo el calor generado y reducir el impacto ambiental.

Es importante destacar que las calderas requieren un mantenimiento adecuado y deben cumplir con normas y regulaciones de seguridad para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.

En resumen, una caldera es un dispositivo utilizado para generar vapor o calentar agua mediante la transferencia de calor desde una fuente externa. Son esenciales en la generación de energía, procesos industriales y sistemas de calefacción. Las calderas modernas buscan maximizar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental.

5.7.1.1 Caldera Pirotubular.

Una caldera pirotubular es una caldera en la que los gases calientes de la combustión pasan a través de los tubos de la caldera y el agua rodea estos tubos para absorber el calor (CASTRO, 1988).

Las calderas pirotubulares son un tipo de calderas que se caracterizan por tener tubos que atraviesan la cámara de combustión, donde se genera el calor. Estos tubos están dispuestos en forma de haz o haz de tubos, lo que proporciona una superficie de transferencia de calor más amplia y eficiente.

El funcionamiento de las calderas pirotubulares se basa en el principio de la combustión de un combustible en la cámara de combustión. La energía liberada durante la combustión se transfiere a través de los tubos, calentando el agua que circula por ellos y generando vapor. Este vapor puede ser utilizado para diferentes fines, como la generación de energía eléctrica, el suministro de calor para procesos industriales o la calefacción de edificios.

Una de las ventajas de las calderas pirotubulares es su diseño compacto y de construcción robusta. Debido a la disposición de los tubos dentro de la cámara de combustión, estas calderas son capaces de soportar altas presiones y temperaturas, lo que las hace adecuadas para aplicaciones industriales exigentes.

Otra característica destacada de las calderas pirotubulares es su capacidad de respuesta rápida. Debido a su diseño y configuración, estas calderas pueden alcanzar rápidamente la temperatura de operación requerida, lo que permite una puesta en marcha más ágil y eficiente en comparación con otros tipos de calderas.

Las calderas pirotubulares también son conocidas por su versatilidad en cuanto a la variedad de combustibles que pueden utilizar. Pueden funcionar con una amplia gama de combustibles, como gas natural, gasóleo, carbón, biomasa e incluso residuos sólidos, lo que las convierte en una opción flexible para diferentes industrias y regiones.

Es importante destacar que las calderas pirotubulares requieren de un mantenimiento adecuado para garantizar su buen funcionamiento y prolongar su vida útil. Esto implica la limpieza regular de los tubos y la cámara de combustión, así como la inspección de los sistemas de control y seguridad.

En resumen, las calderas pirotubulares son un tipo de calderas que se caracterizan por tener tubos que atraviesan la cámara de combustión, lo que proporciona una superficie de transferencia de calor eficiente. Estas calderas son robustas, de diseño compacto y capaces de soportar altas presiones y temperaturas. Son versátiles en cuanto a la variedad de combustibles que pueden utilizar y tienen una respuesta rápida en la puesta en marcha. Sin embargo, requieren un mantenimiento adecuado para garantizar su buen funcionamiento.

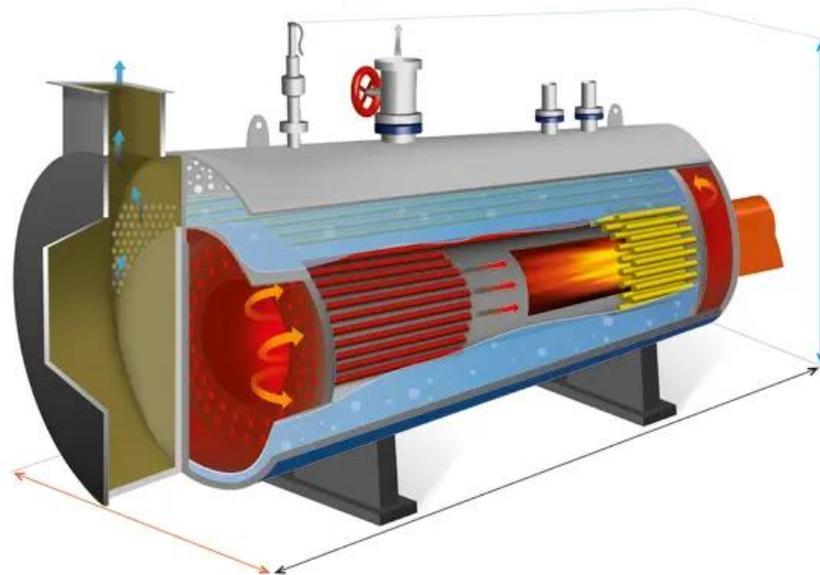


Ilustración 3. Caldera Pirotubular.

5.7.2 Intercambiador de Calor.

Un intercambiador de calor es un dispositivo que facilita la transferencia de calor entre dos fluidos que están a diferentes temperaturas y que están separados por una pared sólida o que están en contacto directo (DeWitt, 1999).

Los intercambiadores de calor son dispositivos diseñados para transferir calor de un fluido a otro, sin que ambos fluidos entren en contacto directo. Estos dispositivos son ampliamente utilizados en numerosas aplicaciones industriales y sistemas de climatización para aprovechar la energía térmica y mejorar la eficiencia energética.

El funcionamiento básico de un intercambiador de calor implica la existencia de dos fluidos: uno caliente y otro frío. Estos fluidos fluyen a través de canales separados dentro del intercambiador de calor, y el calor se transfiere de manera eficiente de un fluido al otro.

Existen diferentes tipos de intercambiadores de calor, pero uno de los más comunes es el intercambiador de calor de carcasa y tubos. Este tipo de intercambiador consiste en un conjunto de tubos que están contenidos dentro de una carcasa más grande. Uno de los fluidos fluye a través de los tubos, mientras que el otro fluido circula alrededor de los tubos, en la carcasa. Esta configuración permite una transferencia eficiente de calor entre los dos fluidos.

Los intercambiadores de calor se utilizan en una amplia gama de aplicaciones. Algunos ejemplos comunes incluyen:

Procesos industriales: Los intercambiadores de calor son esenciales en numerosos procesos industriales, como la refrigeración y congelación de productos, la recuperación de calor en plantas de generación de energía, la evaporación y condensación en la industria química, entre otros.

Sistemas de climatización: Los intercambiadores de calor se utilizan en sistemas de climatización, como acondicionadores de aire y sistemas de

calefacción. Ayudan a transferir calor entre el aire y el refrigerante, lo que permite mantener la temperatura deseada en los espacios interiores.

Refrigeración y congelación: Los intercambiadores de calor son fundamentales en sistemas de refrigeración y congelación, como en cámaras frigoríficas y sistemas de refrigeración comercial. Ayudan a extraer el calor del espacio a enfriar y transferirlo al fluido refrigerante.

Energías renovables: Los intercambiadores de calor también se utilizan en aplicaciones de energías renovables, como paneles solares térmicos y sistemas geotérmicos. Ayudan a transferir el calor capturado del sol o de la tierra al fluido utilizado en estos sistemas.

La eficiencia de un intercambiador de calor se puede mejorar mediante la optimización del diseño, el uso de materiales adecuados y el control adecuado de los flujos de los fluidos. También es importante llevar a cabo un mantenimiento regular para garantizar un rendimiento óptimo y prevenir problemas como la corrosión o la obstrucción de los tubos.

En resumen, los intercambiadores de calor son dispositivos utilizados para transferir calor de un fluido a otro, sin que los fluidos entren en contacto directo. Son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones industriales y sistemas de climatización. Los intercambiadores de calor de carcasa y tubos son uno de los tipos más comunes. Su eficiencia se logra a través del diseño adecuado, materiales apropiados y un mantenimiento regular.

5.7.2.1 Intercambiador de Flujo Cruzado.

Un intercambiador de flujo cruzado es un tipo de intercambiador de calor en el que los fluidos se cruzan perpendicularmente entre sí. Este tipo de intercambiador se usa cuando hay una gran diferencia de temperatura entre los fluidos o cuando uno de los fluidos cambia de fase (al).

Los intercambiadores de flujo cruzado son un tipo específico de intercambiadores de calor en los cuales los dos fluidos que participan en el

intercambio de calor fluyen en direcciones perpendiculares entre sí, es decir, cruzan sus flujos. En este tipo de intercambiadores, los fluidos entran por diferentes puntos y se separan al finalizar el intercambio de calor.

La principal característica de los intercambiadores de flujo cruzado es que los fluidos se mantienen separados por una pared sólida, pero intercambian calor a través de ella. Esto se logra gracias a la transferencia de calor por conducción a través de la pared del intercambiador.

El funcionamiento de un intercambiador de flujo cruzado implica que un fluido ingresa por un lado del intercambiador, mientras que el otro fluido ingresa perpendicularmente, fluyendo a través de canales separados. Durante el proceso, se produce la transferencia de calor entre los dos fluidos a través de la pared del intercambiador.

Una de las principales ventajas de los intercambiadores de flujo cruzado es su eficiencia en la transferencia de calor. Debido a que los fluidos fluyen en direcciones perpendiculares, se logra una mayor área de superficie para la transferencia de calor, lo que resulta en una transferencia de calor más efectiva.

Estos intercambiadores se utilizan en una amplia gama de aplicaciones donde se requiere una alta eficiencia de transferencia de calor. Algunos ejemplos comunes incluyen:

Sistemas de climatización: Los intercambiadores de flujo cruzado se utilizan en unidades de tratamiento de aire y sistemas de climatización para transferir calor entre el aire interior y el aire exterior o el refrigerante.

Procesos químicos y petroquímicos: Los intercambiadores de flujo cruzado se emplean en la industria química y petroquímica para llevar a cabo procesos de enfriamiento o calentamiento de sustancias químicas.

Refrigeración y congelación: Estos intercambiadores se utilizan en sistemas de refrigeración y congelación para transferir calor entre el fluido refrigerante y el espacio a enfriar.

Energías renovables: En aplicaciones de energías renovables, como sistemas solares térmicos o geotérmicos, se emplean intercambiadores de flujo cruzado para transferir calor entre los fluidos del sistema y el medio de captación de energía renovable.

Es importante mencionar que los intercambiadores de flujo cruzado requieren un diseño cuidadoso para maximizar la eficiencia y minimizar las pérdidas de presión. Además, es fundamental realizar un mantenimiento regular para prevenir problemas como la corrosión o la obstrucción de los canales de flujo.

En resumen, los intercambiadores de flujo cruzado son un tipo específico de intercambiadores de calor donde los fluidos que participan en la transferencia de calor fluyen en direcciones perpendiculares. Estos intercambiadores son eficientes en la transferencia de calor y se utilizan en diversas aplicaciones, como sistemas de climatización, procesos químicos, refrigeración y energías renovables.

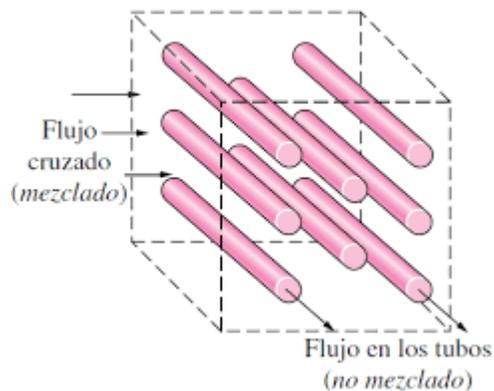


Ilustración 4. Intercambiador de calor de flujo cruzado

5.7.3 Bombas de Agua.

Una bomba de agua es un dispositivo que transforma la energía mecánica en energía hidráulica, aumentando la presión y el caudal de un fluido. Las bombas de agua se clasifican según el principio de funcionamiento en dos grandes grupos: bombas volumétricas y bombas rotodinámicas (Heras, 2001).

Las bombas de agua son dispositivos mecánicos diseñados para transportar y elevar agua u otros líquidos de un lugar a otro. Su objetivo principal es generar presión y flujo en el líquido para poder moverlo a través de tuberías u otros conductos.

El funcionamiento básico de una bomba de agua implica la utilización de un motor, generalmente eléctrico, que proporciona la energía necesaria para hacer funcionar la bomba. La bomba tiene un impulsor o rotor que gira rápidamente y está ubicado dentro de una carcasa o cuerpo. Al girar, el impulsor crea un flujo de líquido y genera una diferencia de presión que impulsa el agua a lo largo del sistema.

Existen diferentes tipos de bombas de agua, pero los más comunes son las bombas centrífugas. Estas bombas funcionan utilizando el principio de la fuerza centrífuga, donde el líquido es succionado hacia el centro del impulsor y es expulsado hacia el exterior a alta velocidad.

Las bombas de agua se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo:

Suministro de agua potable: Las bombas de agua se utilizan para extraer agua de pozos, ríos o depósitos subterráneos y proporcionar agua potable a hogares, edificios y comunidades.

Riego agrícola: En la agricultura, las bombas de agua se utilizan para suministrar agua a los sistemas de riego, asegurando el suministro adecuado de agua a los cultivos para su crecimiento y desarrollo.

Sistemas de refrigeración: En sistemas de refrigeración industrial y comercial, las bombas de agua se utilizan para circular el agua a través de los intercambiadores de calor, ayudando a disipar el calor y mantener las temperaturas bajo control.

Sistemas de calefacción: En sistemas de calefacción central, las bombas de agua se utilizan para circular el agua caliente a través de radiadores o suelos radiantes, proporcionando calor a los espacios interiores.

Sistemas de drenaje y alcantarillado: Las bombas de agua también se utilizan en sistemas de drenaje y alcantarillado para mover el agua residual y asegurar su correcta evacuación.

Es importante destacar que las bombas de agua deben ser seleccionadas adecuadamente según las necesidades específicas de cada aplicación, considerando factores como el caudal requerido, la presión necesaria y las características del líquido a bombear. Además, es fundamental realizar un mantenimiento regular para garantizar su correcto funcionamiento y prevenir posibles problemas.

En resumen, las bombas de agua son dispositivos mecánicos que se utilizan para transportar y elevar agua u otros líquidos. Funcionan generando presión y flujo mediante un impulsor que gira rápidamente. Se emplean en diversas aplicaciones, como suministro de agua potable, riego agrícola, sistemas de refrigeración y calefacción, y sistemas de drenaje y alcantarillado.

5.7.3.1 Bombas Centrifugas.

Una bomba centrífuga es un tipo de bomba rotodinámica que utiliza la fuerza centrífuga generada por un rodete o impulsor para aumentar la presión y el caudal de un fluido. Las bombas centrífugas se caracterizan por su curva característica, que relaciona el caudal con la altura manométrica, y por su punto de trabajo, que depende de las condiciones del sistema (Heras, 2001).

Las bombas centrífugas son un tipo común de bombas de agua que se utilizan ampliamente en diversas aplicaciones. Estas bombas funcionan aprovechando la fuerza centrífuga generada por un impulsor que gira rápidamente dentro de la bomba.

El funcionamiento de una bomba centrífuga se basa en la ley de conservación de la energía y en el principio de la fuerza centrífuga. El impulsor está compuesto por aletas curvas que están dispuestas alrededor de un eje central. Al girar, el impulsor genera una fuerza centrífuga que empuja el líquido hacia el exterior.

Cuando el líquido ingresa a la bomba a través de la entrada, también conocida como succión, es capturado por el impulsor en movimiento y se acelera hacia la periferia del impulsor. A medida que el líquido se acelera, aumenta su energía cinética y se crea una zona de baja presión en el centro del impulsor.

El líquido acelerado es expulsado hacia la carcasa de la bomba, donde se encuentra el difusor. El difusor es una estructura en forma de voluta que guía el flujo del líquido, convirtiendo su energía cinética en energía de presión. Esto permite que el líquido sea impulsado a alta presión y sea expulsado a través de la salida de la bomba.

Las bombas centrífugas se caracterizan por tener un diseño simple, ser compactas y eficientes. Algunas de sus aplicaciones más comunes incluyen:

Suministro de agua: Las bombas centrífugas se utilizan para extraer agua de pozos, ríos o depósitos subterráneos y proporcionar agua potable a hogares, edificios y comunidades.

Riego agrícola: En la agricultura, las bombas centrífugas se utilizan para suministrar agua a los sistemas de riego, asegurando el suministro adecuado de agua a los cultivos para su crecimiento y desarrollo.

