



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Proyecto de Investigación y Desarrollo en Opción al Grado Académico de Magister en Gestión de Energías

TEMA:

“DIAGNÓSTICO DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA TÉRMICA EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE VAPOR DE LA HOSTERÍA EL SURILLAL, DE LA CIUDAD DE SALCEDO, DURANTE EL AÑO 2017. DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORAS EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA”

Autor: **Villacís Salazar Héctor Guillermo**

Tutor: **Msc. Luigi Orlando Freire Martínez**

LATACUNGA – ECUADOR

Octubre 2017

AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el posgraduado: Ing. Héctor Guillermo Villacís Salazar, con el título del trabajo de investigación y desarrollo titulado: **DIAGNÓSTICO DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA TÉRMICA EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE VAPOR DE LA HOSTERÍA EL SURILLAL, DE LA CIUDAD DE SALCEDO, DURANTE EL AÑO 2017. DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORAS EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga Octubre 06, 2017.

Para constancia firman:

MSc. Ángel León
NOMBRES Y APELLIDOS
Cc: 0502041353
PRESIDENTE

PhD. Juan José La Calle
NOMBRES Y APELLIDOS
Cc: 1756604227
MIEMBRO

PhD. Héctor Laurencio
NOMBRES Y APELLIDOS
Cc: 17112813
MIEMBRO

MSc. Antonio Flores
NOMBRES Y APELLIDOS
Cc: 1715793269
OPONENTE

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE TUTOR

En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en Gestión de Energías, nombrado por el Consejo de Posgrado.

CERTIFICO:

Que: El Trabajo de investigación “DIAGNÓSTICO DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA TÉRMICA EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN Y TRANSPORTE DE VAPOR DE LA HOSTERÍA EL SURILLAL, DE LA CIUDAD DE SALCEDO, DURANTE EL AÑO 2017. DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORAS EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA” Presentado por el Maestrante Héctor Guillermo Villacís Salazar con cédula de ciudadanía N° 0502966047, egresado del programa de Maestría en Gestión de Energías cohorte 2014, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal examinador que el Honorable Consejo Académico de Posgrado designe.

Latacunga, Octubre 2017

Msc. Luigi Freire Martínez

C. I. 0502529589

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA DE TESIS

El abajo firmante, en calidad de estudiante de la Maestría en Gestión de Energías cohorte 2014, declaro que los contenidos de este Trabajo de Graduación, requisito previo a la obtención del Grado de Magíster en Gestión de Energías, son absolutamente originales, auténticos y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Latacunga, Octubre 2017

Atentamente

Héctor Guillermo Villacís Salazar
C.I. 0502966047

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por acogerme durante todo este tiempo y brindarme la oportunidad de seguir creciendo profesionalmente

Al Msc. Luigi Freire por la acertada dirección en el presente proyecto

Al Sr. Jimmy Porras por abrirme las puertas de la Hostería El Surillal para poder desarrollar este proyecto

A mis amigos que colaboraron de una u otra forma en la ejecución de la presente investigación

A mi familia, en especial a mi hermana Janeth por brindarme el apoyo y darme el empujón para que continúe preparándome profesionalmente, a mi hermana Ivette y cuñado José por la confianza depositada y su invaluable ayuda, sin ustedes no lo hubiera logrado

A todos ustedes una gracias infinito, mis respetos y admiración

DEDICATORIA

A mi padre Raúl, por el esfuerzo, dedicación y ejemplo brindado

A mi madre, Gloria, mi luz, faro y lazarillo

Héctor

RESUMEN

La presente investigación se la llevó a cabo en la Hostería El Surillal de la ciudad de Salcedo, en el sistema de generación y transporte de vapor, con la finalidad de diagnosticar las pérdidas de energía térmica. Para lo cual se partió por conocer la eficiencia de la caldera y las pérdidas por convección y radiación en la tubería, siguiendo la metodología de mediciones y cálculo descritas en el código ASME PTC 4 – 2008 y correlaciones empíricas para flujo externo de convección libre, respectivamente. Se identificaron las principales fuentes de pérdidas energéticas y en base a éste análisis se elaboró un plan de mejoras en la gestión de energía siguiendo los lineamientos de la norma NTE INEN-ISO 50001:2012, con la que se espera alcanzar un ahorro de combustible de 1278 gal/año. Además, la propuesta fue evaluada económicamente con los indicadores PRI, VAN y TIR donde se concluyó que el proyecto es factible.

DESCRIPTORES: Sistema de generación y transporte de vapor, pérdidas de energía térmica, convección y radiación, ASME PTC 4 – 2008, NTE INEN-ISO 50001:2012

ABSTRACT

This investigation was held in the “El Surillal Hostería” located in the city of Salcedo. The main objective was to diagnose thermal energy losses in the steam generation and transport system. The first step was to calculate the boiler efficiency and pipeline losses due to convection and radiation, according to the ASME PTC 4 - 2008 code and empiric correlations for free external convection flow, respectively. The main energy loss sources were identified and an improvement plan in the energy management was designed as stated in the NTE INEN-ISO 50001:2012, expecting a fuel economy of 1278 gal/year. Also carrying out a financial analysis of the proposal with PRI, VAN and TIR indicators, concluded this project is feasible.

DESCRIPTORS: Generation and transport steam system, caloric energy losses, convection and radiation, ASME PTC 4 - 2008, NTE INEN-ISO 50001: 2012

ÍNDICE GENERAL

AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO	II
CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE TUTOR	III
AUTORÍA DE TESIS.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XIV
INTRODUCCIÓN	1
SITUACIÓN PROBLÉMICA	2
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
OBJETO Y PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	3
CAMPO DE ACCIÓN Y OBJETIVO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN ...	3
HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	3
SISTEMA DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
SISTEMA DE TAREAS SEÑALANDO LOS MÉTODOS, PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS QUE CONCRETAN LAS ACCIONES EN CADA TAREA	4
PARADIGMAS QUE ASUME LA INVESTIGACIÓN.....	5
NIVEL DE INVESTIGACIÓN	5
ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN SEGÚN LA ACCIÓN DEL PROCESO CREATIVO ENUNCIADA EN EL OBJETIVO	7
CAPÍTULO 1	8
MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL.....	8
1.1 Caracterización detallada del objeto.....	8
1.2 Marco Teórico de la Investigación	9
1.2.1 Antecedentes de la Investigación	9

1.2.2	Fundamentación Teórica.....	14
1.2.3	Marco Legal	19
1.3	Fundamentación de la Investigación	19
1.4	Bases Teóricas Particulares de la Investigación.....	19
1.4.1	Código ASME PTC 4 - 2008	20
CAPÍTULO 2		24
METODOLOGÍA		24
2.1	Métodos de investigación	24
2.1.1	Método de Observación	24
2.1.2	Método inductivo	25
2.2	Técnicas e instrumentos de medición.....	25
2.2.1	Instrumentos de medición	27
2.3	Metodología de revisión energética según norma NTE INEN-ISO 50001:2012.....	36
2.3.1	Análisis de los usos y consumos de energía	36
2.3.2	Identificación de los usos significativos de la energía	37
2.4	Modelo matemático usado en la evaluación de la eficiencia del generador según código ASME PTC 4 - 2008.....	38
2.4.1	Cálculo de la energía que entra al generador de vapor	38
2.4.2	Cálculo de los créditos del generador de vapor	38
2.4.3	Cálculo de la energía de salida del generador de vapor	43
2.4.4	Cálculo de las pérdidas del generador de vapor.....	44
2.4.5	Cálculo de la eficiencia energética del generador de vapor	49
2.5	Pérdidas de energía en línea de transporte de vapor.....	51
CAPÍTULO 3		55
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		55
3.1	Resultados obtenidos	55
3.1.1	Revisión energética	55
3.1.2	Calculo de la eficiencia del generador de vapor y pérdidas en tubería	58
3.2	Análisis de resultados	62

CAPÍTULO 4	68
PROPUESTA	68
4.1 Título	68
4.2 Justificación de la propuesta.....	68
4.3 Objetivo de la propuesta.....	68
4.4 Estructura de la propuesta	69
4.5 Desarrollo del plan de mejoras	69
4.5.1 Política energética	70
4.5.2 Plan de mejoras	70
4.5.3 Monitoreo y control.....	75
4.6 Evaluación económica de la propuesta.....	77
4.6.1 Periodo de recuperación de la inversión PRI	78
4.6.2 Valor actual neto VAN.....	79
4.6.3 Tasa interna de retorno TIR	79
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFÍA.....	82
ANEXOS.....	86
ANEXO 1 – CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	87
ANEXO 2 – ANÁLISIS DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO.....	99
ANEXO 3 – ANÁLISIS DE AGUA.....	108
ANEXO 4 – ESQUEMA DEL PRECALENTADOR DE AIRE.....	110
ANEXO 5 – PROFORMA DE EQUIPOS Y SERVICIOS	112
ANEXO 6 – VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	117

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Sistema de tareas por objetivos específicos	4
TABLA 2 Errores porcentuales en la toma de mediciones y en los cálculos de la eficiencia por el método de las pérdidas de energía.....	22
TABLA 3 Técnicas e instrumentos de medición	26
TABLA 4 Matriz de operacionalización de variables.....	27
TABLA 5 Datos técnicos de analizador de gases Testo 350-S/XL	28
TABLA 6 Especificaciones técnicas del termómetro infrarrojo marca Fluke	35
TABLA 7 Composición en masa del diesel	40
TABLA 8 Consumo mensual de fuentes primarias de energía.....	56
TABLA 9 Consumos promedio de energía por proceso/área	56
TABLA 10 Consumo de energía por número de visitante.....	57
TABLA 11 Características técnicas del generador de vapor evaluado	58
TABLA 12 Medición de los parámetros para el aire	59
TABLA 13 Medición de la temperatura de la superficie de la caldera.....	59
TABLA 14 Medición de los parámetros de combustible.....	60
TABLA 15 Parámetros de agua de alimentación y vapor producido por la caldera	60
TABLA 16 Resumen de los resultados obtenidos en la evaluación de la caldera	61
TABLA 17 Resumen de los valores obtenidos en las pérdidas de calor en la línea de transporte de vapor	61
TABLA 18 Emisión de gases y material particulado.....	67
TABLA 19 Pérdidas de energía debido a incrustaciones.....	75
TABLA 20 Resumen de actividades de medición y control.....	77
TABLA 21 Presupuesto de equipos y servicios.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Matriz Causa Efecto	8
FIGURA 2 Modelo de sistema de gestión de la energía de la norma NTE INEN-ISO 50001:2012	18
FIGURA 3 Balance de energía en un generador de vapor	21
FIGURA 4 Analizador de gases Testo 350-S/XL.....	29
FIGURA 5 Caja caliente y sonda	30
FIGURA 6 Caja fría y burbujeadores	31
FIGURA 7 Módulo de control Clean Air, modelo Express Cateco.....	31
FIGURA 8 Indicador de temperatura marca Ashcroft	33
FIGURA 9 Manómetro analógico marca Wika	33
FIGURA 10 Termohigroméetro marca Taylor	34
FIGURA 11 Termómetro infrarrojo marca Fluke.....	35
FIGURA 12 Proceso de revisión energética	36
FIGURA 13 Diagrama de Pareto del uso y consumo de energía.....	57
FIGURA 14 Diagrama de dispersión de consumo energético	58
FIGURA 15 Balance de energía de la caldera	63
FIGURA 16 Pérdidas de energía.....	64
FIGURA 17 Superficies puntuales de la caldera sin aislamiento térmico	64
FIGURA 18 Punto de emanación de calor no aprovechado al medio ambiente... 65	
FIGURA 19 Créditos de energía.....	66
FIGURA 20 Esquema del flujo de calor en tubería con revestimiento.....	70
FIGURA 21 Combustible consumido por la caldera y por pérdidas en tuberías... 74	
FIGURA 22 Rendimiento de la caldera en función de la carga.....	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 Calor de entrada del generador de vapor	38
ECUACIÓN 2 Calor del aire seco de entrada.....	38
ECUACIÓN 3 Peso seco del aire.....	39
ECUACIÓN 4 Aire en exceso	39
ECUACIÓN 5 Aire teórico requerido.....	39
ECUACIÓN 6 Aire teórico corregido.....	39
ECUACIÓN 7 Entalpía del aire seco.....	40
ECUACIÓN 8 Entrada de aire húmedo	41
ECUACIÓN 9 Humedad en el aire	41
ECUACIÓN 10 Humedad del aire.....	41
ECUACIÓN 11 Presión de saturación de agua.....	41
ECUACIÓN 12 Entalpía de vapor de agua a la temperatura de ingreso a la caldera	42
ECUACIÓN 13 Calor sensible del combustible	42
ECUACIÓN 14 Entalpía del combustible a la temperatura de alimentación	42
ECUACIÓN 15 Densidad API.....	43
ECUACIÓN 16 Gravedad específica.....	43
ECUACIÓN 17 Calor de salida del generador de vapor	44
ECUACIÓN 18 Pérdidas de calor por gases secos	45
ECUACIÓN 19 Peso total del flujo de gases secos	45
ECUACIÓN 20 Entalpía de los gases secos	45
ECUACIÓN 21 Peso del gas húmedo	45
ECUACIÓN 22 Humedad total en el flujo de gas	45
ECUACIÓN 23 Pérdida de calor por el agua formada en la combustión.....	46
ECUACIÓN 24 Humedad por la combustión del hidrógeno en el combustible ..	46
ECUACIÓN 25 Entalpía del vapor sobrecalentado.....	46
ECUACIÓN 26 Pérdidas de calor debido al agua en el combustible	47
ECUACIÓN 27 Peso del agua en el combustible	47
ECUACIÓN 28 Entalpía del vapor de agua	47
ECUACIÓN 29 Pérdidas de calor debido a la humedad en el aire.....	47
ECUACIÓN 30 Pérdidas por formación de CO	48
ECUACIÓN 31 Pérdida de calor en la superficie por convección y radiación	48
ECUACIÓN 32 Coeficiente de transferencia de calor por convección.....	48
ECUACIÓN 33 Coeficiente de transferencia de calor por radiación	49
ECUACIÓN 34 Balance de energía del generador de vapor	49
ECUACIÓN 35 Eficiencia energética por el método de balance de energía.....	50
ECUACIÓN 36 Conversión de la energía de créditos de porcentaje a Btu/hr	50
ECUACIÓN 37 Conversión de las pérdidas de energía de porcentaje a Btu/hr ...	51
ECUACIÓN 38 Temperatura de película	51