Industria: En la industria, las bombas centrífugas se utilizan para el transporte de líquidos en procesos de fabricación, como el bombeo de productos químicos, el suministro de agua en plantas de energía o la transferencia de líquidos en sistemas de refrigeración.

Sistemas de climatización: Las bombas centrífugas se utilizan en sistemas de climatización para circular agua a través de los intercambiadores de calor y controlar la temperatura en edificios y espacios comerciales.

Es importante tener en cuenta que las bombas centrífugas deben ser seleccionadas correctamente según los requisitos específicos de cada aplicación, considerando factores como el caudal, la presión requerida, el tipo de líquido y las condiciones de operación. Además, se recomienda realizar un mantenimiento regular para asegurar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil.

En resumen, las bombas centrífugas son un tipo común de bombas de agua que funcionan mediante la generación de fuerza centrífuga a través de un impulsor giratorio. Estas bombas se utilizan en una variedad de aplicaciones, como suministro de agua, riego agrícola, industria y sistemas de climatización. Su diseño simple y eficiente las convierte en una opción popular para el transporte y elevación de líquidos.



Ilustración 5. Bomba Centrífuga.

5.7.4 Tubería.

Una tubería de agua es un conducto cerrado que transporta agua bajo presión desde una fuente hasta un punto de uso o distribución. Las tuberías de agua se clasifican según su material, diámetro, espesor y rugosidad (Saldarriaga, 2014).

Las tuberías son conductos cilíndricos diseñados para transportar fluidos, como líquidos o gases, de un lugar a otro. Son una parte fundamental de los sistemas

de distribución de agua, suministro de combustible, transporte de productos químicos y muchas otras aplicaciones industriales.

El funcionamiento básico de una tubería se basa en el principio de flujo de fluidos. Cuando se aplica presión en un extremo de la tubería, ya sea mediante una bomba o por gravedad, el fluido comienza a moverse a lo largo de la tubería hacia el extremo de menor presión. Este movimiento se produce debido a la diferencia de presión entre ambos extremos de la tubería.

Las tuberías están construidas con materiales resistentes y duraderos, como acero, cobre, PVC (policloruro de vinilo) u otros materiales plásticos, dependiendo de la aplicación y los requerimientos específicos. La selección del material de la tubería depende de factores como la presión, la temperatura, el tipo de fluido transportado y las condiciones ambientales.

Las tuberías también pueden tener diferentes diámetros y espesores de pared, lo que influye en la capacidad de flujo y la resistencia estructural de la tubería. El diámetro de la tubería determina la cantidad de flujo que puede transportar, mientras que el espesor de la pared brinda resistencia y seguridad.

Algunas características importantes de las tuberías son:

Resistencia a la presión: Las tuberías deben ser capaces de soportar la presión del fluido que fluye a través de ellas sin deformarse ni romperse.

Resistencia a la corrosión: Dependiendo del tipo de fluido transportado, las tuberías deben ser resistentes a la corrosión para garantizar su durabilidad y evitar fugas.

Aislamiento térmico: En algunas aplicaciones, como sistemas de calefacción o refrigeración, las tuberías pueden requerir aislamiento térmico para minimizar las pérdidas de calor o frío.

Flexibilidad: En ciertos casos, es necesario utilizar tuberías flexibles que puedan adaptarse a curvas o cambios de dirección en la trayectoria del flujo.

Las tuberías se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como sistemas de distribución de agua potable, redes de alcantarillado, transporte de productos químicos, sistemas de calefacción y refrigeración, industria petrolera y muchas más.

Es importante realizar un mantenimiento regular de las tuberías para prevenir fugas, obstrucciones y desgastes. El monitoreo constante y la inspección de las tuberías son fundamentales para garantizar su correcto funcionamiento y evitar problemas.

En resumen, las tuberías son conductos utilizados para transportar fluidos. Funcionan mediante la aplicación de presión en un extremo, lo que hace que el fluido se mueva hacia el extremo de menor presión. Las tuberías están construidas con materiales resistentes y duraderos, y se utilizan en una amplia gama de aplicaciones industriales y domésticas.

5.7.4.1 Tubería de Vapor.

Una tubería de vapor es un conducto cerrado que transporta vapor desde una fuente generadora (caldera o cogeneración) hasta los puntos de utilización, donde el vapor cede su energía calorífica y se convierte en condensado. Las tuberías de vapor se clasifican según su material, diámetro, espesor, rugosidad y aislamiento (León, 2009).

Las tuberías de vapor son conductos utilizados para transportar vapor de agua caliente o vapor generado en procesos industriales. Estas tuberías desempeñan un papel crucial en sistemas de generación de energía, calefacción, climatización, procesos químicos y otras aplicaciones que requieren la transferencia de calor mediante vapor.

El funcionamiento de las tuberías de vapor se basa en la capacidad del vapor de agua para transportar calor. El vapor se genera en una caldera mediante la aplicación de calor a agua líquida. A medida que el agua se calienta y se convierte en vapor, aumenta su volumen y su presión. El vapor generado se transporta a

través de tuberías hacia los puntos de uso, donde se aprovecha su calor latente para diversas aplicaciones.

Las tuberías de vapor están diseñadas para soportar altas temperaturas y presiones. Por lo tanto, están fabricadas con materiales resistentes al calor, como acero al carbono o acero inoxidable, que pueden soportar las condiciones extremas asociadas con el transporte de vapor.

Algunas características importantes de las tuberías de vapor son:

Aislamiento térmico: Debido a las altas temperaturas del vapor, las tuberías de vapor suelen estar aisladas térmicamente para minimizar las pérdidas de calor y mejorar la eficiencia del sistema.

Válvulas de control: Las tuberías de vapor suelen contar con válvulas de control que regulan el flujo y la presión del vapor en diferentes puntos del sistema.

Drenajes y purgas: Para evitar la acumulación de condensado, es común encontrar drenajes y purgas en las tuberías de vapor. Estos dispositivos ayudan a eliminar el condensado generado durante la condensación del vapor y a mantener el flujo de vapor limpio.

Trampas de vapor: Las trampas de vapor son dispositivos utilizados para permitir el flujo del vapor en una dirección y evitar la salida de condensado o aire no deseado del sistema.

Las tuberías de vapor son utilizadas en una amplia gama de aplicaciones, como sistemas de calefacción central, generación de energía, procesos industriales y esterilización. Además, el vapor también se utiliza en la industria alimentaria, textil y química, entre otras.

Es importante llevar a cabo un mantenimiento regular de las tuberías de vapor para prevenir fugas, corrosión y obstrucciones. Además, se debe garantizar que el sistema esté correctamente dimensionado y diseñado para satisfacer las demandas de calor y presión del proceso específico.

En resumen, las tuberías de vapor son conductos utilizados para transportar vapor de agua caliente o vapor generado en procesos industriales. Están diseñadas para soportar altas temperaturas y presiones, y se utilizan en una variedad de aplicaciones que requieren la transferencia de calor mediante vapor. Las tuberías de vapor suelen estar aisladas térmicamente y contar con válvulas de control, drenajes y purgas, y trampas de vapor para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro del sistema.

5.7.5 Aislantes.

. Un aislante es un material que carece de electrones de conducción y que impide el flujo de carga eléctrica a través de él o a lo largo de él. Los aislantes se utilizan para proteger los conductores y evitar las pérdidas de calor o las descargas eléctricas. Algunos ejemplos de aislantes son el vidrio, la madera, el plástico y la goma (OpenStax, Conductores, aislantes y carga por inducción, 2019).

Los aislantes son materiales utilizados para reducir o prevenir la transferencia de calor, electricidad o sonido entre diferentes objetos o entornos. Estos materiales se emplean para proporcionar aislamiento térmico, aislamiento eléctrico y aislamiento acústico, dependiendo de la aplicación específica.

El aislamiento térmico es uno de los usos más comunes de los aislantes. Estos materiales actúan como barreras para el flujo de calor, evitando la pérdida o ganancia de calor en los sistemas de calefacción, refrigeración o aislamiento de edificios. El aislamiento térmico ayuda a mantener la temperatura deseada en el interior de los espacios, reduce el consumo de energía y mejora la eficiencia energética.

El funcionamiento de los aislantes térmicos se basa en la capacidad de los materiales para atrapar aire o gas en su estructura, formando capas de baja conductividad térmica. Estas capas reducen la transferencia de calor por conducción y convección, proporcionando un efecto de aislamiento.

Algunas características importantes de los aislantes térmicos son:

Conductividad térmica baja: Los buenos aislantes térmicos tienen una conductividad térmica baja, lo que significa que son menos conductores de calor. Esto ayuda a reducir la transferencia de calor a través del material.

Resistencia a la humedad: Los aislantes térmicos suelen estar diseñados para resistir la absorción de humedad. Esto evita que el aislante se deteriore o pierda su efectividad debido a la presencia de agua.

Durabilidad: Los aislantes térmicos deben ser duraderos y mantener su efectividad a lo largo del tiempo. Esto implica resistencia al envejecimiento, deformación y compresión.

Facilidad de instalación: Los aislantes térmicos deben ser fáciles de instalar y adaptarse a diferentes formas y tamaños de superficies.

Además del aislamiento térmico, los aislantes también se utilizan en otras aplicaciones. Por ejemplo, los aislantes eléctricos se utilizan para evitar la conducción de electricidad en cables, conexiones y equipos eléctricos, mejorando la seguridad y evitando cortocircuitos. Los aislantes acústicos se utilizan para reducir la propagación del sonido, proporcionando un ambiente más silencioso y evitando la contaminación acústica.

Existen diferentes tipos de aislantes, como la fibra de vidrio, la espuma de poliuretano, la lana mineral, el poliestireno expandido (EPS) y muchos otros, cada uno con sus propiedades específicas y aplicaciones recomendadas.

En resumen, los aislantes son materiales utilizados para reducir o prevenir la transferencia de calor, electricidad o sonido. Proporcionan aislamiento térmico, eléctrico o acústico, según la aplicación requerida. Los aislantes térmicos reducen la transferencia de calor y mejoran la eficiencia energética. Tienen una conductividad térmica baja, resistencia a la humedad, durabilidad y facilidad de instalación. Los aislantes también se utilizan en aplicaciones eléctricas y acústicas para mejorar la seguridad y reducir la propagación del sonido.

5.7.5.1 Tipos de Aislantes.

Aislantes térmicos:

- Fibra de vidrio: Se utiliza en construcción para aislar térmicamente paredes, techos y pisos.
- Espuma de poliestireno expandido (EPS): Se utiliza en construcción y embalaje para proporcionar aislamiento térmico.
- Espuma de poliuretano (PUR): Se utiliza en construcción y en la fabricación de electrodomésticos para aislar térmicamente.
- Lana mineral: Se utiliza en construcción y en la fabricación de productos aislantes para proporcionar resistencia al calor.

Aislantes acústicos:

- Paneles de yeso acústico: Se utilizan en paredes y techos para reducir la transmisión de sonido.
- Espuma acústica: Se utiliza en estudios de grabación, teatros y salas de cine para absorber el sonido y reducir el eco.
- Fieltró acústico: Se utiliza en la industria automotriz y en la fabricación de productos aislantes para reducir el ruido.

Aislantes eléctricos:

- PVC (cloruro de polivinilo): Se utiliza como aislante en cables eléctricos.
- Mica: Se utiliza en la industria eléctrica para aislar componentes electrónicos de alta tensión.
- Resinas epoxi: Se utilizan en la fabricación de materiales aislantes para componentes electrónicos y sistemas eléctricos de alta potencia.

Aislantes químicos:

- Polietileno: Se utiliza en la industria química para almacenar y transportar sustancias químicas corrosivas.
- Fluoro polímeros (como el teflón): Se utilizan para revestir recipientes y tuberías que manejan productos químicos agresivos.

5.7.5.2 Materiales Aislantes.

Podemos definir a los aislantes como cuerpos de composición heterogénea y de apariencia fibrosa, porosa, celular, granular u hojaldrada que por excelencia está formado por un conjunto de micro celdillas, conteniendo aire en reposo. A la

baja conductividad térmica del aire se le suma la resistencia a la transmisión de calor, que supone pasar de un medio transmisor a otro. (F, D, & C, 2005)

5.7.5.2.1 Fibra de Vidrio.

La fibra de vidrio es un material compuesto formado por filamentos de vidrio muy finos y flexibles que se unen con una resina termoestable o termoplástica. La fibra de vidrio tiene propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas superiores a las del vidrio y se utiliza para fabricar piezas ligeras y resistentes para diversas aplicaciones industriales (Antonio Miravete, 2005).

La fibra de vidrio es un tipo de material aislante térmico fabricado a partir de hilos delgados y flexibles de vidrio fundido. Estos hilos se entrelazan para formar una estructura fibrosa y ligera que atrapa el aire en su interior. Esta estructura fibrosa es lo que proporciona las propiedades aislantes de la fibra de vidrio.

La fibra de vidrio funciona como aislante térmico debido a su baja conductividad térmica. El aire atrapado en la estructura de la fibra de vidrio actúa como un aislante natural, evitando la transferencia de calor por conducción y convección. Esto significa que la fibra de vidrio puede reducir la pérdida de calor en invierno y el ingreso de calor en verano, manteniendo un ambiente interior más cómodo y reduciendo la carga en los sistemas de climatización.

Algunas características importantes de la fibra de vidrio como aislante térmico son:

Conductividad térmica baja: La fibra de vidrio tiene una baja conductividad térmica, lo que significa que es un mal conductor de calor. Esto ayuda a reducir la transferencia de calor a través del material, manteniendo una temperatura más estable en el interior del espacio.

Resistencia al fuego: La fibra de vidrio es un material resistente al fuego, lo que la hace adecuada para su uso en aplicaciones donde se requiere protección contra incendios.

Resistencia a la humedad: La fibra de vidrio es resistente a la absorción de humedad, lo que evita la degradación del material y mantiene su efectividad como aislante a largo plazo.

Durabilidad: La fibra de vidrio es un material duradero y resistente, capaz de mantener sus propiedades aislantes durante muchos años.

Versatilidad: La fibra de vidrio se presenta en forma de mantas, paneles, rollos o como material suelto, lo que la hace versátil y adaptable a diferentes aplicaciones y formas de construcción.

La fibra de vidrio como aislante térmico se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, como la aislación de paredes, techos, pisos, conductos de aire, tuberías y equipos industriales. También se emplea en la construcción residencial, comercial e industrial, así como en sistemas de climatización y refrigeración.

Es importante mencionar que al manipular e instalar fibra de vidrio, se deben tomar precauciones adecuadas, como el uso de equipo de protección personal, para evitar la inhalación de partículas y la irritación de la piel.

En resumen, la fibra de vidrio es un material aislante térmico fabricado a partir de hilos de vidrio fundido. Funciona como aislante térmico al atrapar el aire en su estructura fibrosa, lo que reduce la transferencia de calor por conducción y convección. La fibra de vidrio tiene una baja conductividad térmica, es resistente al fuego, a la humedad y durable. Se utiliza en una amplia gama de aplicaciones para mejorar el aislamiento térmico en construcciones y sistemas de climatización.

5.7.5.3 Aislantes Térmicos.

La selección adecuada del aislante térmico en instalaciones de transporte de vapor es una tarea desafiante debido a la necesidad de mantener un régimen térmico apropiado. Esta tarea se vuelve aún más compleja cuando la configuración de la instalación no sigue un patrón estándar. Por tanto, resulta indispensable realizar estudios sobre las teorías de selección de aislamiento térmico, la transferencia de calor y las características de los sistemas

involucrados. Además, es importante investigar los trabajos previos relacionados con el tema para que puedan aportar al análisis y la resolución del problema que estamos abordando.

La correcta elección del aislante térmico en instalaciones de transporte de vapor es crucial para garantizar la eficiencia y el rendimiento óptimo del sistema. El aislamiento térmico tiene el objetivo de minimizar las pérdidas de calor durante el transporte del vapor, lo que a su vez contribuye a la conservación de la energía y a la reducción de los costos operativos.