ECUACIÓN 39 Número de Rayleigh.....	52
ECUACIÓN 40 Número de Nusselt para superficie cilíndrica horizontal	52
ECUACIÓN 41 Coeficiente de transferencia de calor por convección.....	53
ECUACIÓN 42 Ley de enfriamiento de Newton	53
ECUACIÓN 43 Ley de Stefan-Boltzmann	53
ECUACIÓN 44 Pérdida de calor total al ambiente	54
ECUACIÓN 45 Ecuación de la línea de tendencia del consumo energético.....	62
ECUACIÓN 46 Balance de energía para tubería con aislamiento	71
ECUACIÓN 47 Pérdida de calor en tubería con aislamiento y temperatura exterior desconocida.....	71
ECUACIÓN 48 Balance de energía en cámara de mezclado	73
ECUACIÓN 49 Periodo de recuperación PRI	78
ECUACIÓN 50 Valor actual neto VAN	79
ECUACIÓN 51 Tasa interna de retorno TIR.....	79

INTRODUCCIÓN

Es preciso tener presente que la eficiencia energética en su concepción más amplia pretende mantener el servicio que presta, reduciendo al mismo tiempo el consumo de energía. Es decir, se trata de disminuir las pérdidas que se producen en todo proceso, para ello es necesario mitigar barreras a nivel técnico, financiero y cultural. Con los planes de mejoras en la gestión energética se busca hacer frente a dichas barreras para así generar ahorros adicionales de energía que no se producirían sino se hiciera nada al respecto. (Poveda, 2007) (Dufresne, 2013)

Cabe mencionar las principales barreras que se interponen a una economía eficiente en función de la energía. En lo cultural resalta la poca confianza en los ahorros que se pueden llegar a obtener con programas de eficiencia energética y además de que éstos permitan posponer inversiones en la reposición de tecnología y equipos para continuar con los procesos productivos.

Largos periodos de retorno de inversión, además de una percepción de alto riesgo por parte de entidades bancarias. Hacen que financieramente sean limitantes en proyectos de mejora. En cuanto a la parte técnica, la incertidumbre y riesgos en torno a los ahorros de energía, la efectividad del sistema en cuanto a obtener el resultado esperado y la probabilidad de fallas. Generan dudas sobre implementar o no, cambios en la gestión de energías. (Dufresne, 2013)

En realidad, el enorme potencial de producir ahorros y mejoras de eficiencia en todas las etapas de producción y uso de la energía es ampliamente reconocido, pero alcanzar este potencial sigue siendo un desafío que demanda la formulación de políticas que, sobre bases informadas, prioricen y focalicen los presupuestos siempre limitados hacia la formulación de programas con mayor potencial de ahorro de energía y recursos. (Espinoza, 2016)

La presente investigación se desarrolló en la Hostería El Surillal ubicada en el cantón Salcedo que tuvo como objetivo principal diagnosticar las pérdidas de energía térmica en el sistema de generación y transporte de vapor. Para lo cual se siguió la metodología marcada en el código ASME PTC 4 – 2008 y correlaciones empíricas para flujo externo de convección libre.

SITUACIÓN PROBLÉMICA

En la hostería El Surillal se utiliza la quema de diesel como fuente primaria de energía para la generación de vapor, éste último es transportado a intercambiadores de calor para lograr las condiciones de temperatura en cada una de las áreas de esparcimiento del complejo turístico. Los procesos mencionados carecen de un plan de mejoras en la gestión de energías, lo cual se ve reflejado en las pérdidas de calor ocasionadas por tuberías de transporte sin aislamiento térmico, y por el desconocimiento de la eficiencia en el generador de vapor. Razones por las cuales se encontró la necesidad de realizar un diagnóstico en las pérdidas de energía térmica y buscar soluciones para disminuirlas, que incurrirá en la reducción en el consumo de combustible y por ende en la cantidad de gases emitidos al medio ambiente.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la hostería El Surillal preocupados por mantener sus instalaciones y los equipos que se usan para su funcionamiento, busca el desarrollo de un plan de mejoras en la gestión energética que permita optimizar recursos y reducir las emisiones de gases al ambiente. Se pretende romper barreras que han impedido implementar programas de eficiencia energética y dar inicio a nuevas oportunidades que otorguen valor agregado.

OBJETO Y PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El objeto de estudio del presente proyecto de investigación es el sistema de generación y transporte de vapor que dispone la hostería para las áreas de esparcimiento.

¿Cómo inciden las pérdidas de energía térmica en la eficiencia energética en el sistema de generación y transporte de vapor de la hostería El Surillal de la ciudad de Salcedo, durante el año 2017?

CAMPO DE ACCIÓN Y OBJETIVO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

El campo de acción del presente proyecto se enmarca en la línea de la eficiencia de energía térmica en la generación de vapor en la hostería El Surillal.

Objetivo general de la investigación:

Diagnosticar las pérdidas de energía térmica en el sistema de generación y transporte de vapor de la hostería El Surillal, de la ciudad de Salcedo, durante el año 2017.

HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Las pérdidas de energía térmica son la principal causa de una baja eficiencia energética, en el sistema de generación y transporte de vapor de la hostería El Surillal, en el año 2017.

SISTEMA DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar mediciones por medio de equipos e instrumentos para determinar el consumo energético actual del generador de vapor.
- Determinar el rendimiento del generador de vapor y las pérdidas en el sistema de transporte.
- Establecer un plan de mejoras en la gestión energética del generador de vapor y en sistema de transporte.

SISTEMA DE TAREAS SEÑALANDO LOS MÉTODOS, PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS QUE CONCRETAN LAS ACCIONES EN CADA TAREA

TABLA 1 Sistema de tareas por objetivos específicos

OBJETIVO	TAREAS
Dimensionar el consumo actual del generador de vapor por medio de equipos e instrumentos	<ul style="list-style-type: none">- Realizar mediciones de material particulado y análisis de gases de combustión de gases de escape- Realizar mediciones de flujo másico, temperatura y presión de vapor a la salida de la caldera- Cuantificar flujo másico, temperatura y presión del agua que ingresa a la caldera- Cuantificar la energía que ingresa a la caldera aportada por el combustible

<p>Determinar el rendimiento del generador de vapor y las pérdidas en el sistema de transporte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Calcular la eficiencia del generador de vapor - Determinar las pérdidas de energía en las líneas de transporte de vapor
<p>Establecer un plan de mejoras en la gestión energética del generador de vapor y en sistema de transporte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar oportunidades de mejora en la gestión de energía - Cuantificar los montos de inversión para mejorar la gestión de energía

Autor: Héctor Villacís Salazar

PARADIGMAS QUE ASUME LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es del tipo cuantitativo, ya que a través de caminos operacionales se busca pasar de los hechos a la inferencia, a la ley científica, o al revés. Este método es el que permite confirmar las hipótesis como una conclusión apoyada sobre los hechos observados y medidos. La evaluación de una hipótesis es cuestión de precisar su probabilidad de ocurrencia. (Ramírez, 2004)

NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Exploratoria: Se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Está dirigido a la formulación más precisa de un problema de investigación, dado que se carece de información suficiente y de conocimientos previos del objeto de estudio, resulta lógico que la formulación inicial del problema sea imprecisa. En este caso la exploración permitirá obtener nuevo datos y elementos que pueden conducir a formular con mayor precisión las preguntas de investigación.

Cuando se desconoce al objeto de estudio resulta difícil formular hipótesis acerca del mismo. La función de la investigación exploratoria es descubrir las bases y recabar información que permita como resultado del estudio la formulación de una hipótesis. Las investigaciones exploratorias son útiles por cuanto sirven para familiarizar al investigador con un objeto que hasta el momento le era totalmente desconocido, puede crear en otros investigadores el interés por el estudio de un nuevo tema o problema y puede ayudar a precisar un problema o a concluir con la formulación de una hipótesis. (Hernández, 2010)

Este tipo de investigación sirvió para ponerse en contacto con la operación y funcionamiento de los equipos para posterior identificación del problema de investigación.

Correlacional: Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio relaciones entre tres, cuatro o más variables.

Los estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) y, después, cuantifican y analizan la vinculación. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba. (Hernández, 2010)

Por medio de este tipo de investigación se estableció la relación entre las variables dependiente e independiente, es decir entre las pérdidas de energía térmica y la eficiencia energética, respectivamente.

ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN SEGÚN LA ACCIÓN DEL PROCESO CREATIVO ENUNCIADA EN EL OBJETIVO

El alcance del presente proyecto de investigación consiste en realizar un diagnóstico de las pérdidas de energía térmica en el sistema de generación y transporte de vapor de la hostería El Surillal durante el año 2017. Para lo cual se calculará la eficiencia del caldero mediante el levantamiento de medidas y parámetros de operación de la misma. Se estimarán las pérdidas de calor en la línea de transporte de vapor. Con los resultados se identificarán oportunidades de ahorro que serán detalladas en un plan de mejoras en la gestión energética de la hostería.

CAPÍTULO 1

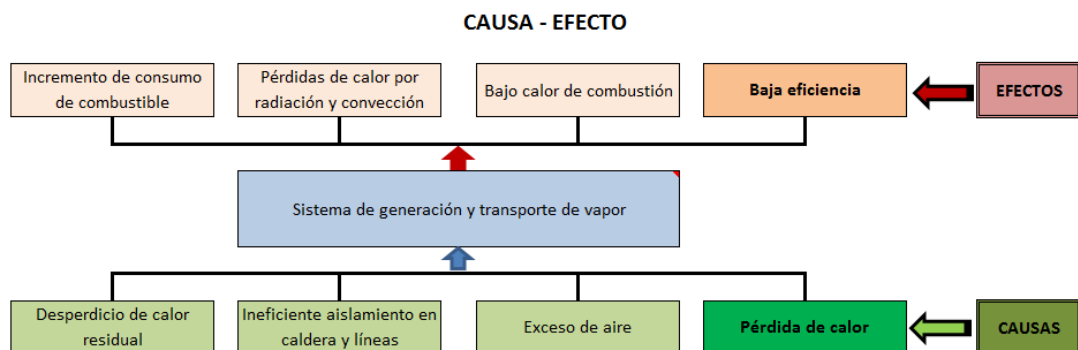
MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL

En el presente capítulo se exponen los fundamentos teóricos que sirven de línea base para establecer un plan de mejoras en el consumo de energía térmica en la hostería El Surillal, el contenido que se presenta es la caracterización detallada del objeto de estudio, antecedentes de la investigación, fundamentación teórica, marco legal, se fundamenta y justifica la investigación así como las bases teóricas particulares utilizadas en esta investigación.

1.1 Caracterización detallada del objeto

El presente trabajo de investigación se centra en el diagnóstico de las pérdidas de energía térmica que se producen durante la operación de las áreas de esparcimiento de la hostería El Surillal. Por tal motivo el objeto de estudio es el sistema de generación y transporte de vapor, en la figura 1 se muestra la matriz causa efecto, donde se observan el origen y consecuencia de los factores que influyen en la obtención de una baja eficiencia energética.

FIGURA 1. Matriz Causa Efecto



Autor: Héctor Villacís Salazar

El calor residual proveniente de los gases de escape, se lo puede aprovechar usándolo para calentar el aire de combustión. O a su vez, se puede utilizar para

precalentar el agua de alimentación de la caldera, con lo que se lograría que dicha agua se encuentre más cerca de la temperatura necesaria para producir vapor, además de bajar el riesgo de choque térmico, minimizando las fluctuaciones de temperatura del agua al interior de la caldera. Al no aprovechar el calor residual mencionado, la consecuencia es que el consumo de combustible sea mayor. (Leiro, 2014)

Un aislamiento térmico ineficiente produce pérdidas significativas de calor en la caldera y líneas de transporte. En este caso, los ductos de vapor instalados en la hostería no tienen aislamiento. Además hay que tomar atención en la calidad del agua de alimentación utilizada y los condensados que se pueden formar en dichos ductos. Lo que ocasiona que se pierda el calor por convección a lo largo de las líneas de transporte de vapor. (Mera, 2015)

El exceso de aire produce en los quemadores de la caldera un proceso de combustión demasiado rico, lo cual ocasiona emisiones de monóxido de carbono y que partículas de combustible no se quemen. Además hay que tener en cuenta que el aire absorbe inevitablemente algo del calor de combustión, reduciendo la eficiencia de la transferencia de calor de la caldera al agua, produciendo bajo calor de la combustión. Para lo cual es necesario evaluar periódicamente los gases de escape y determinar si amerita o no la calibración de la caldera. (Fenosa, 2016)

Se puede observar que la falta de un plan de mejoras en la gestión energética para el portador térmico ocasiona pérdidas de energía que incrementan los costos de operación de los equipos y consecuentemente una baja eficiencia.

1.2 Marco Teórico de la Investigación

1.2.1 Antecedentes de la Investigación

Se muestran a continuación proyectos de investigación en los cuales se realizaron programas de mejora en la gestión de energías para el portador térmico, dichas investigaciones fueron desarrolladas en empresas de distinta actividad industrial bajo varios métodos termodinámicos.

En la tesis: AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LA CALDERA Y EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR DE LA PLANTA DE ELABORADOS Y EMBUTIDOS DE PRONACA. Del autor (Palacios, 2009). Esta investigación nace de la necesidad de reducir el consumo de combustibles fósiles debido a los problemas ambientales que provocan emisiones y efectos adversos al medio ambiente. Razón por la cual se buscan formas adecuadas para el uso eficiente de todos los recursos energéticos.

En nuestro país mediante la aplicación paulatina de políticas por parte de las entidades encargadas de la administración de la energía se han realizado proyectos para su uso adecuado de manera especial en el sector industrial. Muestra de ello es éste proyecto de investigación que se desarrolló con la colaboración del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador.

En la caldera y el sistema de distribución de vapor de la planta de elaborados y embutidos de Pronaca se realiza una auditoría energética preliminar y detallada empleando la primera y segunda ley de la termodinámica para encontrar la línea base del consumo de energía y oportunidades de ahorro de energía. Se detalla un análisis técnico y económico de estas oportunidades de ahorro, así como un plan de acción para su implementación.

Las conclusiones de éste proyecto son:

La auditoría energética es un medio efectivo para el aprovechamiento eficiente de la energía y es el paso necesario para la aplicación de un programa de administración de energía, puesto que provee información de la situación de pérdidas anuales de energía y describe las oportunidades reales de ahorro con su respectivo análisis técnico económico.

El empleo adecuado de instrumentos de medición garantizó el diagnóstico adecuado de los elementos del sistema de vapor de la planta. Permitiendo realizar el análisis oportuno, para el planteamiento sustentado de oportunidades de ahorro de energía.

Se revela la importancia de la determinación de la eficiencia del generador de vapor, en la contabilidad energética. Donde todos los aspectos técnicos intervienen directamente sobre los resultados económicos.

Las inversiones en propuestas de ahorro de energía planteadas son bajas en comparación con los resultados que se esperan obtener con su implantación.

En la tesis: IMPLEMENTACIÓN INICIAL DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE USO DE ENERGÍA EN UN HOSPITAL PÚBLICO DEL ECUADOR. De los autores (Arpi & Salazar, 2016). Este proyecto de investigación se desarrolla en un hospital en vista de que dichos establecimientos, ya sean públicos o privados tienen infraestructuras con un índice bajo de eficiencia energética, un tema relativamente nuevo en el Ecuador. En la planificación de edificaciones no se involucra al profesional en esta área, lo cual es muy necesario tener en todas las etapas constructivas de las edificaciones.

Las planillas de consumos de electricidad, diésel y gas licuado de petróleo se usan como energía primaria en los centros de salud, dichos combustibles son altos en cantidades de energía y bajos en su costo por los subsidios existentes en el área de salud. Al tener menos consumo de combustibles fósiles menor va a ser la contaminación, en consecuencia menor el número de toneladas de dióxido de carbono liberadas al medio ambiente.

Se realizaron evaluaciones de sistemas mecánicos y también se involucra al sistema eléctrico como parte fundamental para el funcionamiento de los diferentes equipos de la casa de máquinas, sistema de vapor, sistema de bombeo de agua potable, sistema de aire acondicionado y ventilación mecánica. Se determinan indicadores de energía en función del número de camas, así como el indicador del costo por paciente con los cuales se pudo tener un valor referencial del consumo por cama disponible.

Las conclusiones de éste proyecto son:

El cambio del sistema de calentamiento de agua con gas licuado de petróleo (GLP) a un sistema de calentamiento solar (sin generación de CO₂), reducirá el consumo de GLP en 38.47% del consumo anual.

Las pérdidas de energía térmica se reducen con aislamientos bien aplicados en tuberías; y en ductos con aislamientos de mayor densidad. La reducción de energía eléctrica se consigue con motores modernos dotados con variadores de velocidad y calentamiento de agua con energía solar.

En la tesis: AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA ECUATORIANA DE ARTEFACTOS S.A. “ECASA”. Del autor (Cárdenas, 2017). Esta investigación se realiza con el objetivo de concienciar a la empresa y a sus principales involucrados en la necesidad de reducir el consumo energético, sin enfocarlo a la disminución de energía ni a la reducción de emisiones de dióxido de carbono sino al ahorro de dinero que representaría para la empresa la implementación de oportunidades de mejora de cero costo y bajo costo.

A nivel industrial, la energía eléctrica es el principal componente de la matriz energética, seguido del diésel, gas licuado de petróleo y en menor porcentaje la gasolina y otros combustibles. En las empresas que realizan manufactura y producción es común que los directivos se enfoquen en realizar mejoras que conlleven a mejorar la productividad, pero no ayudan a la reducción del consumo energético. La falta de regulaciones que indiquen la necesidad de ahorrar energía hace que las empresas no consideren este concepto por la falta de información y por falta de incentivos directos que redunden en un beneficio económico a las mismas.

Si se plantea la opción de reducir los costos de producción reduciendo los consumos energéticos en los procesos productivos, y demostrando numéricamente el ahorro de dinero por bien producido, existe la posibilidad de que la dirección de

las empresas inviertan directamente en eficiencia energética y reducción de emisiones de dióxido de carbono.

Las conclusiones de éste proyecto son:

La eficiencia energética en las industrias a nivel del país está dando sus primeros pasos, ya que para la dirección no es un tema prioritario, a no ser que se quiera implementar un sistema de gestión de energía en la empresa. Las principales causas de que no se lo considere como prioridad es la falta de información, la carencia de procedimientos dirigidos al uso racional de la energía y el casi nulo incentivo económico a corto plazo.

Empresas tradicionales en el país tienen un porcentaje elevado de maquinaria y equipos obsoletos, que tienen una aplicación específica y no pueden ser dados de baja sin antes realizar una inversión alta en un equipo moderno. El costo de energía consumida en estos equipos representa un porcentaje alto en los costos de producción de un artefacto.

En la tesis: EVALUACIÓN ENERGÉTICA INDUSTRIAL DE LAS INSTALACIONES TEXTILES DE DELLTEX INDUSTRIAL S.A. PLANTA CUMBAYÁ APLICANDO LA NORMA NTE INEN-ISO 50001:2012. Del autor (Taipe, 2016). Este proyecto de titulación presenta la aplicación de la norma NTE INEN-ISO 50001:2012 “Sistema de Gestión de Energía. Requisitos con orientación para su uso”, en la realización de la evaluación energética de las instalaciones de Delltex Industrial S.A.

Esta norma es aplicable en organizaciones grandes o pequeñas, especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía; que es un conjunto de elementos que interactúan para establecer una política energética, procesos y procedimientos para alcanzar los objetivos planteados.

La evaluación energética inicia con la esquematización del proceso productivo de la planta para construir los diagramas de flujo de proceso, insumos y energéticos. Se realiza el balance global de energía mediante la caracterización del consumo con la identificación de los principales usuarios de energía eléctrica y térmica para

efectuar el análisis de los consumos mensuales y así proceder a la medición de parámetros en cada una de las áreas seleccionadas.

Posteriormente se inicia el estudio de exergías de los sistemas eléctricos y térmicos, para determinar el balance y costos actuales de funcionamiento. Luego se procede al cálculo del costo mejorado y factibilidad de inversión de las mejoras propuestas en las áreas seleccionadas donde se busca un comportamiento más eficiente.

Las conclusiones de éste proyecto son:

Tomando en consideración los costos de reemplazo de los motores actuales y que estos pueden ser ocupados en otras partes del proceso se tiene un tiempo de retorno de la inversión de aproximadamente de tres años y medio y en el caso de las tuberías al ser un ahorro mayor el tiempo de recuperación de la inversión es de tres meses.

Al realizar auditorías energéticas se debe procurar disponer o desarrollar formatos y procedimientos que permitan el procesamiento rápido de la información para determinar el estado actual de los sistemas analizados, así como las posibilidades de ahorro que se podrían obtener.

Se debe difundir en todas las instituciones o empresas que estén relacionadas al sector energético que una auditoría no solo debe concentrarse en la electricidad, el cambio de motores y la colocación de variadores de velocidad, sino en todos los tipos de energía que consume una industria y que un adecuado análisis para la obtención de las mejores oportunidades de ahorro solo se logrará si se aplican conocimientos termodinámicos en todos los procesos de estudio.

1.2.2 Fundamentación Teórica

El desarrollo actual y perspectiva de la industria y los servicios, en una economía abierta y globalizada, requiere de acciones encaminadas a reducir costos y aumentar la competitividad. En la actualidad las empresas han visto como los energéticos han pasado de ser un factor marginal en su estructura de costos a

constituir un rubro importante en los mismos, a la vez que, la necesidad de lograr un mayor equilibrio entre economía y medio ambiente, han convertido al ahorro y uso eficiente de la energía en una herramienta fundamental para lograr este objetivo, manteniendo el nivel de rentabilidad empresarial. Adicionalmente hay que tener en cuenta que la producción primaria, transformación, transporte, distribución y utilización de la energía, produce efectos ambientales negativos que deben ser controlados, especialmente emisiones de gases de efecto invernadero. (Monteagudo & Gaitan, 2005) (Carvajal & Orbe, 2013)

1.2.2.1 Diagnóstico Energético

Se define como la aplicación de un conjunto de métodos que permite determinar el nivel de empleo, el modo y lugar como la energía es utilizada. Este es el punto de partida que sirve para implementar las técnicas innovadoras de eficiencia energética que tratan de disminuir el consumo sin sacrificar la demanda energética. (Melo, 2006)

La finalidad del diagnóstico energético es encontrar medidas técnicas y administrativas que sean rentables, con las cuales se puedan alcanzar ahorro energético. Para llegar a este objetivo, es recomendable seguir los siguientes pasos: (Flores, 2016) (Dávila & Espiniza, 2005)

Planificar el Diagnóstico

Se debe realizar una inspección de los equipos e instalaciones previa a los trabajos de campo, donde se verificará el estado funcional de los mismos, disponibilidad física para la colocación de instrumentos de medida para la toma de datos. En base a los factores mencionados se seleccionan los dispositivos de medición que se pueden utilizar y los accesorios necesarios para su instalación.

Es importante que los instrumentos de medida a ser utilizados estén calibrados por laboratorios autorizados y contar con las certificaciones correspondientes, para disminuir errores en la toma de datos. Adicionalmente hay que prever que las fechas donde se vaya a realizar el trabajo de campo no interfieran con la operación del equipo ni del resto de las instalaciones.

Recopilar Datos en Sitio

Se debe contar con una base de datos del detalle de los gastos y usos energéticos. En la cual deben contar los históricos de consumo energético, horarios de operación de la planta: Además se deben detallar las características y capacidades de los equipos consumidores de energía.

Trabajo de Campo

La finalidad del trabajo de campo es obtener mediante la medición los datos e información operacional de los equipos y sistemas en la instalación. Posteriormente, se puede conocer el balance energético global de la planta, así como los balances energéticos específicos de los equipos y líneas de producción intensivas en consumo de energía para su cuantificación, donde se podrá identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía.

Revisión y Análisis de Datos

Antes de terminar la permanencia en la planta es necesario revisar todos los datos recopilados y repetir cualquier parte de las mediciones si se encuentran inconsistencias o imprecisiones significativas, para poder seguir con el análisis de los mismos.

Estimación del Potencial de Ahorro Energético

En este paso se determinan y evalúan económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables y las medidas técnicamente aplicables para lograrlo y establecer objetivos definidos y claros de ahorro de energía. Es necesario analizar las relaciones entre los costos y beneficios de las diferentes determinaciones dentro del contexto financiero y gerencial de la empresa, para poder priorizar su implementación.

Estas medidas pueden ser de bajo o cero costo, por tal motivo tienen un periodo de recuperación muy corto. Dichas medidas inciden usualmente en cambios en los procedimientos de operación y optimización en los recursos empleados en el mantenimiento.

Por otro lado las medidas de media y alta inversión conllevan una inversión considerable, puesto que implican mejoras o cambios en equipos o instalaciones, por lo que los periodos de recuperación pueden ir desde los 6 hasta más de los 18 meses, respectivamente.

1.2.2.2 Norma NTE INEN-ISO 50001:2012

El propósito de esta Norma Internacional es facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía. La implementación de esta Norma Internacional está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como de los costes de la energía a través de una gestión sistemática de la energía. Esta Norma Internacional es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales. Su implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y, especialmente, de la alta dirección.

Esta Norma Internacional especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía (SGEn) a partir del cual la organización puede desarrollar e implementar una política energética y establecer objetivos, metas y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía. Un SGEn permite a la organización alcanzar los compromisos derivados de su política, tomar acciones, según sea necesario, para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta Norma Internacional. Esta Norma Internacional se aplica a las actividades bajo el control de la organización y la utilización de esta normativa puede adecuarse a los requisitos específicos de la organización, incluyendo la complejidad del sistema, el grado de documentación y los recursos.

Esta normativa se basa en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización tal como se ilustra en la figura 2.

- Actuar: tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGEEn.

1.2.3 Marco Legal

En la Constitución de la República del Ecuador, Título VII, RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR, Capítulo II, Biodiversidad y recursos naturales, Sección VII, Biosfera, ecología urbana y energías alternativas, artículo 413.

Artículo 413.- El estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua. (República del Ecuador, 2008)

1.3 Fundamentación de la Investigación

La combustión de diésel como fuente de energía primaria para la producción de vapor es usada en la hostería El Surillal. Las condiciones de temperatura en las áreas de esparcimiento del complejo turístico se logran mediante el transporte vapor por ductos. Al no existir un plan de gestión de energías en dichos procesos, existen pérdidas de calor ocasionadas por los ductos de transporte de vapor sin aislamiento térmico, además del desconocimiento de la eficiencia de la caldera.

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de realizar un diagnóstico de las pérdidas de energía térmica en la hostería El Surillal ubicada en la ciudad de Salcedo durante el año 2017. Con los resultados se podrán identificar las áreas de oportunidad de mejora en la gestión de energías, con las cuales se podrá disminuir el consumo de combustible y la cantidad de gases emitidos a la atmósfera.