La tarea de seleccionar el aislante adecuado se complica cuando la configuración de la instalación no sigue una forma estándar. En estos casos, es necesario realizar un análisis detallado de las teorías de selección de aislamiento térmico, que incluyen consideraciones sobre la conductividad térmica, la densidad, la resistencia al vapor y otros factores relevantes. Este análisis nos permitirá identificar el material de aislamiento óptimo para la instalación en cuestión, teniendo en cuenta las características específicas del sistema y los requisitos de rendimiento.

Además, es esencial comprender los principios de transferencia de calor en las instalaciones de transporte de vapor. Esto implica estudiar cómo se produce la transferencia de calor entre los diferentes componentes del sistema, como tuberías, válvulas, accesorios, entre otros. El conocimiento de estos principios nos ayudará a evaluar la eficiencia del aislamiento térmico y a identificar posibles puntos de pérdida de calor que puedan afectar el rendimiento global del sistema.

Es importante mencionar que el análisis de trabajos previos relacionados con el tema es fundamental para abordar de manera efectiva el problema de selección del aislamiento térmico. Estos trabajos pueden proporcionar información valiosa sobre las mejores prácticas, los desafíos comunes y las soluciones innovadoras que se han implementado en situaciones similares. Aprovechar esta base de conocimientos existente nos permitirá tomar decisiones más informadas y eficientes en cuanto a la selección del aislante térmico.

En resumen, la selección adecuada del aislante térmico en instalaciones de transporte de vapor es un desafío que requiere un estudio detallado de las teorías de selección, la transferencia de calor y las características de los sistemas en juego. Además, es necesario investigar los trabajos previos relacionados con el tema para aprovechar el conocimiento existente y abordar de manera efectiva el problema. Al realizar un análisis exhaustivo y considerar todos los aspectos relevantes, podremos seleccionar el aislante térmico óptimo que contribuya a mantener un régimen térmico adecuado y a optimizar el rendimiento de la instalación de transporte de vapor.

5.7.5.3.1 Funciones Básicas de los Aislantes Térmicos.

- Necesidades de proceso, para evitarse transferencias térmicas que obstruyan las operaciones por diferencias de temperaturas no admisibles.
- Seguridad de las personas y bienes, al no existir aislamiento térmico las temperaturas superficiales externas pueden ser elevadas y provocar lesiones a las personas, en casos extremos se pueden producir incendios.
- Reducción de las pérdidas de energía. Mostrándose como el mejor método de ahorro de energía conocido, permitiendo la amortización del material aislante en cortos periodos de tiempo.
- Reducción de la contaminación ambiental. La mayor parte de la energía que se utiliza en los procesos térmicos proviene de la transformación de un combustible generando gases nocivos, el mejor aprovechamiento de dicha energía es sinónimo de menor producción de gases tóxicos.
- Para mantener la temperatura del proceso.

5.7.5.3.2 Criterios de Selección de los Aislantes Térmicos.

Definir el espesor del aislante en una determinada instalación puede estar en función de varios criterios. En la mayoría de los casos el procedimiento suele ser iterativo, ya que los coeficientes de transferencia de calor dependen en general de la temperatura de las superficies y estas a su vez dependen del flujo de calor

transferido que es función del espesor utilizado, en el caso de tuberías, el coeficiente de convección puede depender del diámetro exterior de la tubería y éste a su vez depende del espesor de aislamiento. (M, R, & S, 2007) Los criterios de selección más empleados en la industria son los siguientes:

- **Para intercambiar un flujo de calor dado**, Consiste en asignar un valor a la densidad de flujo de calor, lo cual comúnmente suele ser fijado por experiencia, en la práctica es bastante empleado, pero sus resultados pueden ser muy alejados de los valores óptimos de diseño.
- **Para perder un porcentaje de calor con respecto al elemento no aislado**, Es quizás uno de los criterios más acertados, no obstante, hay que destacar que en tuberías pequeñas el cambio de los coeficientes de convección por el exterior es crítico, por lo tanto, este criterio puede parecer acertado para tuberías con un diámetro mayor a 10 cm.
- **Para limitar una resistencia térmica o un coeficiente global de transmisión de calor**, Las ecuaciones utilizadas para esta aplicación están en función de la geometría analizada, de las cuales se deben despejar el espesor de aislamiento. Señalar que en el caso de tuberías el procedimiento es necesariamente iterativo, ya que el radio exterior aparece en ambos términos de la ecuación.
- **Para mantener una temperatura superficial exterior**, se trata de asignar una temperatura máxima de protección, de forma que los contactos involuntarios no produzcan lesiones. En la práctica se trata de depósitos o tuberías (geometría cilíndrica) que transportan fluidos calientes. La estimación del espesor de aislamiento necesario, se realiza igualando el flujo de calor total transferido, al correspondiente entre la superficie que se quiere proteger y el ambiente exterior.
- **Para evitar condensaciones superficiales**, debe establecerse una temperatura superficial que sea igual o superior a la temperatura de rocío del ambiente y con ello que no se produzcan condensaciones superficiales. La posibilidad de condensación superficial en tuberías, se

presenta si únicamente por ellas circula un fluido a temperatura inferior a la de rocío del aire que la circunda anteriormente. La capa exterior siempre debe ser impermeable al paso del vapor de agua, por lo que la presencia de dicha capa imposibilita el paso del vapor y por lo tanto las posibles condensaciones dentro de la misma.

- **En función del espesor económico,** Se trata de determinar el espesor que minimice el costo total de la instalación teniendo en cuenta su periodo de explotación. A mayor espesor de aislamiento más costo de inversión se tendrá y menor flujo de calor intercambiará el elemento (E & E, 2014), por lo que será menor el costo de energía asociado a su explotación. Teniendo en cuenta ambos costos deberá existir un espesor que minimice el costo total.
- **En función de un tiempo de congelación para tuberías,** Para algunas aplicaciones en tuberías, es necesario conocer el tiempo que tardará en congelarse el fluido de su interior sin movimiento, partiendo de una determinada temperatura inicial, o planteando de forma alternativa, que espesor de aislamiento se debe utilizar para que se congele un determinado porcentaje del fluido en un determinado tiempo y con condiciones dadas de temperatura exterior.
- **En función de presentar una diferencia de temperatura a lo largo de una tubería,** el calor intercambiado a lo largo de una tubería será utilizado por el fluido interior en modificar su temperatura. Si se limita la máxima diferencia de temperatura del fluido se estará limitando el máximo flujo de calor intercambiado y con ello el espesor de aislamiento adecuado para lograr esta condición.

VI Diseño Metodológico.

El presente capítulo describe la metodología que se utilizó para la recolección, procesamiento, análisis e interpretación de la información y los datos numéricos en el desarrollo de este estudio.

6.1 Tipo de estudio.

El presente estudio se llevó a cabo como una investigación no experimental de tipo descriptivo/evaluativo. Esto significa que no se realizaron manipulaciones directas en el proceso industrial objeto de estudio. En su lugar, se recolectaron datos y se realizó una descripción detallada de dicho proceso, con el objetivo de evaluar su eficiencia y realizar un análisis exhaustivo de sus componentes.

Durante la investigación, se recopiló información relevante relacionada con el proceso industrial en cuestión. Estos datos incluyeron información sobre el consumo de energía, los tiempos de producción, los costos asociados y otros indicadores clave de desempeño. Mediante la recopilación y análisis de estos datos, se obtuvo una visión precisa y detallada del proceso y se evaluó su funcionamiento actual.

Además de la descripción del proceso y la evaluación de su eficiencia, este estudio también tuvo un enfoque evaluativo. Esto implica que se realizaron juicios de valor y se compararon los resultados obtenidos con criterios establecidos previamente. Se identificaron áreas de mejora y se propusieron recomendaciones para optimizar el proceso industrial, reducir costos, mejorar la productividad y minimizar posibles pérdidas o ineficiencias.

En resumen, este estudio no experimental de tipo descriptivo/evaluativo se basó en la recolección y análisis de datos del proceso. Mediante una descripción detallada y una evaluación exhaustiva, se buscó comprender su funcionamiento actual y proporcionar recomendaciones para su mejora y optimización.

6.2 Técnica de instrumentación para la recolección de datos.

Para el posterior análisis se emplearon una serie de mediciones de datos con la finalidad de esclarecer aspectos técnicos y detallados del proceso, los instrumentos a utilizados han sido los siguientes:

- Pistola láser para medición de temperatura
- Digital Power Clamp
- Amperímetro
- Cinta métrica
- Multímetro de Gancho
- Anemómetro

6.3 Diseño de la investigación

Esta investigación corresponde a un tipo de diseño cualitativo/cuantitativo debido a que establece una relación entre datos recopilados y la observación, sobre una base de cálculos matemáticos.

6.4 Observación directa

La observación directa nos permitió conocer e identificar cada una de las actividades, tecnología, metodologías y procedimientos realizados en planta.

6.5 Entrevista

Se realizarán entrevistas a los respectivos encargados de las distintas áreas de la empresa, con la finalidad de obtener información poco sesgada, precisa y detallada del proceso y la situación actual.

6.6 Paquetes Computarizados

Para el desarrollo, obtención, codificación de los datos, así como la estructuración formal del proyecto de grado, se utilizaron como apoyo los paquetes

computarizados Word, Excel y Power Point. Además de usar el software AutoCAD.

6.7 Procedimientos

Para poder cumplir con los objetivos planteados es en este estudio se realizaron una serie de pasos que toman como referencia la norma ISO 50001 de forma que permitirán la obtención de la información necesaria para la realización del Análisis energético, estos pasos son los siguientes:

- Recolección de datos mediante mediciones
- Mapeo del plano del ciclo de vapor en condiciones actuales para facilitar el análisis
- Análisis de datos
- Cálculo de las posibles alternativas de mejora
- Mapeo del sistema recomendado (con los cambios) ´
- Comparación de datos del modelo actual con modelo recomendado
- Análisis financiero para evaluar la posible rentabilidad de los cambios
- Diseño de manual para futuras auditorías internas en la empresa
- Presentación del análisis.

VII Análisis Energético Térmico.

7.1 Ciclo EcoPaneles S.A.

En la empresa EcoPaneles S.A., al igual que en muchas empresas de Nicaragua, se utiliza un ciclo de vapor como herramienta del proceso. Este nos ayuda en el paso final del proceso productivo al secar las láminas de cartón mediante intercambiadores de calor.

7.1.1 Mediciones en el Ciclo.

En un estudio analítico de este tipo, tomar mediciones precisas y confiables es esencial para comprender y evaluar el desempeño de un sistema o proceso. Estas mediciones proporcionan datos empíricos y cuantitativos que permiten identificar ineficiencias, determinar el grado de eficiencia alcanzado y comparar los resultados con estándares o metas establecidas.

Estas mediciones se tomaron tomando en cuenta las limitaciones propuestas por la empresa Ecopaneles S.A.

ANEXO I	
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro	
AREA: Zona Caldera	
INSTRUMENTO UTILIZADO: Pistola Laser, SIEMENS	



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS									
		1ro	2do	3er	4to	5to	6to	7to	8vo	9no	10dm
Presion caldera kPa	KPA	653	615	584	653	580	584	615	684		
Temperatura interna caldera °C	°C	437	458	438	458	437	458	437	458		
Temperatura ambiente caldera °C	°C	32	37	37	32	37	32	32	32		
Temperatura salida caldera °C	°C	762.75	752.	767.	762.	757.	752	752.	752		
Temperatura chimenea °C	°C	707	706	708	706	707	707	708	706		
Temperatura tanque °C	°C	88	87	87	87	87	87	85	87		
Temperatura agua pila °C	°C	63	68	68	63	60	67	62	64		
Temperatura ambiente pila °C	°C	32	32	37	32	32	37	32	32		
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	°C	72	70	75	77	66	79	70	77		
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	°C	43	60	55	54	59	62	55	54		
Temperatura interna intercambiadores °C	°C	70	75	78	69	70	70	73	70		
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	°C	67	60	67	65	70	67	60	66		
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	°C	80	93	90	85	90	90	80	90		
Temperatura de entrada a la caldera en °C	°C	40	45	43	43	42	47	43	47		
Temperatura de Salida de parrilla en °C	°C	95	95	97	97	92.5	97	96	97		

NOTA: Anexo, levantamiento de datos, de la tarde temprano de Abril por la noche.

Ilustración 6. Resumen datos noche.



ANEXO I
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: Pistola Laser, SIEMENS

MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS									
		1ro	2do	3er	4to	5to	6to	7to	8vo	9no	10dm
Presion caldera kPa	KPA	504	515	584	653	580	653	515	584	653	515
Temperatura interna caldera °C	°C	24	705	458	458	438	450	432	458	438	432
Temperatura ambiente caldera °C	°C	37	37	36	37	37	36	37	36	32	36
Temperatura salida caldera °C	°C	157.71	152.	152.	162.	167.	162.	152.	152.	162.	152.79
Temperatura chimenea °C	°C	702	85	706	706	706	706	707	706	706	702
Temperatura tanque °C	°C	86	87	87	90	87	87	88	87	87	87
Temperatura agua pila °C	°C	50	56	59	67	63	58	63	59	63	60
Temperatura ambiente pila °C	°C	36	35	35	37	39	37	37	37	37	36
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	°C	70	65	77	79	77	70	72	77	77	68
Temperatura Agua retorno de tanque intercambiadores °C	°C	57	55	54	62	57	60	43	54	54	59
Temperatura interna intercambiadores °C	°C	70	70	70	70	69	75	70	70	69	70
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	°C	70	70	60	54	65	60	67	60	65	70
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	°C	95	90	93	90	85	93	80	93	85	92
Temperatura de entrada a la caldera en °C	°C	43	42	47	43	43	42	47	43	40	45
Temperatura de Salida de parrilla en °C	°C	92	96	92	97	97	92	92	96	95	95

NOTA: *Levantamiento de datos en semanas de abril, en la mañana y la tarde.*

Ilustración 7. Resumen Datos Dia.

En los anexos se encuentran el total de las hojas usadas en campo.

7.2 Ciclo Actual.

El ciclo de vapor de la empresa Ecopaneles S.A. consta de una caldera pirotubular, dos bombas centrífugas, una pila de recolección de condensados, un tanque acoplado a una parrilla que se introduce dentro de la caldera, donde se deposita el combustible de tipo textil, y una serie de intercambiadores de calor de flujo cruzado cuya función es secar láminas de cartón reciclado provenientes de un proceso de molienda y conformado.