1.4 Bases Teóricas Particulares de la Investigación

El objeto de estudio del presente proyecto de investigación es el sistema de generación y transporte de vapor que dispone la hostería y el campo de acción se

enmarca en la línea de la eficiencia de energía térmica. El primer tema será analizado por medio del código de prueba para unidades de generación de vapor ASME PTC 4 – 2008, mientras que las pérdidas de calor en la tubería de transporte de vapor se calcularán mediante correlaciones empíricas para flujo externo de convección libre.

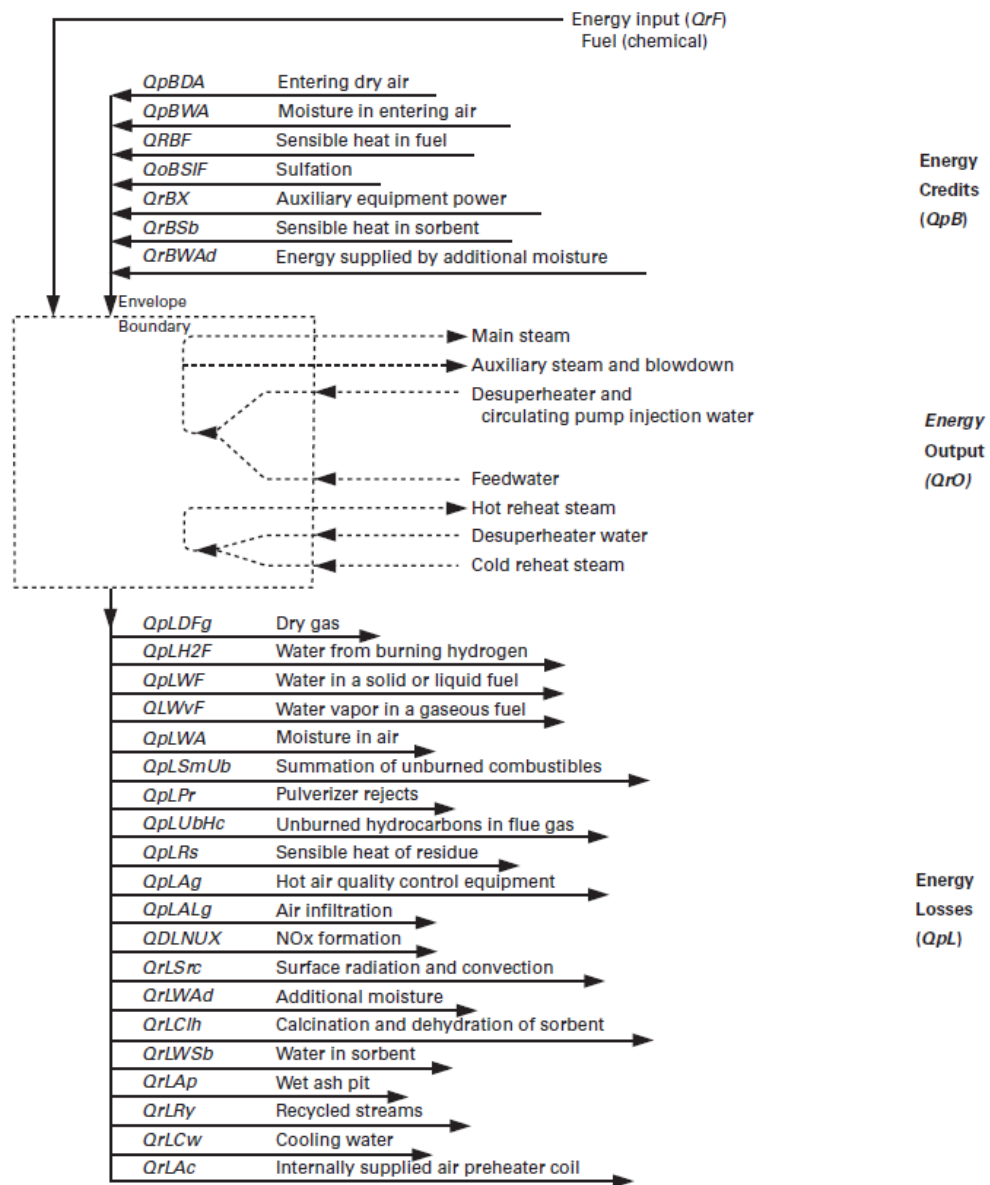
1.4.1 Código ASME PTC 4 - 2008

En este código se establecen los procedimientos para la evaluación del rendimiento de generadores de vapor que tengan como fuente primaria de energía combustibles como el carbón, derivados de petróleo e hidrocarburos. En esta normativa no se establece las directrices para determinar propiedades físicas o químicas de un combustible.

Este código involucra todas las variables que interactúan en el proceso de generación, proporciona una guía y metodología para realizar la medición de dichas variables. Así como también, los créditos y pérdidas de calor que están dentro del balance de energía (figura 3), que se obtienen por el procesamiento de datos bajo el modelo matemático descrito en la normativa que tiene como propósito evitar incertidumbres y reducir errores de cálculo. (Rincón, 2013)

El procedimiento está dado por dos métodos de prueba aceptables para determinar la eficiencia. El método de balance de energías, donde la eficiencia se basa en la sustracción en porcentajes de la suma de las pérdidas medidas en la caldera. El otro es el método directo (entrada - salida) o de la energía que entrega la caldera hacia el vapor comparada con la energía entregada a la caldera. (ASME PTC 4, 2008)

FIGURA 3 Balance de energía en un generador de vapor



Fuente: ASME PTC 4 - 2008

El Presente proyecto de investigación se realiza mediante el método de las pérdidas de calor, debido a que no se requieren equipos y ensayos tan complejos como en el método de las entradas y salidas. Con una muestra de datos adecuada se pueden calcular los parámetros que ayuden a conocer la eficiencia. En la tabla 2 se muestra los márgenes de error en las mediciones y en las operaciones de cálculo de la eficiencia del generador de vapor mediante el método seleccionado,

siempre y cuando se sigan las recomendaciones en la toma de datos descritas en el código.

TABLA 2 Errores porcentuales en la toma de mediciones y en los cálculos de la eficiencia por el método de las pérdidas de energía

Medición	Error porcentual en la medición	Error porcentual en el cálculo de la eficiencia del generador de vapor
Valor de calentamiento (carbón)	±0,50	±0,03
(gas y combustible)	±0,35	±0,02
Análisis de gases de escape	±3,00	±0,30
Temperatura de gases de escape (equipo de medición calibrado)	±0,50	±0,02
Temperatura de aire de ingreso (equipo de medición calibrado)	±0,50	±0,00
Humedad de combustible	±1,00	±0,00

Fuente: ASME PTC 4 - 2008

El método de pérdidas de energía se basa en información exacta y completa que hará posible mediante cálculos la determinación de todas las pérdidas y créditos de calor. Para ellos se requieren de datos, los mismos que se detallan a continuación:

- Análisis de combustible.
- Composición o análisis de los gases de combustión para CO₂, O₂, CO y otros gases de escape.
- Temperatura de los gases de combustión determinada a través de la sección transversal al flujo de gases.
- Temperatura de aire suministrado a la unidad de combustión.
- Temperatura del combustible suministrado en el punto de ingreso a la unidad.

- Temperatura, presión y flujo de cualquier medio usado en la operación de la caldera.
- Humedad del aire de suministro para la combustión.
- Radiación del cuerpo de la caldera.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se presenta la metodología de la investigación, comprendida por los métodos de investigación, los instrumentos de medición utilizados y los modelos matemáticos usados en el análisis de la eficiencia del generador de vapor y las pérdidas de calor en el ducto de transporte de vapor.

2.1 Métodos de investigación

A continuación se describen los métodos de investigación que abarcan el presente proyecto de investigación.

2.1.1 Método de Observación

Captura sistemática de información sobre acciones y reacciones conductuales mediante el uso de instrumentos específicos o impresiones profesionales. Es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación.

Por lo tanto, la principal tarea práctica del observador consiste en asignar propiedades a las categorías, al describir la participación de las categorías deben ser exhaustivas y excluirse mutuamente y es preciso definir el universo de propiedades que se pretende observar. Será preciso también delimitar el cómo o instrumentos que se va a emplear en la observación; así como el cuándo y dónde. (EcuRed, 2014)

La observación como método de investigación se usó para identificar los equipos con los cuales se realizó la toma de datos en el objeto de estudio del presente proyecto.

2.1.2 Método inductivo

El razonamiento inductivo se mueve de lo particular a lo general, Reúne observaciones particulares en forma de premisas, luego razona a partir de estas premisas particulares hacia una conclusión general. La forma más común de razonamiento inductivo es cuando recopilamos evidencia de algún fenómeno observado, luego derivamos una conclusión general acerca de tal fenómeno basados en nuestra evidencia recopilada. En un argumento inductivo, la conclusión va más allá de lo que las premisas en realidad dicen. La conclusión es una conjetura o una predicción. La evidencia posterior puede que respalde o niegue la conclusión. (Bluedorn, 1995)

2.2 Técnicas e instrumentos de medición

La técnica es indispensable en el proceso de la investigación científica, puesto que integra las etapas en las que se desarrolló la investigación y tiene como finalidad alcanzar los siguientes hitos:

- Organizar las etapas de la investigación.
- Aportar métodos para manejar la información.
- Procesamiento de datos levantados.
- Guiar la obtención de conocimientos y analizar los resultados.

En el presente trabajo de investigación se partió por realizar un levantamiento de las instalaciones y equipos que son objeto de estudio para identificar el problema y los instrumentos a ser usados en la siguiente etapa de trabajo. Posteriormente se usó la técnica de la medición, con la cual se obtuvieron parámetros de los gases de escape de la caldera, del vapor producido y de las temperaturas del ducto de transporte. Finalmente se analizaron y procesaron los datos con los que se determinó el estado de funcionamiento y la factibilidad de un plan de mejoras en la gestión energética para el portador térmico.

TABLA 3 Técnicas e instrumentos de medición

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Medición	Equipo isocinético, analizador de gases, termocupla, manómetro, indicador de temperatura, pirómetro, termohigrómetro
Cálculo	Procedimiento de cálculo para obtener la eficiencia energética en la caldera y las pérdidas en ductos de transporte descritos en el código ASME PTC 4

Autor: Héctor Villacís Salazar

En la interpretación de resultados se utilizó la estadística descriptiva, los resultados obtenidos dentro de cuadros y gráficos, se analizan los aspectos cuantitativo, cualitativo, de los datos obtenidos durante el proceso de investigación.

En la tabla 4 se muestran los parámetros a medir con su respectivo equipo a utilizar correspondientes a la variable independiente, los cálculos y análisis necesarios a realizar para determinar la eficiencia energética que es la variable dependiente del presente proyecto.

TABLA 4 Matriz de operacionalización de variables

Variable independiente: Pérdidas de Energía Térmica						
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos	
Energía térmica desaprovechada que no aporta al proceso productivo	Gases de escape	Material particulado	PPM	Medición	Equipo isocinético, termocupla	
		Temperatura	°C			
	Energía que egresa (vapor)	Gases de combustión	Porcentaje	Porcentual	Medición	Analizador de gases
			Presión	PSI	Medición	Manómetro
			Temperatura	°C	Medición	Termocupla
	Energía que ingresa (agua, aire)	Flujo másico	kg/hr	Cálculo	Catálogos	
			Presión	PSI	Medición	Manómetro
			Temperatura	°C	Medición	Termocupla
	Humedad relativa	%HR				
	Transporte de vapor	Flujo másico	kg/hr	Cálculo	Catálogos	
			Temperatura	°C	Medición	Pirómetro
			Longitud	m	Medición	Decámetro
Variable dependiente: Eficiencia Energética						
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos	
Relación entre energía térmica que egresa y energía térmica que ingresa	Balance energético	Eficiencia	Porcentual	Cálculo	Ecuaciones	
		Cuantificación de pérdidas	kW/hr	Cálculo	Ecuaciones	

Autor: Héctor Villacís Salazar

2.2.1 Instrumentos de medición

Se describen los equipos de medición usados en la toma de datos de la caldera y línea de transporte de vapor que son objeto de estudio del presente proyecto. En el código ASME PTC 4 se solicita que los instrumentos de medida estén debidamente calibrados por laboratorios autorizados y dedicados a esa actividad

con la finalidad de disminuir la probabilidad de error, en el Anexo I se muestran los certificados de calibración de los equipos utilizados.

2.2.1.1 Analizador Portátil de Gases

El analizador de gases usado es de marca Testo, modelo 350-S/XL, de número de serie 02135037. El testo 350 es un sistema de medición flexible y portátil. Consta básicamente de una unidad de control, una caja analizadora y una sonda de gases de combustión. El equipo empleado dispone de cámaras para medición de O₂, CO, NO, SO₂ y NO₂ medidas en partículas por millón (ppm), instaladas en mezcla de referencia de concentración alta de NO₂ y O₂ de marca AIRGAS con número de serie FF8582, Para los gases SO₂, NO y CO el número de serie es FF8597 y la marca es AIRGAS.

En la tabla 5 se muestra los datos técnicos de éste instrumento de medida y en la figura 4 se presenta una fotografía del mismo.