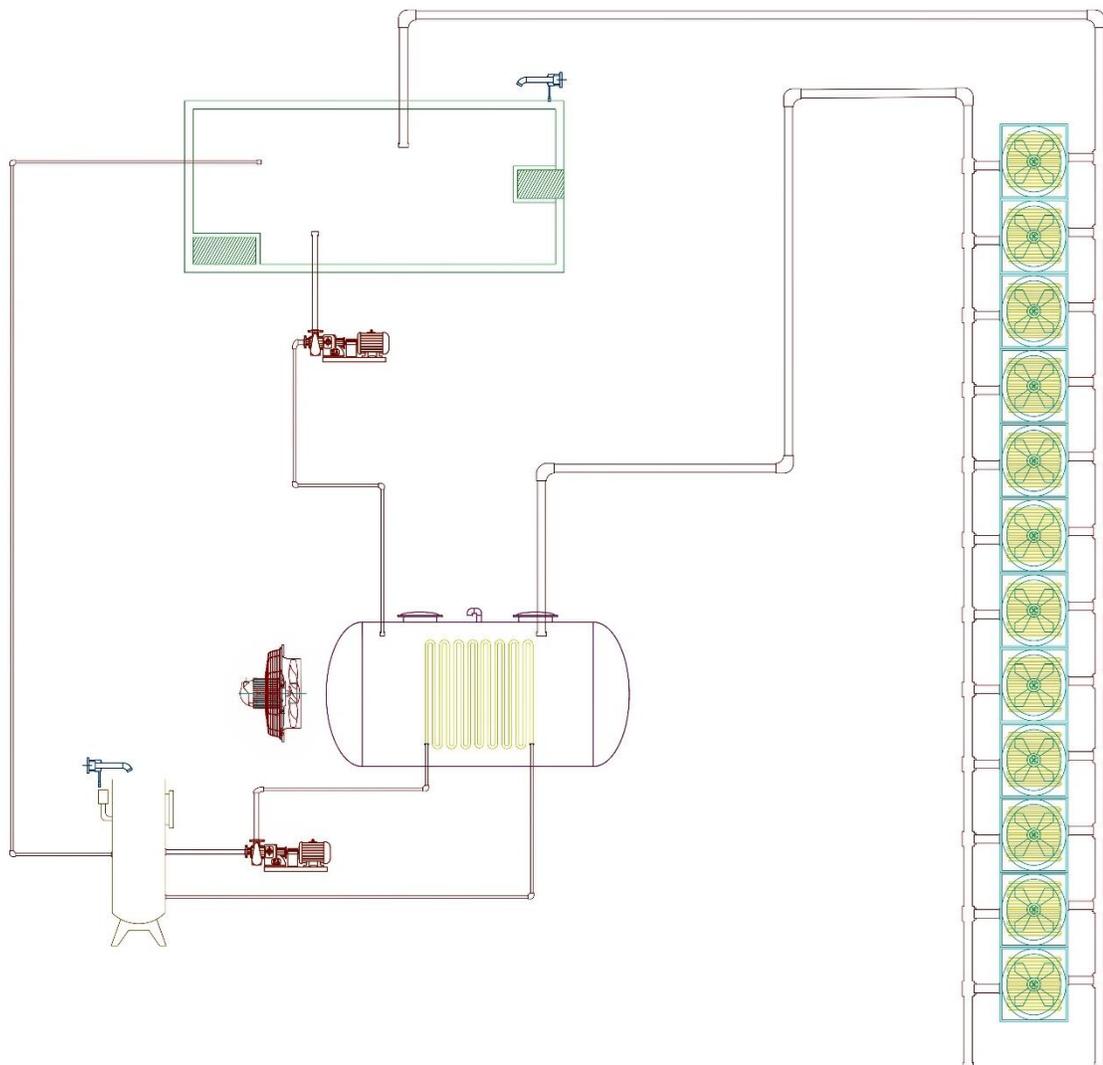


Ilustración 8. Ciclo Actual Ecopaneles S.A.

7.2.1 Calculo de Flujos Masicos.

Debido a que no teníamos permitido modificar el proceso de ninguna manera teníamos pocas maneras de averiguar los flujos masicos del sistema, que son puntualmente dos, estos los calculamos de forma indirecta debido a que otros métodos de medición llegarían a ser muy invasivos.

El método que empleamos fue calcular la potencia de trabajo de las bombas y en base a la ficha técnica de las mismas, averiguamos cuanto flujo podían transportar.

7.2.1.1 Bomba 1.

Gracias a las mediciones realizadas en el panel de control de las bombas, obtuvimos tanto la corriente (amperaje) como el voltaje de funcionamiento de las mismas, lo que nos permite calcular la potencia de trabajo.

$$P_o = Vol * Amp (w)$$

$$P_o = 210Vol * 18.6Amp = 3906w \approx 3.9Kw$$

Utilizando la curva característica de la bomba, podemos estimar un caudal aproximado de 28.2 litros por minuto, equivalente a 0.467 kilogramos por

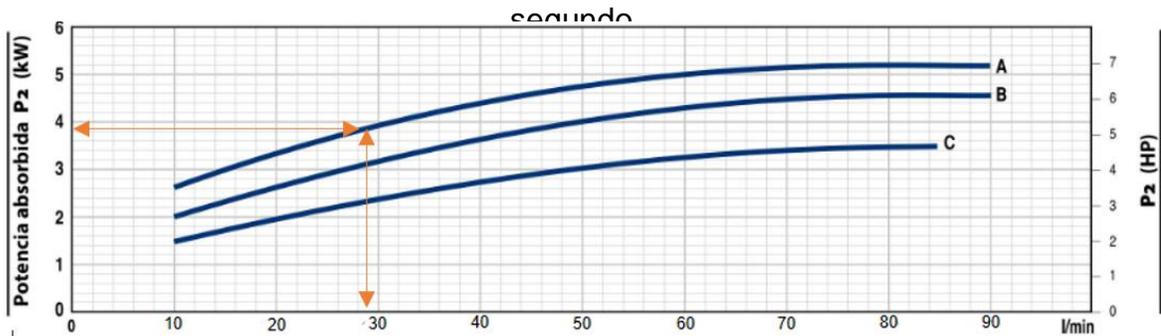


Ilustración 9. Curva Característica de la bomba1.

7.2.1.2 Bomba 2.

De la misma manera lo hacemos con la segunda bomba.

$$P_o = 210Vol * 19Amp = 3990w \approx 4Kw$$

Y de igual manera utilizando la curva característica de la bomba, estimamos un caudal aproximado de 490 litros por minuto, equivalente a 8.175 kilogramos por segundo.

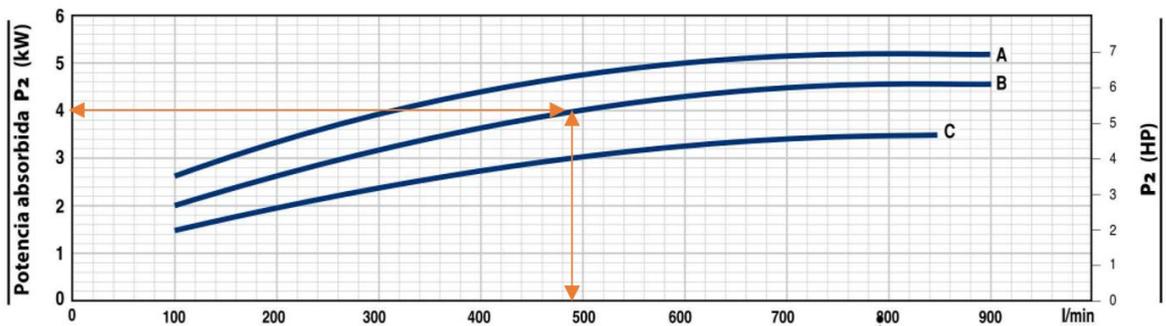


Ilustración 10. Curva Característica de la bomba 2.

7.2.2 Tablas de Estado.

Para el análisis del proceso, consideraremos dos escenarios: uno durante el día y otro durante la noche, con el fin de distinguir las posibles diferencias en las condiciones entre ambos períodos. Con esta información y después de organizar los datos, obtenemos las siguientes dos tablas.

Datos de día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Presion caldera kPa	584	515	584	653	580	653	515	584	653	515
Temperatura interna caldera °C	214	105	458	458	438	458	437	458	438	437
Temperatura ambiente caldera °C	37	37	36	37	37	36	37	36	37	36
Temperatura salida caldera °C	158	153	158	162	157	162	153	158	162	153
Temperatura chimenea °C	102	85	106	106	106	106	107	106	106	107
Temperatura tanque °C	86	87	87	90	87	87	88	87	87	87
Temperatura agua pila °C	50	55	59	61	63	58	63	59	63	60
Temperatura ambiente pila °C	36	35	35	37	37	37	37	37	37	36
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	70	65	71	79	71	70	72	71	71	66
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	57	55	54	62	54	60	43	54	54	59
Temperatura interna intercambiadores °C	70	70	70	70	70	69	75	70	70	69
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	70	70	60	54	65	60	61	60	65	70
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	95	90	93	90	85	93	80	93	85	92
Temperatura de entrada a la caldera en °C	43	42	41	43	43	42	41	43	40	45
Temperatura de Salida de parrilla en °C	97	96	97	97	97	97	97	96	95	95

Ilustración 11. Datos Obtenidos en Ecopaneles S.A. Durante el Dia.

Datos de noche	1	2	3	4	5	6	7	8
Presion caldera kPa	653	515	584	653	580	584	515	584
Temperatura interna caldera °C	437	458	438	438	437	458	437	458
Temperatura ambiente caldera °C	32	31	31	32	31	32	32	32
Temperatura salida caldera °C	162	153	158	162	157	158	153	158
Temperatura chimenea °C	107	106	108	106	107	106	108	106
Temperatura tanque °C	88	87	91	87	87	90	85	87
Temperatura agua pila °C	63	58	58	63	60	61	61	59
Temperatura ambiente pila °C	32	32	31	32	32	31	32	32
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	72	70	75	71	66	79	70	71
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	43	60	55	54	59	62	55	54
Temperatura interna intercambiadores °C	70	75	78	69	70	70	73	70
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	61	60	61	65	70	54	60	60
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	80	93	90	85	90	90	80	90
Temperatura de entrada a la caldera °C	40	45	43	43	42	41	43	42
Temperatura de Salida de parrilla en °C	95	95	97	97	97.5	97	96	97

Ilustración 12. Datos Obtenidos en Ecopaneles S.A. Durante la noche.

Seguido de esto y para facilitar el trabajo resumimos la información en tablas con los datos promediados.

Datos de noche promedio	Datos
Presion caldera kPa	584
Temperatura interna caldera °C	445
Temperatura ambiente caldera °C	32
Temperatura salida caldera °C	158
Temperatura chimenea °C	107
Temperatura tanque °C	88
Temperatura agua pila °C	60
Temperatura ambiente pila °C	32
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	72
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	55
Temperatura interna intercambiadores °C	72
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	61
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	87
Temperatura de entrada a la caldera °C	42
Temperatura de Salida de parrilla en °C	96

Ilustración 13. Datos Promedio de las Mediciones de Noche en Ecopaneles.

Datos de dia promedio	Datos
Presion caldera kPa	584
Temperatura interna caldera °C	390
Temperatura ambiente caldera °C	37
Temperatura salida caldera °C	158
Temperatura chimenea °C	104
Temperatura tanque °C	87
Temperatura agua pila °C	59
Temperatura ambiente pila °C	36
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	71
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	55
Temperatura interna intercambiadores °C	70
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	64
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	90
Temperatura de entrada a la caldera en °C	42
Temperatura de Salida de parrilla en °C	96

Ilustración 14. Datos Promedio de las Mediciones de Dia en Ecopaneles.

Valiéndonos de un diagrama del proceso más simplificado podemos designar números a diferentes tramos del mismo a los cuales llamaremos estados.

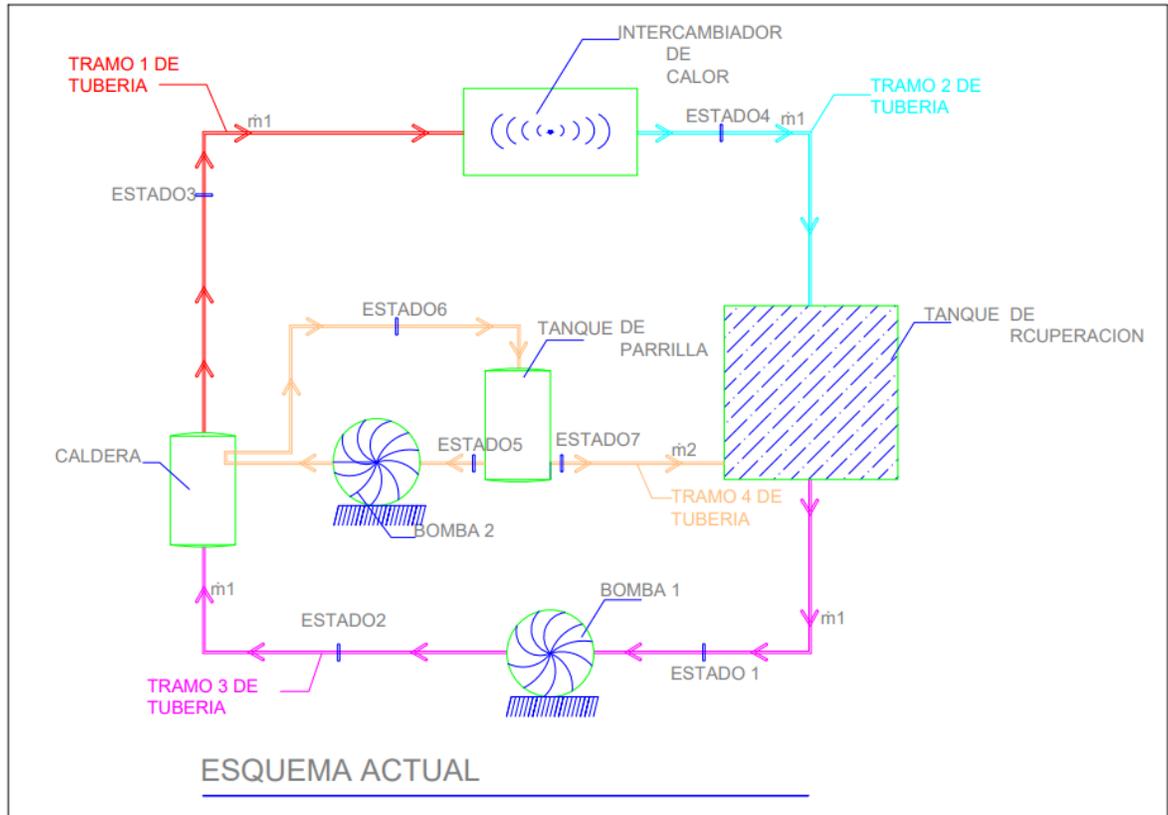


Ilustración 15. Esquema Actual del Proceso.

De esta manera, se identifican un total de siete estados. El primero se encuentra en la tubería de succión de la bomba 1, el segundo en la tubería de descarga de la bomba 1, el tercero en la tubería de descarga de la caldera, el cuarto en la tubería que conecta los intercambiadores de calor y el tanque de recuperación de condensados, el quinto en la tubería de succión de la bomba 2, el sexto en la tubería que conecta la parrilla de la caldera y el tanque de parrilla, y el séptimo y último en la tubería que conecta el tanque de parrilla con el tanque de recuperación. Además, podemos identificar cuatro tramos de tubería para un análisis posterior. El tramo uno conecta la caldera y los intercambiadores de calor, el tramo dos conecta los intercambiadores de calor con el tanque de recuperación,

el tramo tres conecta el tanque de recuperación con la caldera, pasando a través de la bomba, y el tramo cuatro corresponde a la tubería que une el sistema de la parrilla con la bomba 2.

En el proceso logramos identificar 4 presiones de trabajo distintas: la primera de 101Kpa correspondiente a la presión atmosférica, la segunda de 120Kpa correspondiente a la presión imprimida por la bomba 2, la tercera de 250Kpa correspondiente a la presión imprimida por la bomba 1 y finalmente la cuarta de 584Kpa siendo esta la más alta proveniente de la descarga de la caldera.

Con estos datos y con ayuda de las tablas termodinámicas hemos podido armar nuestras tablas de estado del proceso actual.

TABLA DE ESTADOS DIA

No.	T(°C)	P(Kpa)	h(Kj/Kg)	S(Kj/Kg*K)	Estado
1	59	101	246.996	0.81864	Liquido Comprimido
2	42	250	175.894	0.59888	Liquido Comprimido
3	158	584	2754.98	6.7593	Vapor Sobrecalentado
4	64	101	267.932	0.88122	Liquido Comprimido
5	87	101	364.428	1.15792	Liquido Comprimido
6	96	120	402.306	1.26176	Liquido Comprimido
7	71	101	297.262	0.96724	Liquido Comprimido

Tabla 1. Tabla de Estados Dia (Ciclo Actual).

TABLA DE ESTADOS NOCHE

No.	T(°C)	P(Kpa)	h(Kj/Kg)	S(Kj/Kg*K)	Estado
1	60	101	251.18	0.8313	Liquido Comprimido
2	42	250	175.894	0.59888	Liquido Comprimido
3	158	584	2754.98	6.7593	Vapor Sobrecalentado
4	61	101	255.368	0.84378	Liquido Comprimido
5	88	101	368.632	1.16958	Liquido Comprimido
6	96	120	402.306	1.26176	Liquido Comprimido
7	72	101	301.454	0.97938	Liquido Comprimido

Tabla 2. Tabla de Estados Noche (Ciclo Actual).