TABLA 5 Datos técnicos de analizador de gases Testo 350-S/XL

Tipos de sonda	Medición de la temperatura	Medición O ₂	Co compensada	Bajo CO Medición	CO ₂	NO ₂ measuring módulo	Medidas SO ₂
Rango	-40 ... + 1200 ° C	0 ... + 25 vol. O ₂	0 ... + 10000 ppm CO	0 ... + 500 ppm CO	0 ... CO ₂ MAX Vol. % de CO ₂	0 ... + 500 ppm NO ₂	0 ... + 5000 ppm SO ₂
Precisión	± 0.5% del vm (100... + 1200 ° c) ± 0.5 ° C (-40... + 99.9 ° c)	± 0.8% de FV (0... + 25 vol. % o ₂)	± 5% del vm (100... + 2000 ppm co) ± 10% del vm (2000... + 10000 ppm co) ± 5 ppm CO (0... + 99 ppm co)	± 5% del vm (40... + 500 ppm co) ± 2 ppm CO (0... + 39.9 ppm co)	Calculado por O ₂	± 5% del vm (100... + 500 ppm no ₂) ± 5 ppm NO ₂ (0... + 99.9 ppm no ₂)	

Fuente: (Testo, 2008)

FIGURA 4 Analizador de gases Testo 350-S/XL



Fuente: Héctor Villacís Salazar

2.2.1.2 Tren isocinético

El tren isocinético usado de marca Clean Air, modelo Express Cateco, de número de serie 0028-091311-1. El término isocinético proviene del requerimiento de no generar una separación mecánica de los contaminantes con respecto al gas portador, en otras palabras la toma de la muestra debe realizarse a la misma velocidad en que son transmitidos los contaminantes en el ducto de muestreo.

La muestra de gas que contiene el material particulado se succiona isocinéticamente del ducto o chimenea por el cual se emite a la atmósfera, haciendo uso de una sonda acoplado a un tubo pitot. El tubo pitot tiene como propósito medir la presión de velocidad y así, calcular la velocidad de los gases en la chimenea o ducto donde se esté haciendo el muestreo. La boquilla de muestreo puede variarse, para así modificar la velocidad de succión de tal modo que se pueda garantizar la condición de isocinetismo. La sonda consta de dos tubos concéntricos y entre los dos va una resistencia eléctrica para calentar la sonda y evitar condensación de los gases cuando se succionan a través de la tobera.

El módulo de muestreo consta de la caja caliente donde se coloca el ciclón y el filtro para colectar el material particulado (figura 5), y la caja fría donde se colocan en un baño de hielo los burbujeadores que retienen la humedad del flujo gaseoso (figura 6). Los gases luego de pasar por la sonda entran al ciclón, donde se quedan las partículas más grandes, y luego pasan por el filtro, en el cual se quedan las partículas más finas. Esto sucede en la caja caliente, la cual se mantiene así por medio de una resistencia, para impedir la condensación de los gases en el filtro, lo que ocasionaría taponamiento del mismo. El material particulado recolectado en los filtros se determina gravimétricamente.

FIGURA 5 Caja caliente y sonda



Fuente: Héctor Villacís Salazar

Los gases cuando salen del módulo de muestreo pasan a través del cordón umbilical o línea de vacío al módulo de control. El cordón umbilical está compuesto de cables eléctricos, línea de succión y conexiones. El módulo de control es la unidad que controla las operaciones del muestreo y está compuesto por dos manómetros (para determinar la presión de velocidad en el tubo pitot y la caída de presión en la placa de orificio), un medidor de gas seco, una bomba de vacío e interruptores para controlar el sistema (figura 7).

FIGURA 6 Caja fría y burbujeadores



Fuente: Héctor Villacís Salazar

FIGURA 7 Módulo de control Clean Air, modelo Express Cateco



Fuente: Héctor Villacís Salazar

Las características de éste equipo son:

Bomba de Muestreo: Pulsación libre 1/3 HP, bomba con venas rotatorias (26" Hg Vac, 2 cfm @ 15" Hg) 120V/230V, 50/60 Hz.

Gasómetro: S-275 (L/rev., ft./rev., & m³/rev, options).

Manómetro: Con inclinación dupla con conectores de acceso rápido de acero inoxidable, conectados a válvulas solenoide proveyéndole cero en cualquier momento.

Conexión Umbilical de Energía: Conector Amphenol 4 pernos a fusible.

Conexión de la Salida de la Potencia Auxiliar: Clavija de poder Auxiliar de 120V.

Conexión Pitot de Entrada: Acero Inoxidable del 3/8" conexión rápido.

Conexión a la Muestra: Válvula de acero inoxidable 1/2" conexión rápido.

No Bomba Adicional Requerida: Sistema Integrado de muestra de gas.

Conexiones de Temperatura: Rele de estado sólido para la sonda, el filtro, y el selector de 6 canales.

Conexiones de Termopar: Enchufes tipo "K" para montaje estándar.

Gabinetes: Soldado en aluminio, la bomba se puede separar de la consola.

Acceso Inmediato: Puertas de acceso para ambos la consola y la bomba.

2.2.1.3 Indicador de temperatura

Se usó para medir la temperatura del vapor el termómetro bimetálico industrial de marca Ascroft, modelo BIR-IN (conexión inferior), tiene un rango de medida de 0 a 300° C y una exactitud del 1%. En la figura 8 se muestra el instrumento mencionado.

FIGURA 8 Indicador de temperatura marca Ashcroft



Fuente: Héctor Villacís Salazar

2.2.1.4 Manómetro Analógico

Se utilizó para medir la presión de vapor, un manómetro analógico relleno de glicerina marca Wika con Tag 16-450-03, con un rango de medida de 0 a 100 PSI y una exactitud de 1,5%. En la figura 9 se puede observar el instrumento mencionado.

FIGURA 9 Manómetro analógico marca Wika



Fuente: Héctor Villacís Salazar

2.2.1.5 Termohigrometro

Para medir las condiciones ambientales se usó un termohigrómetro marca Taylor modelo 1523, con un rango de temperatura de -10 a 50 °C, de una resolución de 0,1 °C. Respecto a la humedad relativa tiene un rango de 20 a 99 %HR, con una resolución de 1%. En la figura 10 se muestra el equipo mencionado.

FIGURA 10 Termohigrómetro marca Taylor



Fuente: Héctor Villacís Salazar

2.2.1.6 Termómetro Infrarrojo

En la toma de temperatura de la superficie de caldera, líneas de transporte de combustible y agua de alimentación se usó el termómetro infrarrojo marca Fluke, modelo 561, de número de serie 14450206. En la tabla 6 se exponen las especificaciones técnicas y en la figura 11 se puede apreciar dicho instrumento de medición.

TABLA 6 Especificaciones técnicas del termómetro infrarrojo marca Fluke

Especificaciones generales	
Rango de temperaturas	De -40 °C a 550 °C (de -40 °F a 1.022 °F)
Resolución de la pantalla	0,1 °C (0,1 °F) de lectura
D:S (Distancia al blanco)	12:1
Selector de emisividad de fácil uso	Tres opciones de configuración: Bajo (0,3), medio (0,7). Alto (0,95)
Precisión de datos [para temperatura ambiente de trabajo de 23 °C (73 °F) a 25 °C (77 °F)]	$\pm 1,0\%$ de lectura $\pm 1\%$ de lectura o ± 1 °C (± 2 °F), la mayor de ambas, bajo 0 °C/32 °F, ± 1 °C (± 2 °F) $\pm 0,1$ °/1°
Tiempo de respuesta	500 mSeg (95% de lectura)
Repetibilidad	$\pm 0,5\%$ de lectura o ± 1 °C (± 2 °F), la mayor de ambas
Respuesta espectral	8 μ m a 14 μ m
Puntero láser	Puntero láser
Desconexión del láser	El láser se apaga cuando la temperatura ambiente supera los 40 °C (104 °F)
Alimentación del láser	Clase 2 (II) de funcionamiento; potencia de <1 mW, longitud de onda de 630 nm a 670 nm
Humedad relativa	10% a 90% de humedad relativa sin condensación, a <30 °C (86 °F)
Temperatura de trabajo	De 0 °C a 50 °C (de 32 °F a 120 °F)
Temperatura de almacenamiento	De -20 °C a 65 °C (de -25 °F a 150 °F)
Entrada de miniadaptador para termopar tipo K	Sí, compatible con sondas tipo K con miniconector estándar.
Sonda con sujetador de gancho-y-lazo de tela de termopar tipo K para tuberías	Sí, con un rango de temperatura de 0 °C a 100 °C (de 32 °F a 212 °F) y una precisión de $\pm 2,2$ °C (± 4 °F)

Fuente: (Fluke, 2017)

FIGURA 11 Termómetro infrarrojo marca Fluke



Fuente: Héctor Villacís Salazar

2.3 Metodología de revisión energética según norma NTE INEN-ISO 50001:2012

La revisión energética es un proceso de desarrollo y análisis del perfil energético de la organización que da soporte a la planificación energética. Contempla el análisis de los consumos de energía provenientes de las diferentes fuentes, con el fin de comprender si está funcionando adecuadamente y en que áreas del proceso se concentra el uso significativo. En la figura 12 se muestra un esquema del proceso de revisión energética. (De Laire, 2013)

FIGURA 12 Proceso de revisión energética



Fuente: (De Laire, 2013)

2.3.1 Análisis de los usos y consumos de energía

El primer paso de la revisión energética consiste en un estudio inicial basado en la identificación de las fuentes de energía utilizadas por la organización. Para ello, es necesario recopilar datos básicos sobre los equipos que consumen energía, las prácticas, horarios de trabajo, los consumos y el estado general de las instalaciones. Esto permitirá localizar los principales focos de consumo con margen de mejora. Las fuentes de energía pueden ser variadas, incluyendo combustibles, electricidad, vapor, calor, aire comprimido, entre otras. Es posible que existan fuentes de energía, tales como el aire comprimido, vapor y calor, que no sean consideradas como tal debido a que suelen ser generadas por la misma organización.

Dado que en la organización pueden existir varias fuentes de energía, es posible realizar evaluación por cada tipo, o bien, en forma consolidada, requiriendo para eso transformarlas a una unidad común de energía. Si se opta por la segunda alternativa, se debe tener cuidado y, en la medida de lo posible, evitar sumar fuentes de energía primarias (diesel, gas natural, etc.) con fuentes secundarias, puesto que se puede caer en una doble contabilización y errores de interpretación. (Villanueva, 2013)

En el presente proyecto se tienen dos fuentes primarias de energía que son la energía eléctrica y el diésel, para su tratamiento y análisis se transforma sus unidades energéticas a toneladas equivalentes de petróleo (TEP).

2.3.2 Identificación de los usos significativos de la energía

La norma NTE INEN-ISO 50001:2012 permite que la organización sea quien determine el criterio para definir que es significativo en la empresa. La identificación se la realiza determinando que sistemas o equipos tienen la mayor porción del consumo de energía o bien, en términos de costo.

Para conocer el peso del uso de una determinada energía frente al total, se puede emplear el principio de Pareto. Aplicado como criterio de determinación de un uso significativo de la energía, se puede suponer que, en una organización existe un 20% de puntos de consumo que representan un 80% del consumo energético, por lo que estos son denominados como significativos. (De Laire, 2013)

Como parte de la revisión energética, la organización debe estimar los usos y consumos energéticos futuros. Esta estimación debe realizarse, en la medida de lo posible, mediante el análisis de la influencia de las diferentes variables en los consumos energéticos identificados. La suma acumulativa es una herramienta simple de utilizar pero que entrega información valiosa a la hora de analizar el consumo y desempeño energético de un proceso. (Villanueva, 2013)

Para el presente proyecto se grafica el consumo de energías primarias (electricidad y diésel) en el eje vertical, mientras que en el horizontal el número de clientes que visitan la hostería por unidad de tiempo (mes).

2.4 Modelo matemático usado en la evaluación de la eficiencia del generador según código ASME PTC 4 - 2008

2.4.1 Cálculo de la energía que entra al generador de vapor

La entrada de una caldera es la energía de combustión potencial. Es la cantidad máxima de energía disponible cuando el combustible está completamente quemado, se calcula con la siguiente expresión:

ECUACIÓN 1 Calor de entrada del generador de vapor

$$Q_e = F_c PCS$$

Donde:

Q_e : Calor de entrada [Btu/hr].

F_c : Flujo de combustible [ft^3/hr].

PCS: Poder calorífico superior [Btu/ft^3].

El PCS del Diesel N° 2 usado en el presente proyecto es referenciado del estudio realizado por (Pérez, 2012) en la ciudad de Quito, mediante la norma ASTM D240, donde se determina un valor de 19670,8 Btu/ ft^3 .

2.4.2 Cálculo de los créditos del generador de vapor

Los créditos son la energía aportada al sistema que no proviene directamente del combustible y aportan calor al fluido de trabajo. Los créditos pueden ser negativos, cuando la temperatura del aire está por debajo de la temperatura de referencia.

a. Aire seco de entrada

ECUACIÓN 2 Calor del aire seco de entrada

$$Q_{as} = \frac{M_{as} H_{as}}{100}$$

Donde:

Q_{as} : Calor del aire seco de entrada [%].

M_{as} : Peso del aire seco [lb/Btu].

H_{as} : Entalpía del aire seco [Btu/lb].

Los valores del peso y la entalpía del aire seco se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

ECUACIÓN 3 Peso seco del aire

$$M_{as} = \left(1 + \frac{A_e}{100}\right) A_{tc}$$

ECUACIÓN 4 Aire en exceso

$$A_e = 100 \left(\frac{A_u - A_{tr}}{A_{tr}}\right)$$

ECUACIÓN 5 Aire teórico requerido

$$A_{tr} = 100(0,1151\%C + 0,3429\%H_2 + 0,0431\%S - 0,0432\%O_2)$$

ECUACIÓN 6 Aire teórico corregido

$$A_{tc} = \frac{A_{tr}}{PCS}$$

Donde:

A_e : Aire en exceso [%].

A_{tc} : Aire teórico corregido [lb/Btu].

A_{tr} : Aire teórico requerido en la combustión de 100 lb de combustible [lb/100lb].

A_u : Aire utilizado en la combustión de 100 lb de combustible [lb/100lb].

%C: Porcentaje en masa de carbono presente en el combustible.

%H₂: Porcentaje en masa de hidrógeno presente en el combustible.

%S: Porcentaje en masa de azufre presente en el combustible.

%O₂: Porcentaje en masa de oxígeno presente en el combustible.

La composición del diesel N° 2 es referenciada del estudio realizado por (Mera, 2015) y se muestra en la tabla 7.

TABLA 7 Composición en masa del diesel

Componente	Símbolo	Masa [%]
Carbono	C	85,9
Hidrógeno	H ₂	12,0
Oxígeno	O ₂	0,7
Nitrógeno	N ₂	0,5
Azufre	S	0,5
Agua	H ₂ O	0,4

Fuente: (Mera, 2015)

ECUACIÓN 7 Entalpía del aire seco

$$H_{as} = C_0 + C_1T + C_2T^2 + C_3T^3 + C_4T^4 + C_5T^5$$

Donde:

T: Temperatura del aire [°K].

$$C_0: -0,1310658 \times 10^3$$

$$C_1: 0,4581304$$

$$C_2: -0,1075033 \times 10^{-3}$$

$$C_3: 0,1778848 \times 10^{-6}$$

$$C_4: -0,9248664 \times 10^{-10}$$

$$C_5: 0,16820314 \times 10^{-13}$$

b. Humedad en el aire de entrada

ECUACIÓN 8 Entrada de aire húmedo

$$Q_{ha} = \frac{A_h H_{va}}{100}$$

Donde:

Q_{ha} : Entrada de aire húmedo [%].

A_h : Humedad en el aire [lb/Btu].

H_{va} : Entalpía de vapor de agua a la temperatura de ingreso a la caldera [Btu/lb].

ECUACIÓN 9 Humedad en el aire

$$A_h = M_{as} h_a$$

ECUACIÓN 10 Humedad del aire

$$h_a = 0,622 \frac{(0,01 h_r P_{st})}{(P_b - (0,01 h_r P_{st}))}$$

ECUACIÓN 11 Presión de saturación de agua

$$P_{st} = A_1 + A_2 T + A_3 T^2 + A_4 T^3 + A_5 T^4 + A_6 T^5$$

Donde:

M_{as} : Peso del aire seco [lb/Btu].

h_a : Humedad del aire [lb agua/lb aire seco].

h_r : Humedad relativa del aire [%].

P_{st} : Presión de saturación de vapor de agua a temperatura de bulbo seco [PSI].

P_b : Presión barométrica [PSI].

T : Temperatura de bulbo seco [°F].

A_1 : 0,019257

$$A_2: 1,2890016 \times 10^{-3}$$

$$A_3: 1,211220 \times 10^{-5}$$

$$A_4: 4,534007 \times 10^{-7}$$

$$A_5: 6,841880 \times 10^{-11}$$

$$A_6: 2,197092 \times 10^{-14}$$

ECUACIÓN 12 Entalpia de vapor de agua a la temperatura de ingreso a la caldera

$$H_{va} = C_0 + C_1T + C_2T^2 + C_3T^3 + C_4T^4 + C_5T^5$$

Donde:

H_{va} : Entalpia de vapor de agua a la temperatura de ingreso a la caldera [Btu/lb].

T: Temperatura del aire al ingreso a la caldera [°K].

$$C_0: -0,2394034 \times 10^3$$

$$C_1: 0,8274589$$

$$C_2: -0,1797539 \times 10^{-3}$$

$$C_3: -0,5974861 \times 10^{-7}$$

$$C_4: 0,6290515 \times 10^{-11}$$

$$C_5: -0,2746500 \times 10^{-15}$$

c. Calor sensible del combustible

ECUACIÓN 13 Calor sensible del combustible

$$Q_{sc} = 100 \left(\frac{H_{fo}}{PCS} \right)$$

ECUACIÓN 14 Entalpía del combustible a la temperatura de alimentación

$$H_{fo} = C_1 + C_2API + C_3T + C_4API T + (C_5 + C_6API)T^2$$

ECUACIÓN 15 Densidad API

$$API = \frac{141,5 - 131,5S_g}{S_g}$$

ECUACIÓN 16 Gravedad específica

$$S_g = \frac{D_n}{62,4}$$

Donde:

Q_{sc} : Calor sensible del combustible [%].

H_{f0} : Entalpía del combustible a la temperatura de alimentación [Btu/lb].

API: Densidad del combustible a 60° F [°API].

S_g : Gravedad específica del combustible a 60° F [lb/lb].

D_n : Densidad del combustible a 60° F [lb/ft³].

T: Temperatura del combustible al ingreso a la caldera [F].

C_1 : -30,016

C_2 : -0,11426

C_3 : 0,373

C_4 : $0,143 \times 10^{-2}$

C_5 : $0,2184 \times 10^{-3}$

C_6 : 7×10^{-7}

2.4.3 Cálculo de la energía de salida del generador de vapor

La salida de la caldera es la energía absorbida por el fluido de trabajo que no se recupera dentro de los límites del generador de vapor. Incluye la energía añadida al agua de alimentación y el agua sobrecalentada para producir vapor saturado o

sobrecalentado, vapor de recalentamiento, vapor auxiliar y purga. Se calcula mediante la siguiente expresión.

ECUACIÓN 17 Calor de salida del generador de vapor

$$Q_s = F_v(H_v - H_a)$$

Donde:

Q_s : Calor de salida del generador de vapor [Btu/hr].

F_v : Flujo de vapor producido [lb/hr].

H_v : Entalpía a las condiciones del vapor producido [Btu/lb].

H_a : Entalpía del agua de alimentación [Btu/lb].

Las entalpías fueron obtenidas del libro Termodinámica del autor (Çengel, 2012).

2.4.4 Cálculo de las pérdidas del generador de vapor

Las pérdidas son la energía que sale del sistema y no es aprovechable. Proviene de dos fuentes, las primeras son producidas por la entrada del combustible y la segunda se presenta por la convección y radiación del cuerpo de la caldera.

Los gases al salir de la caldera tienen alta temperatura, arrastrando consigo ciertas cantidades de calor sensible hacia la atmósfera, lo cual se transforma en pérdidas, puesto que esa energía procede de calor disponible que no pudo convertirse en calor útil. En este tipo de pérdidas intervienen factores como:

- La diferencia de temperatura entre los gases de escape y la del aire comburente.
- El exceso de aire empleado en la combustión, que se presenta en el porcentaje de CO_2 de los gases de escape, afectando su caudal másico o volumétrico.

ASME separa estas pérdidas en varios componentes y la suma de todos ellos son considerados como pérdidas por gases de combustión. Éste código usa la entalpía del gas en función de la temperatura con la que éstos abandonan la caldera por la chimenea. También, se calculan las pérdidas del agua presente en el combustible, que incluyen la formación de H₂ en la combustión. Además, de la disminución de energía debido a la humedad del aire. (Rincón, 2013)

a. Pérdidas por gases secos

ECUACIÓN 18 Pérdidas de calor por gases secos

$$Q_{gs} = 100 H_{gs} M_{gs}$$

ECUACIÓN 19 Peso total del flujo de gases secos

$$M_{gs} = M_{gh} - M_t$$

ECUACIÓN 20 Entalpía de los gases secos

$$H_{gs} = C_0 + C_1 T + C_2 T^2 + C_3 T^3 + C_4 T^4 + C_5 T^5$$

ECUACIÓN 21 Peso del gas húmedo

$$M_{gh} = M_{as} + \left(\frac{100 - \%S}{PCS} \right) + A_h$$

ECUACIÓN 22 Humedad total en el flujo de gas

$$M_t = \frac{8,937 \%H_2}{PCS} + A_h$$

Donde:

Q_{gs}: Pérdidas de calor por gases secos [%].

H_{gs}: Entalpía del gas seco a la temperatura de los gases de la chimenea [Btu/lb].

M_{gs}: Peso total del flujo de los gases secos [lb/Btu].

M_{gh}: Peso del gas húmedo [lb/Btu].

M_t: Humedad total en el flujo del gas [lb/Btu].

T: Temperatura de los gases en la chimenea [K].

M_{as} : Peso de aire seco [lb/Btu].

%S: Porcentaje en masa de azufre contenido en el combustible.

%H₂: Porcentaje en masa de hidrógeno contenido en el combustible.

A_h : Humedad en el aire [lb/Btu].

C_0 : $-0,123189 \times 10^3$

C_1 : 0,4065568

C_2 : $0,5795050 \times 10^{-5}$

C_3 : $0,6331121 \times 10^{-7}$

C_4 : $-0,2924434 \times 10^{-10}$

C_5 : $0,2491009 \times 10^{-14}$

b. Pérdidas por agua formada en la combustión del hidrógeno del combustible

ECUACIÓN 23 Pérdida de calor por el agua formada en la combustión

$$Q_{H_2} = M_{H_2}(H_{vs} - 45)100$$

ECUACIÓN 24 Humedad por la combustión del hidrógeno en el combustible

$$M_{H_2} = \frac{8,937 \%H_2 100}{PCS}$$

ECUACIÓN 25 Entalpía del vapor sobrecalentado

$$H_{vs} = 0,4329 T + 3,958 \times 10^{-5} T^2 + 1062,2$$

Donde:

Q_{H_2} : Pérdida de calor debido al agua formada en la combustión del hidrógeno en el combustible [%].

H_{vs} : Entalpía del vapor sobrecalentado a 1 PSI y a la temperatura del vapor sobrecalentado [Btu/lb].

M_{H_2O} : Humedad por la combustión del hidrógeno en el combustible [lb/Btu].

T: Temperatura de los gases de la chimenea [F].

c. Pérdidas debido al agua en el combustible

ECUACIÓN 26 Pérdidas de calor debido al agua en el combustible

$$Q_{H_2O} = M_{H_2O}(H_{vs} - H_{va})$$

ECUACIÓN 27 Peso del agua en el combustible

$$M_{H_2O} = \frac{100 \%H_2O}{PCS}$$

ECUACIÓN 28 Entalpía del vapor de agua

$$H_{va} = 0,4408 T + 2,381 \times 10^{-5}T^2 + 9,638 \times 10^{-9}T^3 - 34,1$$

Donde:

Q_{H_2O} : Pérdida de calor debido al agua en el combustible [%].

M_{H_2O} : Peso del agua en el combustible [lb/Btu].

H_{va} : Entalpía del vapor de agua a la temperatura de la chimenea [Btu/lb].

d. Pérdidas de calor debido a la humedad en el aire

ECUACIÓN 29 Pérdidas de calor debido a la humedad en el aire

$$Q_{ah} = A_n H_a 100$$

Donde:

Q_{ah} : Pérdidas de calor debido a la humedad en el aire [%].

H_a : Entalpía del aire húmedo [Btu/lb].

e. Pérdidas por incombustión química

Este tipo de pérdida se origina debido a que no todas las sustancias combustibles encuentran la cantidad suficiente de oxígeno para completar su oxidación en su totalidad. Lo que conlleva a que en la reacción una determinada cantidad de combustible llegue tan solo a productos intermedios, impidiendo que se desprenda el calor de dichas porciones inquemadas.

ECUACIÓN 30 Pérdidas por formación de CO

$$Q_{CO} = \frac{\left(10160 CO \frac{C}{100}\right)}{CO_2 + CO}$$

Donde:

Q_{CO} : Calor perdido por formación de CO [Btu/hr].

CO: Monóxido de carbono contenido en los gases de escape [%].

CO₂: Dióxido de carbono contenido en los gases de escape [%].

C: Carbono en el combustible [%].

f. Pérdidas de calor debido a la convección y radiación

En ésta pérdida se cuantifica el calor que por diferentes medios se desprende al medio ambiente, a través de la carcasa de la caldera. Esta pérdida se determina indirectamente midiendo la temperatura superficial media del generador de vapor y las condiciones ambientales próximas a ella. Estas condiciones deben determinarse en un número suficiente de lugares para establecer valores medios representativos.

ECUACIÓN 31 Pérdida de calor en la superficie por convección y radiación

$$Q_{RC} = C \sum (K_C - K_R) A (T_S - T_{AMB})$$

ECUACIÓN 32 Coeficiente de transferencia de calor por convección

$$K_C = 0,2(T_S - T_{AMB})^{\frac{1}{3}}$$

ECUACIÓN 33 Coeficiente de transferencia de calor por radiación

$$K_R = 0,847 + 2,367 \times 10^{-3}(T_S - T_{AMB}) + 2,94 \times 10^{-6}(T_S - T_{AMB})^2 + 1,37 \times 10^{-9}(T_S - T_{AMB})^3$$

Donde:

Q_{RC} : Pérdida de calor en la superficie por convección y radiación [Btu/hr].

A: Área de la superficie de la caldera [ft²].

K_C : Coeficiente de transferencia de calor por convección por unidad de área [Btu/ft²hr°F].

K_R : Coeficiente de transferencia de calor por radiación por unidad de área [Btu/ft²hr°F].

T_S : Temperatura promedio de la superficie de la caldera [F].

T_{AMB} : Temperatura promedio del aire del ambiente [F].

C: Constante de valor de 1 Btu/hr.

2.4.5 Cálculo de la eficiencia energética del generador de vapor

La eficiencia es la razón entre la energía que sale y la energía que ingresa, sin embargo, en el proceso se presentan pérdidas y ganancias (créditos) de energía. De acuerdo con la primera ley de termodinámica, el balance energético del generador de vapor puede ser expresado por la siguiente expresión.

ECUACIÓN 34 Balance de energía del generador de vapor

$$E_{in} - E_{out} = E_{acumulada}$$

Donde:

E_{in} : Energía que ingresa al sistema.

E_{out} : Energía que sale del sistema.

$E_{acumulada}$: Energía acumulada en el sistema.