7.2.3 Perdida de Calor por Tramo de Tubería.

Para la perdida de calor por tramo de tubería calculamos el flujo de calor específico (por unidad de masa) y posteriormente el total de la siguiente forma.

$$\dot{Q} = h_1 - h_2 \left(\frac{Kj}{kg} \right)$$

Siendo estos valores de entalpia los correspondientes a los estados implicados en el cálculo.

$$Q = \dot{Q} * \dot{m} (Kw)$$

Cabe aclarar que los Kw representados aquí corresponden a kilowatts térmicos.

Perdida de calor por tramo de tubería								
Tramos	T1 (°C)	T2 (°C)	h1 (Kj/Kg)	h2 (Kj/Kg)	Q Kj/Kg	\dot{m} Kg/s	\dot{Q} Kw	
1	158	90	2754.9	2089.256	665.644	0.47	312.85268	
2	64	55	267.932	230.26	37.672	0.47	17.70584	
3	59	42	246.996	175.894	71.102	0.47	33.41794	
4	87	71	364.428	297.262	67.166	8.17	548.522333	
Total								912.5

Tabla 3. Tabla de Perdida de Calor por Tramo de Tubería de Día (Ciclo Actual).

Perdida de calor por tramo de tubería								
Tramos	T1 (°C)	T2 (°C)	h1 (Kj/Kg)	h2 (Kj/Kg)	Q Kj/Kg	\dot{m} Kg/s	\dot{Q} Kw	
1	158	87	2754.9	2290.18	464.72	0.47	218.4184	
2	61	55	255.368	230.26	25.108	0.47	11.80076	
3	60	42	251.18	175.894	75.286	0.47	35.38442	
4	88	72	368.632	301.454	67.178	8.17	548.620333	
Total								814.2

Tabla 4. Tabla de Perdida de Calor por Tramo de Tubería de Noche (Ciclo Actual).

7.2.4 Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor.

En los intercambiadores de calor hemos optado por la metodología de “cajas negras” tomando así los valores límites de este sistema, ya que de esta manera es más provechoso para nuestro estudio y los datos conseguidos son suficiente para el cumplimiento de nuestros objetivos, en caso de un análisis más exhaustivo de los intercambiadores, se requería de más procedimientos.

Aquí calculamos el flujo de calor específico es decir por unidades de masa y el flujo de calor total, al igual que con los tramos de tubería.

$$\dot{Q} = h_1 - h_2 \left(\frac{Kj}{kg} \right)$$

$$Q = \dot{Q} * \dot{m} (Kw)$$

Gasto de energía en intercambiadores						
T1 (°C)	T2 (°C)	h1 (Kj/Kg)	h2 (Kj/Kg)	Q Kj/Kg	\dot{m} Kg/s	\dot{Q} Kw
90	64	2282.5	267.932	2014.568	0.47	946.8

Tabla 5. Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor de Dia (Ciclo Actual).

Gasto de energía en intercambiadores						
T1 (°C)	T2 (°C)	h1 (Kj/Kg)	h2 (Kj/Kg)	Q Kj/Kg	\dot{m} Kg/s	\dot{Q} Kw
87	61	2290.18	255.368	2034.812	0.47	956.4

Tabla 6. Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor de Noche (Ciclo Actual).

7.2.5 Perdida de Calor en Pila de Retorno.

Dado que la pila se encuentra suspendida a 30 cm del suelo y alejada de paredes los dos mecanismos principales de perdida de calor en ella son por convección y por radiación.

$$\dot{Q} = A * h_c * \Delta T (Kw)$$

$$\dot{Q} = \epsilon * \sigma * A * (T_1^4 - T_2^4)(Kw)$$

Siendo estas las ecuaciones respectivamente, donde A corresponde al área de la pila en ambas ecuaciones, h_c corresponde al coeficiente de convección, σ corresponde a la constante de Stefan Boltzmann y ϵ corresponde a la emisividad térmica del material.

El coeficiente de convección h_c podemos desarrollarlo en $h_c = k * e$ donde k es el valor de conductividad térmica del material y e corresponde al factor de forma de la estructura que se está analizando. El factor de forma no es más que el inverso del espesor de chapa del recipiente en este caso (m^{-1}). De esta manera nos queda la perdida energética tanto de día como de noche respectivamente.

Perdida de calor en pila de retorno						
A(m ²)	T1 (°C)	T2 (°C)	Tf (°C)	K(w/m*k)	e(m ⁻¹)	\dot{Q}_1 Kw
6.36	59	36	47.5	2.717	2000	794.88552
ϵ	$\sigma(w/m^2*k^4)$	T1 (K)	T2 (K)	\dot{Q}_2 Kw		
0.05	5.67E-08	332.15	309.15	0.05475831		
						\dot{Q}_T Kw
						794.940278

Tabla 7. Perdida de calor en pila de retorno día.

Perdida de calor en pila de retorno						
A(m ²)	T1 (°C)	T2 (°C)	Tf (°C)	K(w/m*k)	e(m ⁻¹)	\dot{Q}_1 Kw
6.36	60	32	46	2.717	2000	967.68672
ϵ	$\sigma(w/m^2*k^4)$	T1 (K)	T2 (K)	\dot{Q}_2 Kw		
0.05	5.67E-08	333.15	305.15	0.065773		
						\dot{Q}_T Kw
						967.8

Tabla 8. Perdida de calor en pila de retorno noche.

7.2.6 Perdida de Calor en Tanque de Parrilla.

El tanque de parrilla responde a las mismas características de la pila de retorno, por lo tanto, su análisis es igual.

Perdida de calor en tanque de parrilla						
A(m ²)	T1 (°C)	T2 (°C)	Tf (°C)	K(w/m*k)	e(m ⁻¹)	\dot{Q}_1 Kw
4.1469023	87	36	61.5	2.81895	4000	2384.74169
ϵ	σ (w/m ² *k ⁴)	T1 (K)	T2 (K)			\dot{Q}_2 Kw
0.64	5.67E-08	360.15	309.15			1.15718778
						\dot{Q}_T Kw
						2385.89888

Tabla 9. Perdida de calor en tanque de parrilla día.

Perdida de calor en tanque de parrilla						
A(m ²)	T1 (°C)	T2 (°C)	Tf (°C)	K(w/m*k)	e(m ⁻¹)	\dot{Q}_1 Kw
4.1469023	88	32	60	2.81895	4000	2618.5399
ϵ	σ (w/m ² *k ⁴)	T1 (K)	T2 (K)			\dot{Q}_2 Kw
0.64	5.67E-08	361.15	305.15			1.25519523
						\dot{Q}_T Kw
						2619.8

Tabla 10. Perdida de calor en tanque de parrilla noche.

7.2.7 Análisis Exegético.

En este apartado analizaremos la tasa de rendimiento del sistema valiéndonos del concepto de COP, pero antes calculando exergía destruida en la caldera con el fin de saber cuánto del trabajo perdido aquí puede ser convertido en trabajo útil y finalizamos con el diagrama T-S del sistema actual.

En primer lugar, traemos las variables necesarias de nuestros estados. El estado 0 corresponde a un “estado muerto” cuyos valores son los datos del agua en las condiciones ambientales.

Estado 2:

- $P_2 = 250\text{Kpa}$
- $T_2 = 42\text{ °C}$
- $U_2 = 175.89\text{ Kj/Kg}$
- $V_2 = 0.0010088\text{ m}^3/\text{Kg}$
- $S = 0.59876\text{ Kj/Kg}\cdot\text{K}$

Estado 3:

- $P_3 = 584\text{Kpa}$
- $T_3 = 158\text{ °C}$
- $U_3 = 2565.872\text{Kj/Kg}$
- $V_3 = 0.3242432\text{m}^3/\text{Kg}$
- $S_3 = 6.769124\text{ Kj/Kg}\cdot\text{K}$

Estado 0:

- $P_0 = 101\text{Kpa}$
- $T_0 = 37\text{ °C}$
- $U_0 = 154.99\text{ Kj/Kg}$
- $V_0 = 0.0010068\text{ m}^3/\text{Kg}$
- $S_0 = 0.53202\text{ Kj/Kg}\cdot\text{K}$

Determinamos las exergías de nuestros estados 2 y 3 con las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$X_2 = \dot{m}[(U_2 - U_0) - T_0(S_2 - S_0) + P_0(V_2 - V_0)]$$

$$X_3 = \dot{m}[(U_3 - U_0) - T_0(S_3 - S_0) + P_0(V_3 - V_0)]$$

$$X_2 = 0.0937694 \text{ Kw}$$

$$X_3 = 237.74553 \text{ Kw}$$

Es decir que la exergía en el proceso antes del ingreso del fluido a la caldera es de alrededor de 0,09Kw y a la salida de 237.7Kw.

Haciendo un balance obtenemos lo siguiente:

$$\dot{W} = -\Delta U + \dot{Q}$$

$$\dot{W} = \dot{m}(h_3 - h_2) - \dot{m}(U_3 - U_2)$$

$$\dot{W} = 88.2760 \text{ Kw}$$

Finalmente tenemos que el trabajo útil es la diferencia de ambos trabajos.

$$\dot{W}_u = \dot{W} - P_0(V_3 - V_2)$$

$$\dot{W}_u = 55.629402 \text{ Kw}$$

Pudiendo ahora calcular la exergía destruida.

$$X_{destruida} = X_3 - X_2 - \dot{W}_u$$

$$X_{destruida} = 182.02236 \text{ Kw}$$

Siendo estos últimos 182Kw la energía perdida en la caldera que puede convertirse en trabajo útil. Con estos datos también podemos calcular la eficiencia de la caldera según la segunda ley.

$$n = \frac{\dot{W}_u}{X_3 - X_2}$$

$$n = 0.2340795$$

$$n \approx 23.4$$

Para el cálculo del coeficiente de desempeño o también llamado COP usamos la siguiente ecuación:

$$COP = \frac{Q_l}{W_{neto}}$$

$$COP = \frac{5350.9}{1204.3977} = 4.442796$$

Esto a grandes rasgos nos dice que cada Kw de trabajo suministrado por la caldera, equivale a 4.442796Kw de energía dispersa por el proceso.

Por último, tenemos el diagrama T-S del proceso actual.

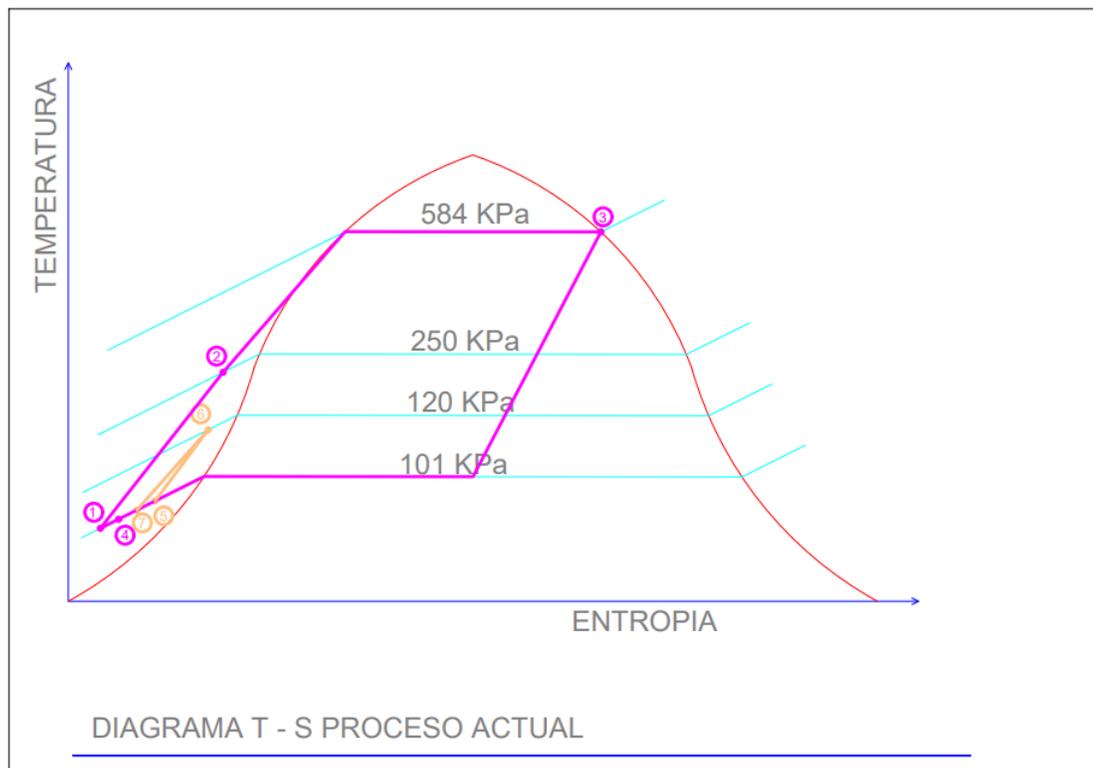


Ilustración 16. Diagrama T-S Proceso Actual.

Donde podemos apreciar en líneas color turquesa las presiones en el proceso, en líneas color purpura las líneas que unen los estados del proceso excluyendo los tramos referentes a la parrilla de la caldera y en líneas naranjas los estados referentes a la parrilla de la caldera.

7.3 Ciclo Recomendado.

Al igual que en el análisis anterior hemos considerado dos periodos de tiempo, uno en el día y otro por la noche, con el fin de comparar las diferencias ambientales que podrían tener repercusiones notables al momento de tomar decisiones.

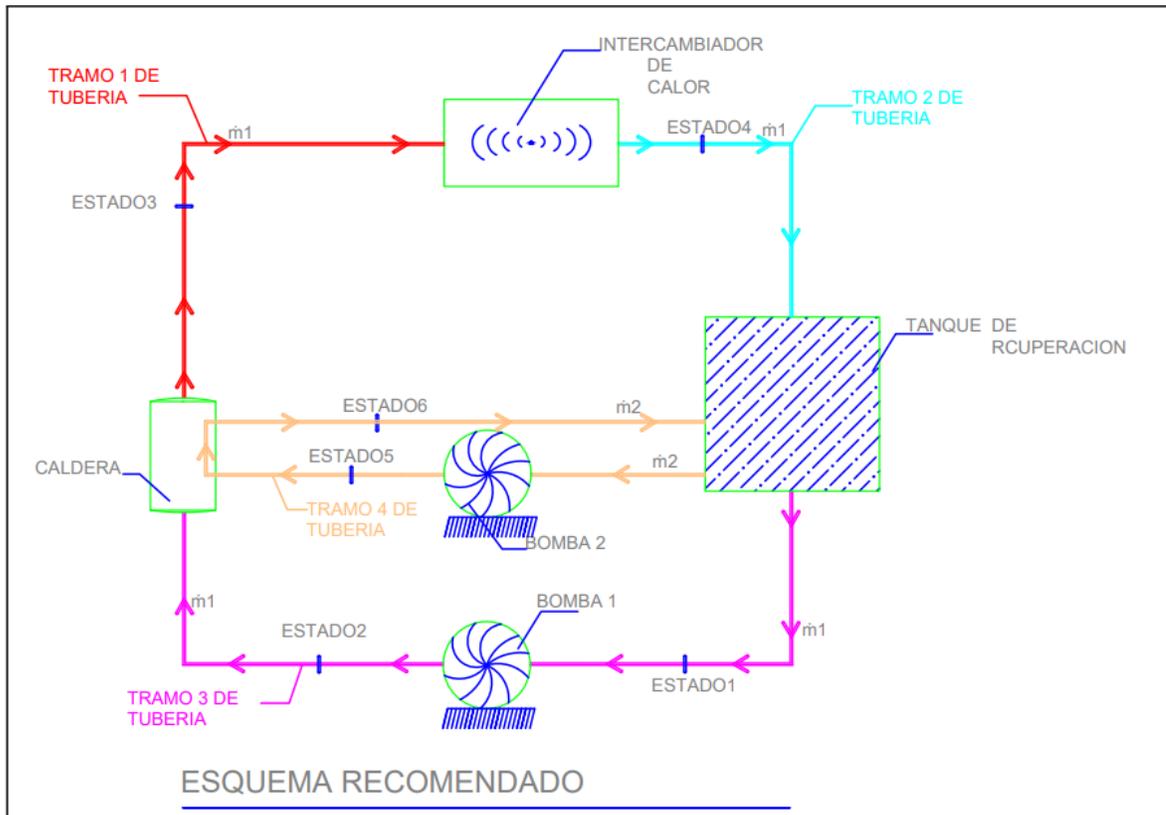


Ilustración 17. Esquema Recomendado del Proceso.