En vista de que un generador de vapor debe ser probado en condiciones de estado estacionario, la acumulación es cero. La energía que entra al sistema está asociada al flujo de masa, la fuerza motriz del equipo auxiliar y el poder calórico del combustible. La energía que sale del sistema corresponde al flujo de vapor producido, a la transferencia de calor al ambiente desde las superficies del generador de vapor y a los gases de escape producidos por la combustión. De acuerdo al método de balance de energía, la ecuación 34 puede ser reescrita en términos de la energía entrante al sistema, los créditos y las pérdidas de calor.

ECUACIÓN 35 Eficiencia energética por el método de balance de energía

$$\eta = 100 \frac{Q_e - Q_{pr} + Q_{cr}}{Q_e} \quad [\%]$$

Donde:

η : Eficiencia energética [%].

Q_e : Calor que ingresa [Btu/hr].

Q_{pr} : Calor de perdidas [Btu/hr].

Q_{cr} : Calor de créditos [Btu/hr].

Se puede observar que los resultados de créditos y pérdidas fueron calculados en cifras porcentuales, para transformarlos a unidad de energía por hora (Btu/hr) se lo hace a través de las ecuaciones 36 y 37, respectivamente.

ECUACIÓN 36 Conversión de la energía de créditos de porcentaje a Btu/hr

$$Q_{cr} = 100 Q_c Q_e$$

Donde:

Q_{cr} : Calor de créditos [Btu/hr].

Q_c : Calor de créditos expresado en porcentaje [%].

Q_e : Calor que ingresa [Btu/hr].

ECUACIÓN 37 Conversión de las pérdidas de energía de porcentaje a Btu/hr

$$Q_{rp} = 100 Q_p Q_e$$

Donde:

Q_{pr} : Calor de pérdidas [Btu/hr].

Q_p : Calor de pérdidas expresado en porcentaje [%].

Q_e : Calor que ingresa [Btu/hr].

2.5 Pérdidas de energía en línea de transporte de vapor

Las líneas de transporte de vapor pueden ser modeladas como un tanque cilíndrico horizontal, en este caso se evalúa la transferencia de calor en la superficie cilíndrica. Se utiliza para el cálculo correlaciones empíricas para flujo externo de convección libre. Si el ducto se encontrase sin aislamiento se puede suponer la temperatura del fluido como la temperatura de superficie de la tubería. (Incropera & DeWitt, 1999)

Inicialmente se debe calcular la temperatura de película, debido a que dicha temperatura se evaluarán las propiedades del fluido. Se emplean el modelo matemático descrito según. (Çengel, Transferencia de Calor y Masa, 2007)

ECUACIÓN 38 Temperatura de película

$$T_f = \frac{T_a + T_s}{2}$$

Donde:

T_f : Temperatura de película [K].

T_a : Temperatura del aire [K].

T_s : Temperatura de la superficie de la tubería [K].

En base a la temperatura de película se calcula el número de Rayleigh.

ECUACIÓN 39 Número de Rayleigh

$$Ra_D \frac{g \beta (T_s - T_a) D^3}{\nu^2} Pr$$

Donde:

Ra_D : Número de Rayleigh (adimensional).

g : Aceleración gravitacional [m/s^2].

β : Coeficiente de expansión térmica volumétrica a la temperatura T_f [$1/K$].

T_a : Temperatura del aire [K].

T_s : Temperatura de la superficie de la tubería [K].

D : Diámetro del cilindro [m].

ν : Viscosidad cinemática a la temperatura T_f [m^2/s].

Pr : Número de Prandtl a la temperatura T_f (adimensional).

Para la superficie cilíndrica según (Çengel, Transferencia de Calor y Masa, 2007), el número de Nusselt se calcula mediante la expresión.

ECUACIÓN 40 Número de Nusselt para superficie cilíndrica horizontal

$$Nu_D = \left[0,60 + \frac{0,387 Ra_D^{\frac{1}{6}}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right]^2 \quad (Ra_D \leq 10^{12})$$

Donde:

Nu_D : Número de Nusselt (adimensional).

Ra_D : Número de Rayleigh (adimensional).

Pr: Número de Prandtl a la temperatura Tf (adimensional).

El coeficiente de transferencia de calor por convección se relaciona con el número de Nusselt por la siguiente expresión.

ECUACIÓN 41 Coeficiente de transferencia de calor por convección

$$h = \frac{k}{D} Nu_D$$

Donde:

h: Coeficiente de transferencia de calor por convección [W/m²K].

D: Diámetro del cilindro [m].

k: Conductividad térmica a la temperatura Tf [W/mK].

Se calculan las pérdidas de calor por convección mediante la ley de enfriamiento de Newton.

ECUACIÓN 42 Ley de enfriamiento de Newton

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_a)$$

Donde:

Q_{conv}: Calor perdido por convección [W].

h: Coeficiente de transferencia de calor por convección [W/m²K].

T_s: Temperatura de la superficie de la tubería [K].

T_a: Temperatura de flujo exterior [K].

El calor perdido por radiación se calcula mediante la ley de Stefan-Boltzmann.

ECUACIÓN 43 Ley de Stefan-Boltzmann

$$Q_{rad} = \varepsilon A_s \sigma (T_s^4 - T_a^4)$$

Donde:

Q_{rad} : Calor perdido por radiación [W].

ϵ : Emisividad de la superficie (adimensional).

A_s : Área superficial [m^2].

σ : Constante de Stefan-Boltzmann $5,67 \times 10^{-8}$ [W/m^2K^4].

T_s : Temperatura de la superficie [K].

T_a : Temperatura de flujo exterior [K].

El flujo de calor perdido al ambiente se calcula por la suma de calor cedido por convección y radiación.

ECUACIÓN 44 Perdida de calor total al ambiente

$$Q = Q_{conv} + Q_{rad}$$

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de la revisión energética de la hostería, del cálculo de la eficiencia del generador de vapor, de acuerdo al procedimiento de cálculo descrito en el código ASME PTC 4 – 2008, también se muestran los valores de las pérdidas de calor en el ducto de transporte de vapor mediante correlaciones empíricas para flujo externo de convección libre.

3.1 Resultados obtenidos

3.1.1 Revisión energética

Se realizó el análisis de los usos y consumos de la energía siguiendo la metodología estipulada en la norma NTE INEN-ISO 50001:2012. Para lo cual se recolectó información del consumo de las fuentes primarias de energía utilizadas en la hostería (energía eléctrica, diésel y GLP), se hizo un levantamiento de los equipos y el consumo que estos generan. Se transformó las unidades de energía de cada combustible a toneladas equivalentes de petróleo (TEP) para poderlas incluir en el diagrama de Pareto.

En la tabla 8 se muestran los gastos mensuales de las fuentes primarias de energía usadas en la hostería El Surillal, durante el último año. Mientras que en la tabla 9 se resumen los consumos promedios de energía por proceso/área en el mismo período de tiempo.

TABLA 8 Consumo mensual de fuentes primarias de energía

Año	Mes	Energía eléctrica [kW/h]	Diésel [gal/mes]	Gas [m³/mes]
2016	Septiembre	6951	711,68	0,67
2016	Octubre	7084	725,30	0,68
2016	Noviembre	6999	716,59	0,67
2016	Diciembre	8729	893,72	0,84
2017	Enero	6692	685,16	0,64
2017	Febrero	6475	662,94	0,62
2017	Marzo	6243	639,19	0,60
2017	Abril	6646	680,45	0,64
2017	Mayo	6437	659,05	0,62
2017	Junio	7452	762,98	0,72
2017	Julio	7390	756,63	0,71
2017	Agosto	7990	818,06	0,77

Fuente: Héctor Villacís Salazar

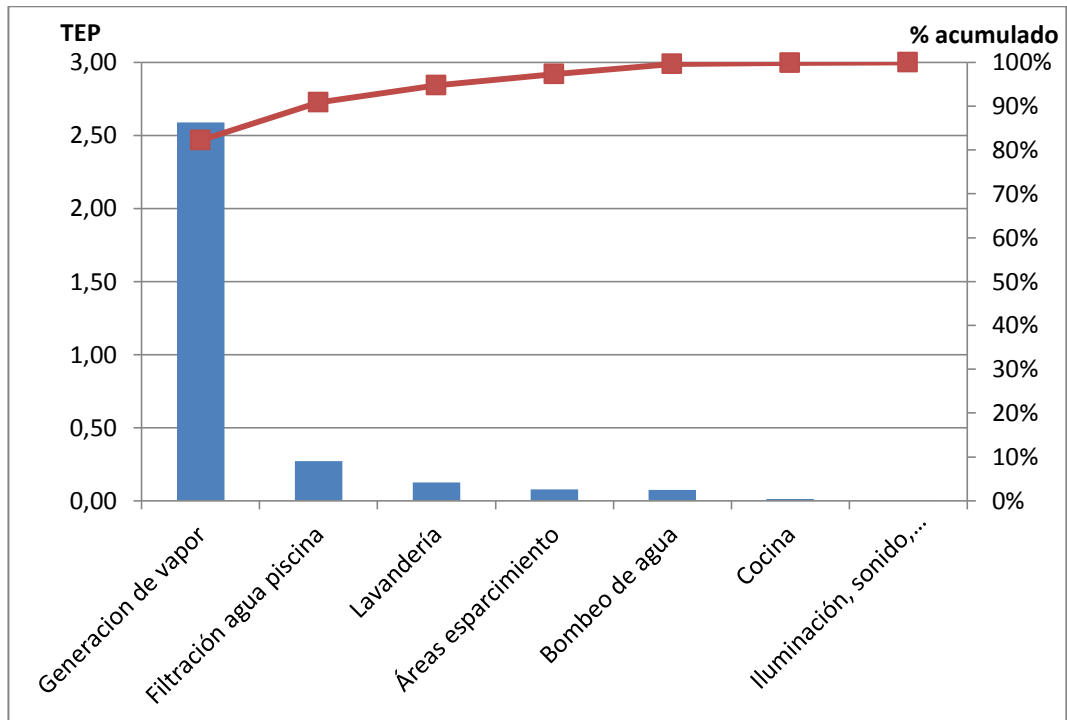
TABLA 9 Consumos promedio de energía por proceso/área

Proceso / Área	Consumo energético [TEP]
Generación de vapor	2,59
Filtración agua piscina	0,27
Lavandería	0,12
Áreas esparcimiento	0,08
Bombeo de agua	0,07
Cocina	0,01
Iluminación, sonido, TV	0,004

Fuente: Héctor Villacís Salazar

Con los datos obtenidos de la tabla 9 se graficó el diagrama de Pareto que se muestra en la figura 13.

FIGURA 13 Diagrama de Pareto del uso y consumo de energía



Fuente: Héctor Villacís Salazar

En la tabla 10 se resumen los datos mensuales de consumo de energía en toneladas equivalentes de petróleo y el número de visitantes durante el último año.

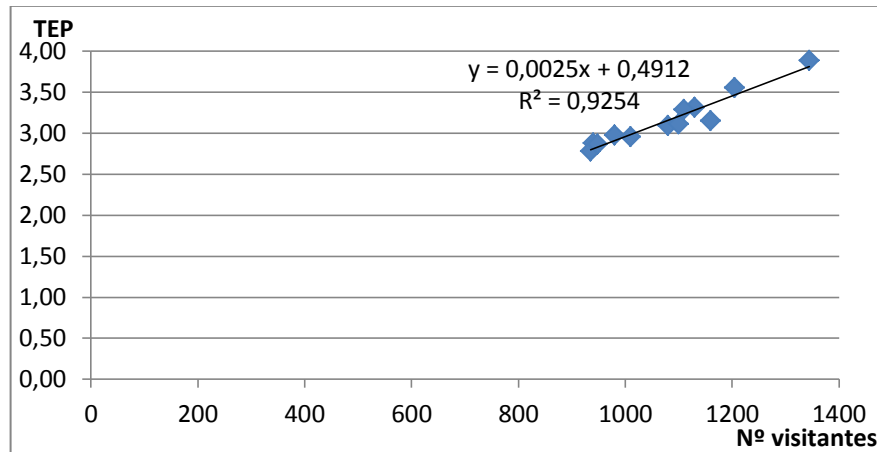
TABLA 10 Consumo de energía por número de visitante

Año	Mes	Visitante [Unidad]	Consumo energético [TEP]
2016	Septiembre	1080	3,09
2016	Octubre	1160	3,15
2016	Noviembre	1100	3,11
2016	Diciembre	1345	3,88
2017	Enero	980	2,97
2017	Febrero	940	2,88
2017	Marzo	935	2,77
2017	Abril	1010	2,95
2017	Mayo	948	2,86
2017	Junio	1130	3,31
2017	Julio	1110	3,28
2017	Agosto	1205	3,55

Fuente: Héctor Villacís Salazar

Con los datos de la tabla 10 se grafica el diagrama de dispersión, en cual se puede apreciar la línea de tendencia del consumo energético respecto al número de visitantes.

FIGURA 14 Diagrama de dispersión de consumo energético



Fuente: Héctor Villacís Salazar

3.1.2 Calculo de la eficiencia del generador de vapor y pérdidas en tubería

Se realizó la identificación del generador de vapor de la hostería El Surillal y la línea de transporte que conducen el vapor desde la caldera hasta las áreas de esparcimiento (piscina, baños de cajón, hidromasaje, sauna turco y duchas). En la tabla 11 se resumen las características técnicas del generador evaluado.

TABLA 11 Características técnicas del generador de vapor evaluado

Característica	Descripción
Marca	Fabricación Nacional
Capacidad	15 BHP
Tipo de combustible	Diésel
Presión	Control de presión en rango de 50 de 70 PSI
Superficie total	7,48 m ²
Forma de calefacción	Acuatubular
Número de pasos	Uno
Tipo de circulación	Natural
Bomba de alimentación	Marca Foras modelo KB310/1
Pre calentador de aire	No posee
Ventilador de aire	Marca Marathon Electric Modelo JPD48S34S369K
Quemador	Marca Suntec Modelo A2VA-7116

Fuente: Héctor Villacís Salazar

Se recolectó la información, siguiendo las recomendaciones del código ASME PTC 4 – 2008, en las mediciones para la disminución del error. Dichas mediciones fueron realizadas a plena carga del generador de vapor, se tomaron 10 datos con un intervalo de 15 minutos entre sí. En la tabla 12, se muestran los parámetros de la humedad relativa, temperatura de bulbo seco del aire y presión barométrica, misma que presenta un solo valor puesto que depende de la altura geográfica de la locación de trabajo.