En este nuevo esquema podemos apreciar que se ha eliminado del tanque de la parrilla, dado que la bomba 2 es capaz de llevar el agua desde el tanque de recuperación de condensados hasta la parrilla, esto principalmente nos ayudara aumentando levemente la temperatura del agua en el tanque de recuperación y por lo tanto disminuyendo la carga de trabajo de la caldera. Con esto nuestro número de estados ha decrecido de 7 a 6 siendo los primeros 4 los mismos que el ciclo actual y el nuevo estado 5 correspondiente a la salida de la bomba 2 y el estado 6 el regreso del agua proveniente de la parrilla con destino al tanque de recuperación.

7.3.1 Tablas de Estado.

Teniendo esto en cuenta obtenemos los siguientes estados.

TABLA DE ESTADOS DIA					
No.	T(°C)	P(Kpa)	h(Kj/Kg)	S(Kj/Kg*K)	Estado
1	68	101	284.69	0.93054	Liquido Comprimido
2	60	250	251.18	0.8313	Liquido Comprimido
3	158	584	2754.9	6.769124	Vapor Sobrecalentado
4	64	101	267.932	0.88122	Liquido Comprimido
5	68	101	284.69	0.93054	Liquido Comprimido
6	96	120	402.306	1.26176	Liquido Comprimido

Tabla 11. Tabla de Estado Dia (Ciclo Recomendado)

TABLA DE ESTADOS NOCHE					
No.	T(°C)	P(Kpa)	h(Kj/Kg)	S(Kj/Kg*K)	Estado
1	68	101	284.69	0.93054	Liquido Comprimido
2	60	250	251.18	0.8313	Liquido Comprimido
3	158	584	2754.9	6.769124	Vapor Sobrecalentado
4	61	101	255.368	0.84378	Liquido Comprimido
5	68	101	284.69	0.93054	Liquido Comprimido
6	96	120	402.306	1.26176	Liquido Comprimido

Tabla 12. Tabla de Estado Noche (Ciclo Recomendado)

7.3.2 Perdida de Calor por Tramo de Tubería.

En nuestro sistema recomendado tenemos de igual forma 4 tramos de tubería con la diferencia que nuestro tramo 4 ahora tiene un recorrido más directo.

Las ecuaciones empleadas son las mismas que en el sistema actual.

Perdida de calor por tramo de tubería								
Tramos	T1 (°C)	T2 (°C)	h1 (Kj/Kg)	h2 (Kj/Kg)	Q Kj/Kg	m Kg/s	Q̇ Kw	
1	158	90	2754.9	2089.256	665.644	0.47	312.85268	
2	64	55	267.932	230.26	37.672	0.47	17.70584	
3	68	60	284.69	251.18	33.51	0.47	15.7497	
4	96	80	402.786	335.02	67.766	8.17	553.422333	
Total								899.7

Tabla 13. Perdida de Calor por Tramo de Tubería Dia (Ciclo Recomendado)

Perdida de calor por tramo de tubería								
Tramos	T1 (°C)	T2 (°C)	h1 (Kj/Kg)	h2 (Kj/Kg)	Q Kj/Kg	m Kg/s	Q̇ Kw	
1	158	87	2754.9	2290.18	464.72	0.47	218.4184	
2	61	55	255.368	230.26	25.108	0.47	11.80076	
3	68	60	284.69	251.18	33.51	0.47	15.7497	
4	96	80	402.786	335.02	67.766	8.17	553.422333	
Total								799.4

Tabla 14. Perdida de Calor por Tramo de Tubería Noche (Ciclo Recomendado)

7.3.3 Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor.

Al igual que el apartado anterior aquí usamos la misma metodología que con el proceso actual, las diferencias en el análisis anterior y este vienen dadas por los cambios en las temperaturas producto de la reestructuración del proceso, sin embargo, debido a que la temperatura de salida de la caldera siempre será la misma no hay cambios en este punto.

Gasto de energía en intercambiadores						
T1 (°C)	T2 (°C)	h1 (Kj/Kg)	h2 (Kj/Kg)	Q Kj/Kg	m Kg/s	Q̇ Kw
90	64	2282.5	267.932	2014.568	0.47	946.8

Tabla 15. Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor Dia (Ciclo Recomendado)

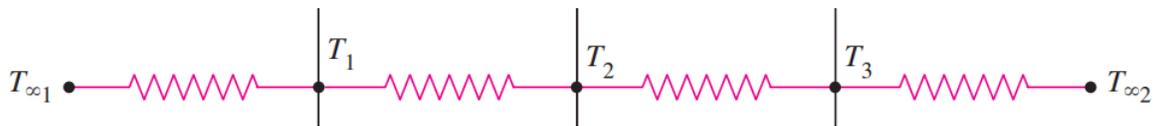
Gasto de energía en intercambiadores						
T1 (°C)	T2 (°C)	h1 (Kj/Kg)	h2 (Kj/Kg)	Q Kj/Kg	m Kg/s	Q̇ Kw
87	61	2290.18	255.368	2034.812	0.47	956.4

Tabla 16. Gasto de Energía en Intercambiadores de Calor Noche (Ciclo Recomendado)

7.3.4 Perdida de Calor en Pila de Retorno.

A diferencia de las demás etapas del proceso, la pila de retorno de condensados es la única que carece de aislamiento, lo cual es crucial para su funcionamiento. En cambio, los tramos de tubería y las tuberías externas de los intercambiadores de calor cuentan con aislantes térmicos. Sin embargo, no hemos realizado cálculos considerando dichos aislantes. En el caso de la tubería principal que va desde la caldera hasta la entrada de los intercambiadores, hemos observado un notable deterioro en el aislamiento. Sin embargo, debido a las restricciones para alterar el proceso, no hemos podido realizar un estudio exhaustivo al respecto. Esto implicaría remover parte del aislamiento para realizar mediciones precisas y, posteriormente, un análisis comparativo. En cambio, hemos llevado a cabo análisis de la pila de retorno con diferentes tipos de aislantes. En esta sección, presentaremos los cálculos realizados utilizando fibra de vidrio como aislante elegido. Sin embargo, en la sección de costos financieros, profundizaremos más en la elección de este aislante.

En este particular caso nuestro circuito de resistencias térmicas tendría la siguiente forma:



De forma que tendríamos 4 resistencias que podríamos calcular de la siguiente manera:

$$R_1 = \frac{1}{h_1 * A} (\text{°C}/w)$$

Donde:

- h_1 = Coeficiente de transferencia de calor de la Superficie interna.
- A = Área de la superficie de la pila.

$$R_2 = \frac{e}{k_1 * A} (\text{°C}/w)$$

Donde:

- k_1 = Conductividad térmica de la pila.
- e = Espesor de la pila.

$$R_3 = \frac{e_{aislante}}{k_2 * A} (\text{°C}/w)$$

Donde:

- k_2 = Conductividad térmica del aislante.
- e = Espesor del aislante.

$$R_4 = \frac{1}{h_2 * A} (\text{°C}/w)$$

Donde:

- h_2 = Coeficiente de transferencia de calor de la superficie externa.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 (\text{°C}/w)$$

Para finalizar la transferencia de calor tendríamos.

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R_t} * \frac{1}{1000} (Kw)$$

R1	0.000552294
R2	0.00028935
R3	0.209643606
R4	0.004883307
RT	0.215368557
<u>\dot{Q}</u>	<u>0.149</u>

Tabla 17. Perdida de Calor en Pila de Retorno (Ciclo Recomendado)

En este caso, ambos cálculos, de día y de noche han dado el mismo valor de transferencia de calor con lo cual es redundante representar los dos.

7.3.5 Análisis Exegético.

Para el análisis exegético de nuestro ciclo recomendado utilizaremos la misma metodología que nuestro análisis anterior.

Estado 2:

- $P_2 = 250\text{Kpa}$
- $T_2 = 60\text{ °C}$
- $U_2 = 251.16\text{ Kj/Kg}$
- $V_2 = 0.001017\text{ m}^3/\text{Kg}$
- $S_2 = 0.8313\text{ Kj/Kg}\cdot\text{K}$

Estado 3:

- $P_3 = 584\text{Kpa}$
- $T_3 = 158\text{ °C}$
- $U_3 = 2565.872\text{Kj/Kg}$
- $V_3 = 0.3242432\text{m}^3/\text{Kg}$
- $S_3 = 6.769124\text{ Kj/Kg}\cdot\text{K}$

Estado 0:

- $P_0 = 101\text{Kpa}$
- $T_0 = 37\text{ °C}$
- $U_0 = 154.99\text{ Kj/Kg}$
- $V_0 = 0.0010068\text{ m}^3/\text{Kg}$
- $S_0 = 0.53202\text{ Kj/Kg}\cdot\text{K}$

Determinamos las exergías de nuestros estados 2 y 3 con las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$X_2 = \dot{m}[(U_2 - U_0) - T_0(S_2 - S_0) + P_0(V_2 - V_0)]$$

$$X_3 = \dot{m}[(U_3 - U_0) - T_0(S_3 - S_0) + P_0(V_3 - V_0)]$$

$$X_2 = 39.7873\text{ Kw}$$

$$X_3 = 237.74553\text{ Kw}$$

Es decir que la exergía en el proceso antes del ingreso del fluido a la caldera es de alrededor de 39.8Kw y a la salida de 237.7Kw.

Haciendo un balance obtenemos lo siguiente:

$$\dot{W} = -\Delta U + \dot{Q}$$

$$\dot{W} = \dot{m}(h_3 - h_2) - \dot{m}(U_3 - U_2)$$

$$\dot{W} = 88.2686Kw$$

Finalmente tenemos que el trabajo útil es la diferencia de ambos trabajos.

$$\dot{W}_u = \dot{W} - P_0(V_3 - V_2)$$

$$\dot{W}_u = 55.6227Kw$$

Pudiendo ahora calcular la exergía destruida.

$$X_{destruida} = X_3 - X_2 - \dot{W}_u$$

$$X_{destruida} = 197.95823Kw$$

Siendo estos últimos 197Kw la energía perdida en la caldera que puede convertirse en trabajo útil, aunque sea un valor mayor que el anterior podemos notar más adelante que la eficiencia aumenta.

Con estos datos también podemos calcular la eficiencia de la caldera según la segunda ley.

$$n = \frac{\dot{W}_u}{X_3 - X_2}$$

$$n = 0.2809823$$

$$n \approx 28.1 \%$$

Para el cálculo del coeficiente de desempeño o también llamado COP usamos la siguiente ecuación:

$$COP = \frac{Ql}{W_{neto}}$$

$$COP = \frac{1839.0366}{1169.239} = 1.57285$$

Esto a grandes rasgos nos dice que cada Kw de trabajo suministrado por la caldera, equivale a 1.57Kw de energía dispersa por el proceso.

Por último, tenemos el diagrama T-S del proceso recomendado.

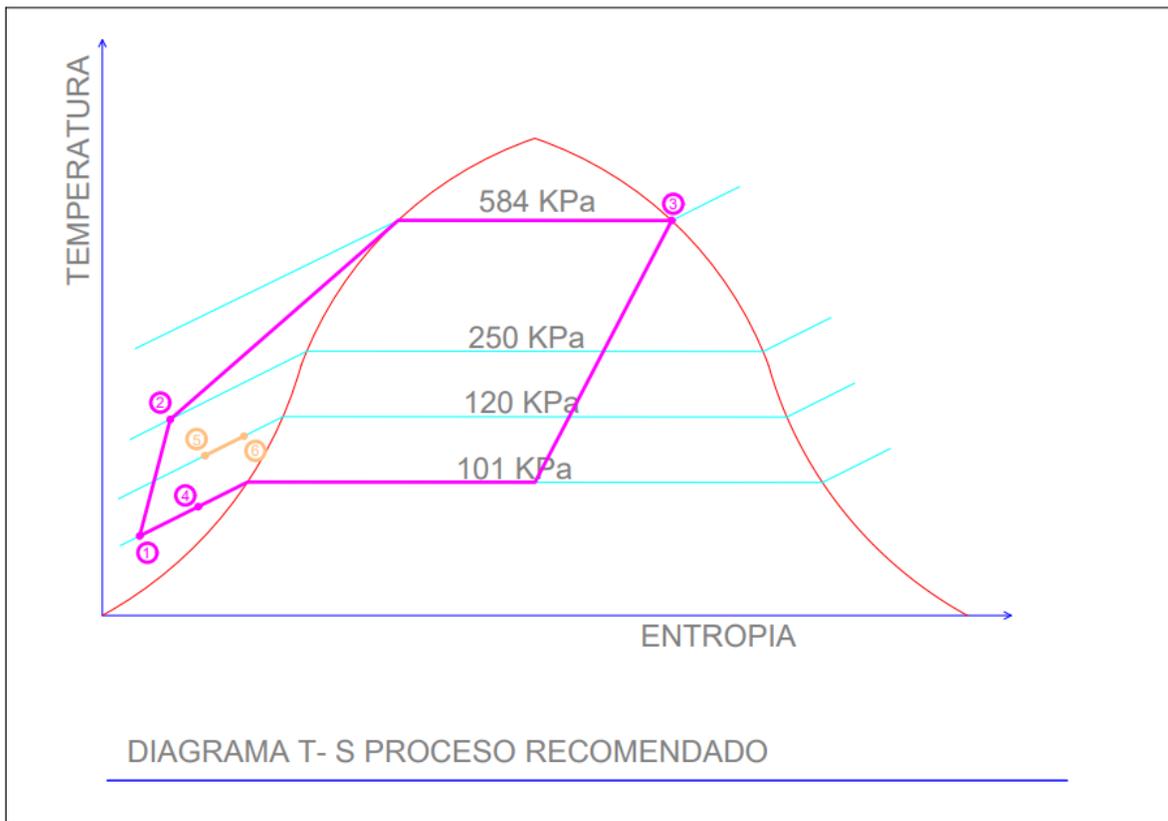


Ilustración 18. Diagrama T-S Proceso Recomendado.

Donde podemos apreciar en líneas color turquesa las presiones en el proceso, en líneas color purpura las líneas que unen los estados del proceso excluyendo los tramos referentes a la parrilla de la caldera y en líneas naranjas los estados referentes a la parrilla de la caldera.

VIII Aspectos Financieros.

8.1 Costo Energético.

El costo energético este ligado al precio del combustible que es usado en la caldera, siendo este combustible de tipo textil. Gracias a los datos brindados por la empresa conocemos que el precio por kg de este material es de 0.02 US\$/Kg y una potencia calorífica inferior de 18425 Kj/Kg.

Fecha	Kg por dia	Kg por noche
viernes, 01 de abril de 2022		884
sábado, 02 de abril de 2022	1084	991
domingo, 03 de abril de 2022	1286	838
lunes, 04 de abril de 2022	652	743
martes, 05 de abril de 2022	977	638
miércoles, 06 de abril de 2022	785	940
jueves, 07 de abril de 2022	506	727
viernes, 08 de abril de 2022	446	1120
sábado, 09 de abril de 2022	568	955
domingo, 10 de abril de 2022	854	274
lunes, 11 de abril de 2022	517	940
martes, 12 de abril de 2022	992	854
miércoles, 13 de abril de 2022	770	1098
jueves, 14 de abril de 2022		
viernes, 15 de abril de 2022		
sábado, 16 de abril de 2022	330	
domingo, 17 de abril de 2022	480	898
lunes, 18 de abril de 2022	335	869
martes, 19 de abril de 2022	913	914
miércoles, 20 de abril de 2022	1054	1083
jueves, 21 de abril de 2022	796	256
viernes, 22 de abril de 2022	843	130
sábado, 23 de abril de 2022	382	
domingo, 24 de abril de 2022	806	258
lunes, 25 de abril de 2022	571	1029
martes, 26 de abril de 2022	582	1007
miércoles, 27 de abril de 2022	696	451
jueves, 28 de abril de 2022	704	799
viernes, 29 de abril de 2022	483	427
sábado, 30 de abril de 2022	482	
PROMEDIO	699.8	764.9

Tabla 18. Consumo de combustible Mes de abril 2022

Por lo tanto, conociendo el consumo promedio de combustible, la cantidad de calor suministrada al vapor por dicho combustible y el precio del combustible, podemos calcular los US\$/Kwh.

La cantidad de calor suministrado al vapor por el combustible es de 2754.9 Kj por cada Kg de vapor y la cantidad promedio de combustible por en el día es de 699.8Kg y el precio de la tela en US\$/Kg es de 0.02 por lo tanto el dinero ocupado por hora es de aproximadamente 1.2 US\$/h con lo cual:

$$US\$/Kwh = \frac{1.2}{\frac{12 * 2754.9 * 699.8}{3600}} = 0.0001815$$

8.2 Ciclo Actual.

8.2.1 Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo.

Tramos	Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
1	312.85268	0.056779 \$	0.68
2	17.70584	0.003213 \$	0.04
3	33.41794	0.006065 \$	0.07
4	548.522333	0.099551 \$	1.19
Total	912.498793	\$	1.99

Tabla 19. Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo Dia (Ciclo Actual)

Tramos	Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
1	218.4184	0.039641 \$	0.48
2	11.80076	0.002142 \$	0.03
3	35.38442	0.006422 \$	0.08
4	548.620333	0.099569 \$	1.19
Total	814.223913	\$	1.77

Tabla 20. Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Actual)

8.2.2 Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo.

\dot{Q} Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
946.8	0.17184255	\$ <u>2.06</u>

Tabla 21. Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo Dia (Ciclo Actual)

\dot{Q} Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
956.4	0.17356936	\$ <u>2.08</u>

Tabla 22. Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Actual)

8.2.3 Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo.

\dot{Q}_T Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
794.940278	0.14427312	\$ <u>1.73</u>

Tabla 23. Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo Dia (Ciclo Actual)

\dot{Q}_T Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
967.8	0.17563668	\$ <u>2.11</u>

Tabla 24. Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Actual)

8.2.4 Costo en Tanque de Parrilla por Jornada de Trabajo.

\dot{Q}_T Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
2385.89888	0.43301502	\$ <u>5.20</u>

Tabla 25. Costo en Tanque de Parrilla por Jornada de Trabajo Dia (Ciclo Actual)

\dot{Q}_T Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
2619.8	0.47546467	\$ <u>5.71</u>

Tabla 26. Costo en Tanque de Parrilla por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Actual)

8.3 Ciclo Recomendado.

8.3.1 Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo.

Tramos	Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
1	312.85268	0.056781	\$ 0.68
2	17.70584	0.003214	\$ 0.04
3	15.7497	0.002858	\$ 0.03
4	553.422333	0.100443	\$ 1.21
Total	899.730553		\$ 1.96

Tabla 27. Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo Dia (Ciclo Recomendado)

Tramos	Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
1	218.4184	0.039642	\$ 0.48
2	11.80076	0.002142	\$ 0.03
3	15.7497	0.002858	\$ 0.03
4	553.422333	0.100443	\$ 1.21
Total	799.391193		\$ 1.74

Tabla 28. Costo en Tramos de Tubería por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Recomendado)

8.3.2 Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo.

\dot{Q} Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
946.8	0.17184754	\$ 2.06

Tabla 29. Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo Dia (Ciclo Recomendado)

\dot{Q} Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
956.4	0.1735744	\$ 2.08

Tabla 30. Costo en Intercambiadores de Calor por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Recomendado)

8.3.3. Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo.

\dot{Q}_T Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
1106.007208	0.20073426	\$ 2.41

Tabla 31. Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo Dia (Ciclo Recomendado)

\dot{Q}_T Kw	US\$/h	US\$ Por jornada de trabajo
1244.256528	0.22582575	\$ 2.71

Tabla 32. Costo en Pila de Retorno por Jornada de Trabajo Noche (Ciclo Recomendado)

8.4 Evaluación de Aislamiento Recomendado.

Para la evaluación de los aislamientos, se consideraron diferentes tipos disponibles en el mercado con el objetivo de encontrar el más óptimo, estos son: Fibra de Vidrio, Lana Roca, Poliestireno Multiuso, Espuma de Polietileno y Polietileno de baja densidad.

Nombre	Precio por m ²	Conductividad termica w/m*k	Espesor cm	Espesor en m	precio total sin instalacion
Fibra de vidrio	110.6	0.03	4	0.04	774.2
Lana Roca	25	0.04	4	0.04	175
Poliestireno multiuso	58.34	0.5	2.5	0.025	408.38
Espuma de polietileno	28.5	0.028	0.5	0.005	199.5
Polietileno de baja densidad	8.25	0.04	0.5	0.005	57.75

Tabla 33. Datos Técnicos de los Aislantes Estudiados.

El “precio total sin instalación” representado en la anterior tabla corresponde a la multiplicación del precio por metro cuadrado al que se encuentra en venta el aislante y el área total que se quiere aislar, cabe destacar que un profesional que se dedique a este tipo de trabajos puede diferir en la cantidad de aislante que necesite para completar este proyecto, dadas las particularidades que en este puede haber.

Ahora le presentaremos una tabla con los cálculos de transferencia de calor de la pila con todos los materiales, las ecuaciones utilizadas aquí son las mismas que hemos expuesto en el cálculo de la pérdida de calor en la pila de retorno del ciclo recomendado.

Pérdida de calor en pila de retorno aislada						
	Fibra de vidrio	Lana Roca	Poliestireno multiuso	Espuma de polietileno	Polietileno de baja densidad	
R1	0.000552294	0.0005523	0.000552294	0.000552294	0.000552294	
R2	0.00028935	0.00028935	0.00028935	0.00028935	0.00028935	
R3	0.209643606	0.157232704	0.007861635	0.028077269	0.019654088	
R4	0.004883307	0.004883307	0.004883307	0.004883307	0.004883307	
RT	0.215368557	0.162957655	0.013586586	0.033802219	0.025379039	
\dot{Q}	Kw	0.149	0.196	2.355	0.947	1.261
	US\$/h	2.69669E-05	3.56401E-05	0.000427468	0.000171818	0.000228843
	US\$ Por jornada de trabajo	\$ 0.0003	\$ 0.0004	\$ 0.0051	\$ 0.0021	\$ 0.0027

Tabla 34. Pérdida de Calor en Pila de Retorno aislada, Análisis de Aislantes Térmicos.

Gracias a estos cálculos podemos darnos cuenta que la fibra de vidrio es la que mejor se adecua para el trabajo, siendo la que menos calor deja salir al exterior y por ende más

ahorro nos suscita. Aunado a eso sabemos que la fibra de vidrio es de los materiales más populares para el aislamiento térmico, usado de hecho en la propia Ecopaneles S.A. para el aislamiento de las tuberías de vapor.

Por último, tenemos una gráfica que nos muestra la relación precio/efectividad de estos materiales coronando nuevamente a la fibra de vidrio.

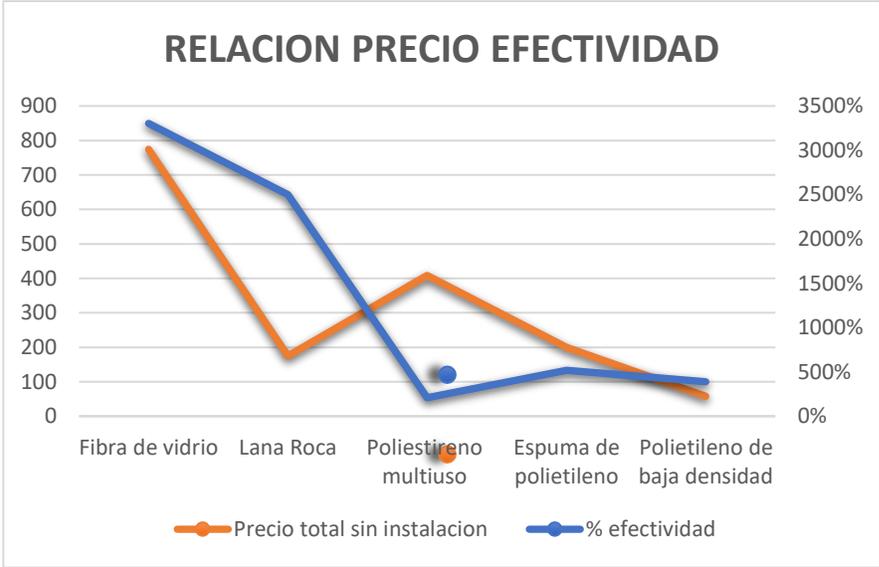


Ilustración 19. Relación Precio Efectividad de Aislantes Térmicos.

IX Análisis de Resultados.

Para el análisis de los resultados, presentaremos primero un resumen de los datos del ciclo actual y del ciclo recomendado, y posteriormente debatiremos sobre los puntos específicos en los que difieren ambos ciclos.

Contribuyentes	Energía en Kw de día	Costo en dolares de día	Energía en Kw de noche	Costo en dolares de noche
Tramos de tubería	912.5	\$ 1.99	814.2	\$ 1.77
Intercambiadores	946.8	\$ 2.06	956.4	\$ 2.08
Pila de retorno	794.9	\$ 1.73	967.8	\$ 2.11
Tanque de parrilla	2385.9	\$ 5.20	2619.8	\$ 5.71
Total	5040.2	\$ 10.98	5358.1	\$ 11.67

Tabla 35. Contribuyentes de Energía en Ecopaneles. (Ciclo Actual)

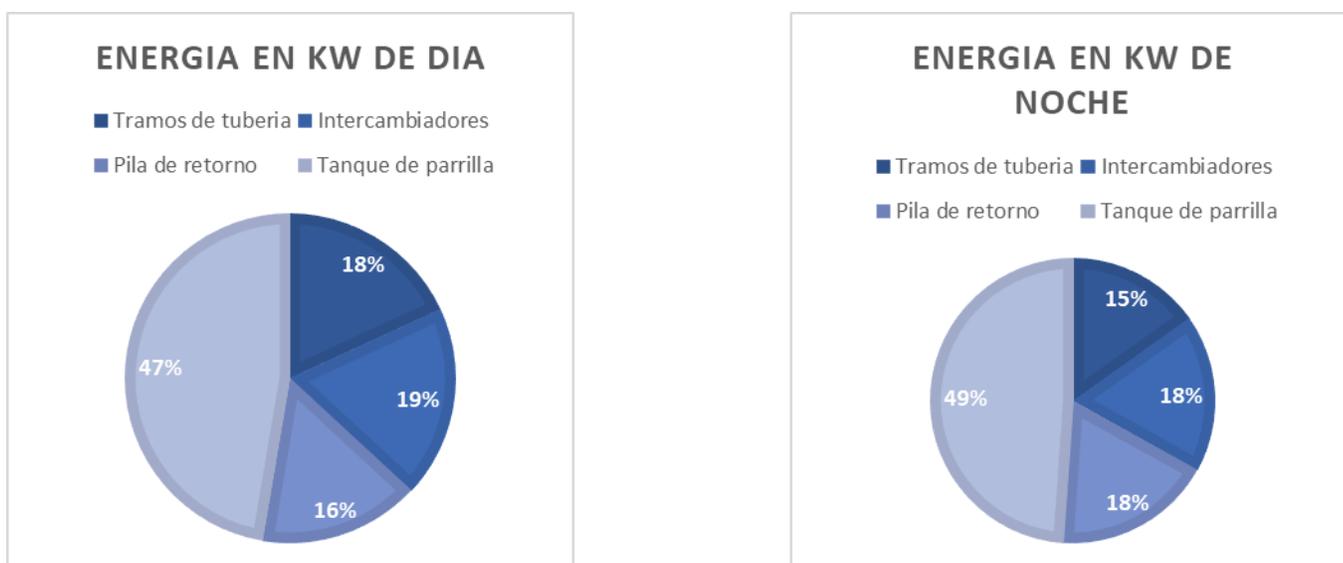


Ilustración 20. Porcentaje de Consumo de Energía en Ecopaneles Día (Ciclo Actual)

Ilustración 21. Porcentaje de Consumo de Energía en Ecopaneles Noche (Ciclo Actual)

Contribuyentes	Energía en Kw de día	Costo en dolares de día	Energía en Kw	Costo en dolares de noche
Tramos de tubería	899.7	\$ 1.96	799.4	\$ 1.74
Intercambiadores	946.8	\$ 2.06	956.4	\$ 2.08
Pila de retorno	0.149	\$ 0.00032	0.149	\$ 0.00032
Total	1846.7	\$ 4.02	1755.9	\$ 3.82

Tabla 36. Contribuyentes de Energía en Ecopaneles. (Ciclo Recomendado)

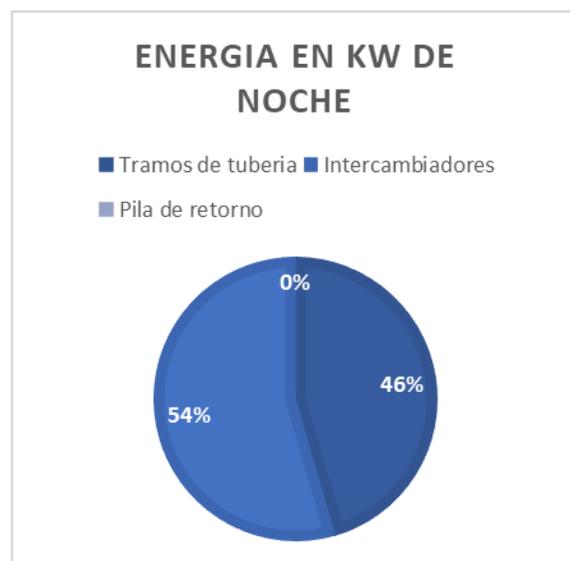


Ilustración 22. Porcentaje de Consumo de Energía en Ecopaneles Dia (Ciclo Recomendado)

Ilustración 23. Porcentaje de Consumo de Energía en Ecopaneles Noche (Ciclo Recomendado)

Si puntualmente comparamos los costes del ciclo actual y el ciclo recomendado tenemos lo siguiente:

Contribuyentes	Ciclo Actual	Ciclo Recomendado
Tramos de tubería	\$ 3.76	\$ 3.70
Intercambiadores	\$ 4.14	\$ 4.15
Pila de retorno	\$ 3.84	\$ 0.00065
Tanque de parrilla	\$ 10.90	\$ -
Total	\$ 22.65	\$ 7.85

Tabla 37. Ciclo Actual vs Ciclo Recomendado

En cuanto al aspecto financiero, no hay punto de comparación. El tanque de la parrilla desperdicia una gran cantidad de energía que no se está aprovechando de la mejor manera. Al eliminar el tanque de la parrilla y permitir que esa sección del proceso sea directa desde los quemadores hasta el tanque de retorno de condensado, la parrilla no solo cumple la función de soportar el combustible del proceso, sino que también actúa como calentador para el mismo. De esta manera, se aprovecha gran parte del poder calorífico del combustible que la caldera no puede aprovechar por completo. También podemos observar un aumento en la eficiencia de la caldera, pasando del 23.4% al 28.1%. Aunque pueda parecer una

mejora modesta, es importante tener en cuenta que los rangos de eficiencia en equipos de este tipo no son muy altos. Además, existen diversos factores que pueden influir en la eficiencia y que están fuera del alcance de nuestro estudio. Sin embargo, lograr una mejora de casi un 5% es un logro significativo en términos de aprovechamiento del combustible y del cuidado del medio ambiente.

X Conclusiones.

En este trabajo, se ha evaluado el desempeño térmico de la caldera de la empresa Ecopaneles S.A. y se han identificado oportunidades de mejora en su eficiencia. Para lograr esto, se analizó la producción de vapor y el uso del combustible empleado en la caldera, que es de tipo textil. Se tomaron mediciones de temperatura en diferentes puntos del proceso y en el ambiente de las habitaciones. Estas mediciones permitieron cuantificar las pérdidas de calor a lo largo del ciclo y obtener datos sobre la eficiencia de la caldera y del ciclo completo. Además, se calculó el gasto económico asociado al consumo de combustible de la caldera utilizando información proporcionada por la empresa, lo que nos permitió considerar los factores económicos relevantes y proponer recomendaciones que impactaran en los aspectos de interés económico.

Es importante destacar ciertas limitaciones en el estudio. No fue posible manipular de ninguna manera el proceso, lo que implicó que algunas medidas se tuvieran que obtener de manera indirecta para no alterar el proceso de manera sensible. Por ejemplo, no fue factible medir directamente el flujo másico o remover el aislante de algunos tramos de tubería para evaluar su estado y considerar mejoras potenciales. La principal fuente de fuga de energía en forma de calor identificada en el ciclo es el tanque de parrilla, el cual, al estar expuesto al ambiente, desperdicia una cantidad considerable de calor. Al eliminar este tanque, la parrilla puede convertirse en un calentador secundario para el tanque de recuperación de condensados, lo cual resulta muy beneficioso. Además, al aislar adecuadamente el tanque de condensados y minimizar las pérdidas de calor en él, se logra mejorar significativamente tanto la eficiencia de la caldera como la del ciclo completo.

Este trabajo ha proporcionado un análisis del desempeño térmico de la caldera, identificando oportunidades para mejorar la eficiencia. Las recomendaciones propuestas, como la eliminación del tanque de parrilla y el correcto aislamiento del tanque de condensados, tienen el potencial de mejorar considerablemente la eficiencia del sistema y, a su vez, tener un impacto positivo en el aspecto económico. Aunque existen limitaciones en el estudio, se han obtenido resultados relevantes que apuntan hacia una mayor eficiencia energética y un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

XI Recomendaciones.

- Remover el tanque de la parrilla y permitir que la tubería esté libre hasta el tanque de retorno de condensado. Esta modificación eliminará la pérdida de energía innecesaria asociada al tanque de la parrilla y mejorará el flujo directo del proceso.
- Aislar el tanque de retorno de condensado con fibra de vidrio. El aislamiento térmico ayudará a reducir las pérdidas de calor y a mantener la temperatura adecuada en el tanque, optimizando así la eficiencia energética.
- Garantizar el uso de la caldera a su máxima capacidad, empleando metodologías que optimicen el volumen de proceso para evitar paros innecesarios. Esto implica planificar y coordinar de manera eficiente la demanda de calor o vapor para evitar interrupciones en el funcionamiento de la caldera.
- Reducir todas las posibles pérdidas de vapor antes de los intercambiadores de calor o de agua caliente en el resto del ciclo. Esto implica identificar y corregir fugas, asegurarse de que las tuberías estén bien aisladas y optimizar el sistema de transporte de vapor en todo el proceso.

Estas recomendaciones buscan mejorar la eficiencia y el rendimiento general del sistema, minimizando pérdidas de energía y maximizando el aprovechamiento de los recursos. Implementar estas acciones contribuirá a una operación más eficiente, económica y sostenible del sistema.

XII Bibliografía.

Aktouf, O. (2009). *La administración entre tradición y renovación*. Cali, Colombia:

Gaetan Morin.

al, P. W. (s.f.). *Modelo ODE y Excel de un Intercambiador de Calor*. LibreTexts

Español.

Antonio Miravete, L. J. (2005). *Los materiales compuestos de fibra de vidrio*.

Reverté.

Boylestand, R. L. (2004). *Introducción al análisis de circuitos*. Mexico: Pearson

Educación.

Bueche, F. J. (2001). *Física General*. New York: MC Graw Hill.

C., R. J., U., F. P., & R.G., D. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia*

Energetica. *Instituto tecnologico de canarias*, Vol I.

CASTRO, R. M. (1988). *Diseño de una caldera pirotubular vertical*.

CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE.

Cengel, Y. (2009). *Termodinamica*. New York: Mc Graw Hill.

Cengel, Y. A., & Ghanjar, A. J. (2004). *Transferencia de calor y masa*. Mexico: Mc

Graw hill.

DeWitt, F. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. Pearson Educación.

Duffaa, S. O. (2007). *Sistema de mantenimiento: Planeacion y Control*. Mexico:

Limusa Wiley.

- E, D. A., & E, S. (2014). *Light steel-frame walls: Thermal insulation performances and thermal bridges*. Energy Procedia.
- Ecoembes. (2019). *Reciclar para cambiar vidas*. Planeta.
- Energía, C. d. (2001). Ley de la Industria Electrica (Ley 272). *Aclaraciones y Modificaciones a la normativa de servicio electrico* , (pág. 14). Managua.
- F, D. S., D, G., & C, G. (2005). *Rheology of acerola juice, effects of concentration and temperature*. Science and Alimentary Technologic.
- FABIAN, M. V. (s.f.). *EL EJECUTIVO EN LA EMPRESA MODERNA*.
PUBLICACIONES ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES, SA DE CV.
- Fowler, R. J. (1994). *Electricidad Principios y Aplicaciones*. Western Washington:
Reverté S.A.
- Granada, U. d. (s.f.). *Dinamica de Fluidos*.
- Heras, S. d. (2001). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. Iniciativa Digital Politècnica.
- León, J. d. (2009). *Manual técnico de diseño y cálculo de redes de vapor*.
- M, D., R, V., & S, J. (2007). *Effect of temperetures and concentration on rheological properties of kesar*. Journal of Food Engineering.
- OpenStax. (2016). *Fisica Universitaria Volumen 1*. Rice University.
- OpenStax. (2019). *Conductores, aislantes y carga por inducción*. OpenStax.

Petrospot. (2017). *Guía de abastecimiento de combustible marino*. Petrospot Limited.

Saldarriaga, J. (2014). *Hidráulica de Tuberías, Abastecimiento de Agua, Redes, Riegos*. Alfaomega.

SANZ DEL AMO, M., & PATIÑO MOLINA, M. R. (2018). *Manual práctico del operador de calderas industriales*. Ediciones Paraninfo, S.A.

UNAM. (s.f.). *Fundamentos de Física*.

VV.AA. (2001). *La medición de la eficiencia y la productividad*. Piramide.

VV.AA. (2014). *Sistemas de Gestión de la Energía ISO 50001 (Serie Eficiencia Energética)*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.

Yu. V. Jodakov, D. A. (1985). *Química*. Moscú: Mir Moscú.

XIII Anexos.

ANEXO I
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: Pistola Laser, SIEMENS



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS	
		1 ^o	2 ^{do}
Presion caldera kPa	KPA	633	575
Temperatura interna caldera °C	°C	437	458
Temperatura ambiente caldera °C	°C	32	31
Temperatura salida caldera °C	°C	162.7582	152.919
Temperatura chimenea °C	°C	107	106
Temperatura tanque °C	°C	88	87
Temperatura agua pila °C	°C	63	58
Temperatura ambiente pila °C	°C	32	32
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	°C	72	70
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	°C	43	60
Temperatura interna intercambiadores °C	°C	70	75
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	°C	67	60
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	°C	80	93
Temperatura de entrada a la caldera en °C	°C	40	45
Temperatura de Salida de parrilla en °C	°C	95	95

Nota: Tabla Anexo. Levantamiento de datos, de la futura semana de Abril, por la noche. Jueves y Viernes

ANEXO I
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: Pistola Laser, SIEMENS



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS	
		3 ^o	4 ^o
Presion caldera kPa	KPA	584	633
Temperatura interna caldera °C	°C	438	458
Temperatura ambiente caldera °C	°C	27	32
Temperatura salida caldera °C	°C	157.77	162.7582
Temperatura chimenea °C	°C	108	106
Temperatura tanque °C	°C	97	87
Temperatura agua pila °C	°C	58	63
Temperatura ambiente pila °C	°C	31	32
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	°C	73	77
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	°C	53	54
Temperatura interna intercambiadores °C	°C	78	69
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	°C	67	65
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	°C	90	85
Temperatura de entrada a la caldera en °C	°C	43	43
Temperatura de Salida de parrilla en °C	°C	97	97

Nota: Levantamiento de datos, en futura semana de Abril, por la noche, Jueves y Viernes.

ANEXO I
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: Pistola Laser, SIEMENS



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS	
		5to	6to
Presion caldera kPa	KPA	580	584
Temperatura interna caldera °C	°C	437	458
Temperatura ambiente caldera °C	°C	31	32
Temperatura salida caldera °C	°C	157.302	157.71
Temperatura chimenea °C	°C	707	707
Temperatura tanque °C	°C	87	90
Temperatura agua pila °C	°C	60	61
Temperatura ambiente pila °C	°C	32	37
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	°C	66	79
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	°C	59	62
Temperatura interna intercambiadores °C	°C	70	70
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	°C	70	54
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	°C	90	90
Temperatura de entrada a la caldera en °C	°C	42	47
Temperatura de Salida de parrilla en °C	°C	97.5	97

Nota: Levantamiento de datos en ferrea semana de Abril, en la noche, sabado y domingo

ANEXO I
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: Pistola Laser, SIEMENS



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS	
		7no	8vo
Presion caldera kPa	KPA	575	584
Temperatura interna caldera °C	°C	437	458
Temperatura ambiente caldera °C	°C	32	32
Temperatura salida caldera °C	°C	152.919	157.71
Temperatura chimenea °C	°C	108	106
Temperatura tanque °C	°C	85	87
Temperatura agua pila °C	°C	67	64
Temperatura ambiente pila °C	°C	32	32
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	°C	70	71
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	°C	55	54
Temperatura interna intercambiadores °C	°C	73	70
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	°C	60	60
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	°C	80	90
Temperatura de entrada a la caldera en °C	°C	43	47
Temperatura de Salida de parrilla en °C	°C	96	97

Nota: Levantamiento de datos por la noche, ferrea y cuarto semana de Abril, Lunes y Martes

ANEXO I
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: Pistola Laser, SIEMENS



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS	
		1 ^{ro}	2 ^{do}
Presion caldera kPa	KPA	584	515
Temperatura interna caldera °C	°c	214	105
Temperatura ambiente caldera °C	°c	37	37
Temperatura salida caldera °C	°c	167.71	152.919
Temperatura chimenea °C	°c	102	85
Temperatura tanque °C	°c	86	87
Temperatura agua pila °C	°c	50	55
Temperatura ambiente pila °C	°c	36	35
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	°c	70	65
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	°c	57	55
Temperatura interna intercambiadores °C	°c	70	70
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	°c	70	70
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	°c	95	90
Temperatura de entrada a la caldera en °C	°c	43	42
Temperatura de Salida de parrilla en °C	°c	97	96

Nota: Tabla de Anexo, Levantamiento de datos de la primera semana de Abril, Sabado y domingo, por la mañana.

ANEXO I
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: Pistola Laser, SIEMENS



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS	
		3 ^{ro}	4 ^{to}
Presion caldera kPa	KPA	584	653
Temperatura interna caldera °C	°c	458	458
Temperatura ambiente caldera °C	°c	36	37
Temperatura salida caldera °C	°c	167.71	162.1582
Temperatura chimenea °C	°c	106	106
Temperatura tanque °C	°c	87	90
Temperatura agua pila °C	°c	59	67
Temperatura ambiente pila °C	°c	35	37
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	°c	77	79
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	°c	54	62
Temperatura interna intercambiadores °C	°c	70	70
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	°c	60	54
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	°c	93	90
Temperatura de entrada a la caldera en °C	°c	47	43
Temperatura de Salida de parrilla en °C	°c	97	97

Nota: Tabla Anexo, Levantamiento de datos de la primera semana de Abril, Martes y miercoles por la mañana y tarde.

ANEXO I
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: Pistola Laser, SIEMENS



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS	
		5to	6to
Presion caldera kPa	KPA	580	653
Temperatura interna caldera °C	°c	438	458
Temperatura ambiente caldera °C	°c	37	36
Temperatura salida caldera °C	°c	157.302	162.1582
Temperatura chimenea °C	°c	106	106
Temperatura tanque °C	°c	87	87
Temperatura agua pila °C	°c	63	58
Temperatura ambiente pila °C	°c	37	37
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	°c	77	70
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	°c	54	60
Temperatura interna intercambiadores °C	°c	69	75
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	°c	65	60
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	°c	85	93
Temperatura de entrada a la caldera en °C	°c	43	42
Temperatura de Salida de parrilla en °C	°c	97	97

Nota: Tabla Anexo, Levantamiento de datos, en la primera semana de Abril, Jueves y Viernes, por la mañana y tarde.

ANEXO I
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: Pistola Laser, SIEMENS



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS	
		7mo	8vo
Presion caldera kPa	KPA	575	584
Temperatura interna caldera °C	°c	437	458
Temperatura ambiente caldera °C	°c	37	36
Temperatura salida caldera °C	°c	152.919	157.77
Temperatura chimenea °C	°c	107	106
Temperatura tanque °C	°c	88	87
Temperatura agua pila °C	°c	63	59
Temperatura ambiente pila °C	°c	37	37
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	°c	72	77
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	°c	43	54
Temperatura interna intercambiadores °C	°c	70	70
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	°c	67	60
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	°c	80	93
Temperatura de entrada a la caldera en °C	°c	47	43
Temperatura de Salida de parrilla en °C	°c	97	96

Nota: Tabla Anexo, Levantamiento de datos, en la segunda semana de Abril, Martes y Miércoles, en la mañana y tarde.

ANEXO I
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: Pistola Laser, SIEMENS



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS	
		9 no	10 no
Presion caldera kPa	KPA	653	575
Temperatura interna caldera °C	°C	438	437
Temperatura ambiente caldera °C	°C	37	36
Temperatura salida caldera °C	°C	762.1582	752.919
Temperatura chimenea °C	°C	706	707
Temperatura tanque °C	°C	87	87
Temperatura agua pila °C	°C	63	60
Temperatura ambiente pila °C	°C	37	36
Temperatura Agua retorno de tanque parrilla °C	°C	77	66
Temperatura Agua retorno de tanque Intercambiadores °C	°C	54	59
Temperatura interna intercambiadores °C	°C	69	70
Temperatura de ultimo codo intercambiadores °C	°C	65	70
Temperatura de entrada intercambiador sin recubrimiento °C	°C	85	92
Temperatura de entrada a la caldera en °C	°C	40	45
Temperatura de Salida de parrilla en °C	°C	95	95

Nota:

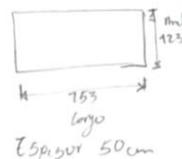
ANEXO II
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: MOLTIMETRO DE GANCHO



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS	
* Pistola laser			
- Tanque de Ponilla	°C	96°	95°
- Descarga en tanque / parrilla	°C	83°	84°
- Temperatura descarga / Vapor	°C	94°C	95°
- Temperatura maxima dentro de la caldera	°C	453°	457°
- Presion de la caldera	Psib	40	42
* Anemometro			
- Velocidad de fmo (Ventilador)	ft/min	2865	2865
- Flujo de Aire (Ventilador)	mb	27.6	26
- Rotacion total Ventilador	Rev	380	387

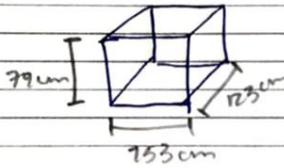
NOTA: Datos obtenidos utilizando pistola laser y Anemometro

Temperatura de Agua Bomba alimentacion caldera 74°C - en Pila
34°C - Forno / Pila.



ANEXO II
UBICACIÓN: Granada, Ecocentro <i>ECOPANEES, S.A.</i>
AREA: Zona Caldera
INSTRUMENTO UTILIZADO: MULTIMETRO DE GANCHO



MEDICIONES DE PROCESOS	UND	RESULTADOS OBTENIDOS	
* Bomba de Alimentación	✓	270	272
línea de alimentación B7			
- línea 1 de alimentación	AMP	79	78.7
- línea 2 de alimentación	AMP	78.2	79
- línea 3 de alimentación	AMP	79	79.7
* Ventilador			
- línea de alimentación Ventilador	AMP	3.7	3.27
			
Dimensiones de la pila de Agua hacia Caldera			

NOTA: Incremento de datos en líneas de las bombas

Consumo de fibra

lunes - ~~05~~ 05 / Julio
 7764 Kg Día
 884 Kg noche
 Martes - 575 Kg Día
 873 Kg noche

miércoles - 800 Kg Día
 432 Kg noche
 jueves - 637 Kg noche
 viernes - 735 Kg Día
 388 Kg noche
 Sábado - 418 Kg Día 637