TABLA 12 Medición de los parámetros para el aire

Parámetro	Muestra										\bar{X}	σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Temperatura de bulbo seco [°C]	14	15	16	16	17	17	18	18	17	17	16,5	1,26
Presión barométrica [PSI]	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	-
Humedad Relativa [%]	58	54	54	52	51	48	45	47	50	51	51	3,80

Fuente: Héctor Villacís Salazar

Para la toma de datos para las pérdidas de radiación y convección en la superficie de la caldera, se utilizó la tabla 13.

TABLA 13 Medición de la temperatura de la superficie de la caldera

Áreas	m ²	Temperaturas superficie										\bar{X}	σ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Lado norte	0,71	157	157,2	172	169	171	192	190	170	176	175	172,9	11,5
Lado sur	0,71	96	105	110	113	97	107	99	111	109	97	104,4	6,55
Lado este	3,03	34,5	32	25,5	35,4	28	35,1	39	40	33,3	25,4	32,82	5,13
Lado oeste	3,03	38	31	28	32	34,5	30,3	27,9	40,3	40	27,4	32,94	4,99
Temperatura cerca a la superficie		24,1	24,3	27,1	27,2	27,4	23,7	23,8	23,5	24	27	25,21	1,71

Fuente: Héctor Villacís Salazar

Los parámetros recolectados en el combustible de alimentación se resumen en la tabla 14.

TABLA 14 Medición de los parámetros de combustible

Parámetro	Muestra										\bar{X}	σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Temperatura [°C]	18	18	18	18	18,5	19	19	19	19	19	18,55	0,49
Flujo [lb/h]	38,95	38,91	39	38,89	38,9	38,9	38,95	38,92	38,94	38,93	38,93	0,032

Fuente: Héctor Villacís Salazar

En la tabla 15 se recopilan los parámetros de agua de alimentación y vapor producido y purga continua del generador de vapor.

En el anexo 2 se presenta el reporte del análisis de gases realizado por la empresa IPGM Servicios Ambientales, el cual sirvió para determinar la eficiencia de la caldera y evaluar si éste cumple con los parámetros nacionales permisibles en cuanto a la emisión de gases y material particulado.

TABLA 15 Parámetros de agua de alimentación y vapor producido por la caldera

Muestra	Parámetro					
	Flujo [lb/hr]			Temperatura [°C]		Presión [PSI]
	Agua	Vapor	Purga	Agua	Vapor	Vapor
1	424,1	415,6	8,5	29	145	50
2	419,6	414	5,6	30	145	50
3	423	416	7	31	150	55
4	423,2	413,6	9,6	32	150	55
5	427,6	417,3	10,3	28	150	60
6	419,9	414,5	5,4	29	150	60
7	421	415	6	26	155	65
8	422,4	413,2	9,2	27	155	65
9	420,9	412,8	8,1	27	160	70
10	423,8	414,4	9,4	30	160	70
\bar{X}	422,55	414,64	7,91	28,9	152	60
σ	2,37	1,37	1,79	1,91	5,37	7,45

Fuente: Héctor Villacís Salazar

En la tabla 16 se resumen los valores calculados de energía entrante, saliente, créditos y pérdidas energéticas provenientes de distintas fuentes.

TABLA 16 Resumen de los resultados obtenidos en la evaluación de la caldera

Energía	Símbolo	Valor [Btu/hr]	Valor [W]	Ecuación
Entrada				
Entrante proveniente del combustible	Q_e	765784,46	224429,27	1
Créditos				
Aire seco de entrada	Q_{as}	$2,55 \times 10^{-4}$	$7,47 \times 10^{-5}$	2
Humedad en el aire de entrada	Q_{ha}	$1,20 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-5}$	8
Calor sensible del combustible	Q_{sc}	209,354	61,35	13
Salida				
Energía del vapor saliente	Q_s	469687,606	137651,85	17
Pérdidas				
Por gases secos	Q_{gs}	234508,187	68727,56	18
Por agua formada en combustión del H_2	Q_{H_2}	747,514	219,07	23
Por el agua en el combustible	Q_{H_2O}	8526,747	2498,94	26
Por la humedad en el aire	Q_{ah}	25,242	7,39	29
Por formación de CO	Q_{CO}	6,951	2,03	30
Por convección y radiación	Q_{RC}	19692,702	5771,36	31
Eficiencia				
Eficiencia energética de la caldera	η	65,618%		35

Fuente: Héctor Villacís Salazar

En la tabla 17 se resume los valores calculados de las pérdidas de calor en la línea de transporte de vapor.

TABLA 17 Resumen de los valores obtenidos en las pérdidas de calor en la línea de transporte de vapor

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Ecuación
Número de Rayleigh	Ra_D	$3,16 \times 10^5$	Adimensional	39
Número de Nusselt	Nu_D	10,581	Adimensional	40
Coefficiente de transferencia de calor por convección	h	8,166	W/m^2K	41
Calor por convección por unidad de longitud	Q_{conv}	120,715	W/m	42
Calor por radiación por unidad de longitud	Q_{rad}	2,111	W/m	43
Calor perdido por convección y radiación	Q	7567,376	W	44
Conversión al sistema inglés	Q	25819,675	Btu/hr	

Fuente: Héctor Villacís Salazar

3.2 Análisis de resultados

Del diagrama de Pareto de la figura 13, se puede observar que el generador de vapor consume el 82% de la energía primaria en TEP de la hostería, con un consumo mensual promedio en el último año de 725,979 galones que representan un gasto económico de 747,75 USD/mes. En cuanto al consumo de energía eléctrica, para el mismo periodo de análisis, mensualmente se consumen un promedio de 7090,66 kW/h, que ascienden a un costo de 661,55 USD/mes.

La diferencia en costo de las dos fuentes primarias de energía mencionadas asciende al 11,52% respecto al gasto en diésel. Lo que significa que tanto energética y económicamente el diésel es el mayor consumidor en la hostería.

En la figura 14 se muestra el diagrama de dispersión de consumo energético y número de visitantes, del cual se estableció la ecuación de la línea de tendencia la cual es:

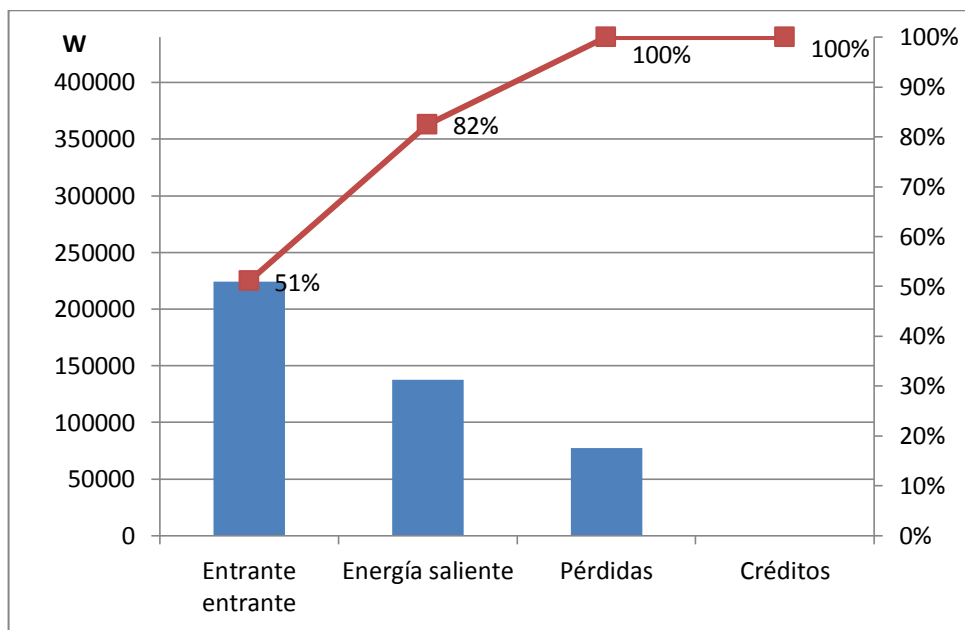
ECUACIÓN 45 Ecuación de la línea de tendencia del consumo energético

$$y = 0,0025 x + 0,4912$$

De esta ecuación se puede conocer la energía no asociada al proceso, cuando $x=0$, para este caso dicha energía corresponde a 0,4912 TEP. Además se puede estimar las demandas futuras de energía de acuerdo al número de visitantes que lleguen a las instalaciones de la hostería.

En la figura 15 se presenta el balance de energía de la caldera evaluada, que arroja una eficiencia del 65,6%. Como se mencionó el generador de vapor es de fabricación nacional y no existe un estudio formal o un catálogo en el que se muestre su eficiencia nominal, para poder comparar con el resultado obtenido. Sin embargo, de la experiencia del personal de la empresa Tecni Calderas la eficiencia nominal de una caldera de estas características es del 68%, que representa una diferencia del 3,5% con respecto a la eficiencia calculada. Se puede observar en la gráfica un valor considerable de pérdidas del 34,4% y uno bajo de créditos de 0,02%.

FIGURA 15 Balance de energía de la caldera

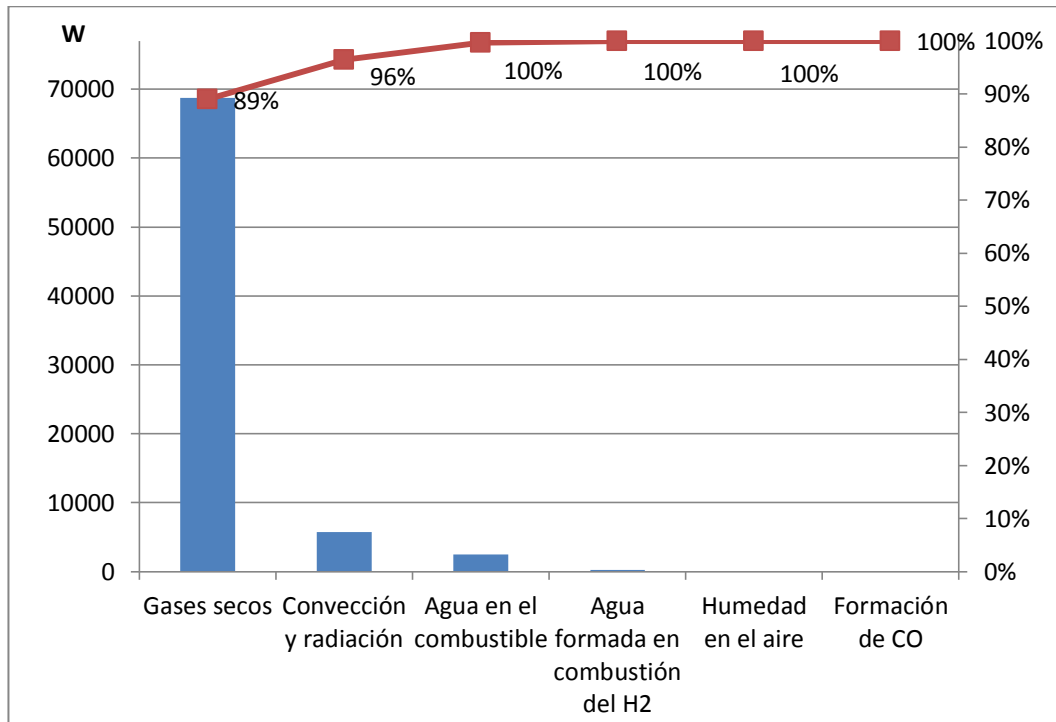


Fuente: Héctor Villacís Salazar

En la figura 16 se muestran las pérdidas obtenidas por distintas fuentes, la de mayor valor es la pérdida por gases secos 30,6%. Dichas pérdidas se producen debido a la temperatura y volumen de los gases que salen por la chimenea, es decir a mayor temperatura de los gases se obtiene menor eficiencia de la caldera. Este efecto es producto de dos fenómenos, uno de ellos es que el quemador está produciendo más calor que el que se requiere para la carga especificada de la caldera, lo que sugiere que el quemador de combustible requiere de mantenimiento y debe ser recalibrado.

La otra causa se debe a que las superficies de calefacción del interior de la caldera no están funcionando correctamente, por lo que el calor no se está transfiriendo al agua. Esto se produce cuando dichas superficies están con incrustaciones, las cuales se acumulan formando capas que actúan como aislante. Se debe realizar una limpieza para disminuir las pérdidas por este concepto.

FIGURA 16 Pérdidas de energía



Fuente: Héctor Villacís Salazar

FIGURA 17 Superficies puntuales de la caldera sin aislamiento térmico



Fuente: Héctor Villacís Salazar

Por convección y radiación las pérdidas representan el 2,57% respecto a la energía entrante, lo cual se debe a la presencia de puntos calientes en la superficie de la caldera, es decir existen puntos sin revestimiento (ver figura 17), los cuales tienen un diámetro de 9 pulgadas.

En el diseño de la caldera está concebido un agujero de 1 ½ pulgadas de diámetro ubicado en el centro de la cara lateral, por donde se emana calor al medio ambiente que no es aprovechado (ver figura 18), dicho flujo sale a una velocidad de 9,5 m/s a una temperatura de 470° C, que podría ser utilizado para elevar la temperatura del aire de ingreso a la caldera para mejorar los valores de los créditos de calor.

FIGURA 18 Punto de emanación de calor no aprovechado al medio ambiente



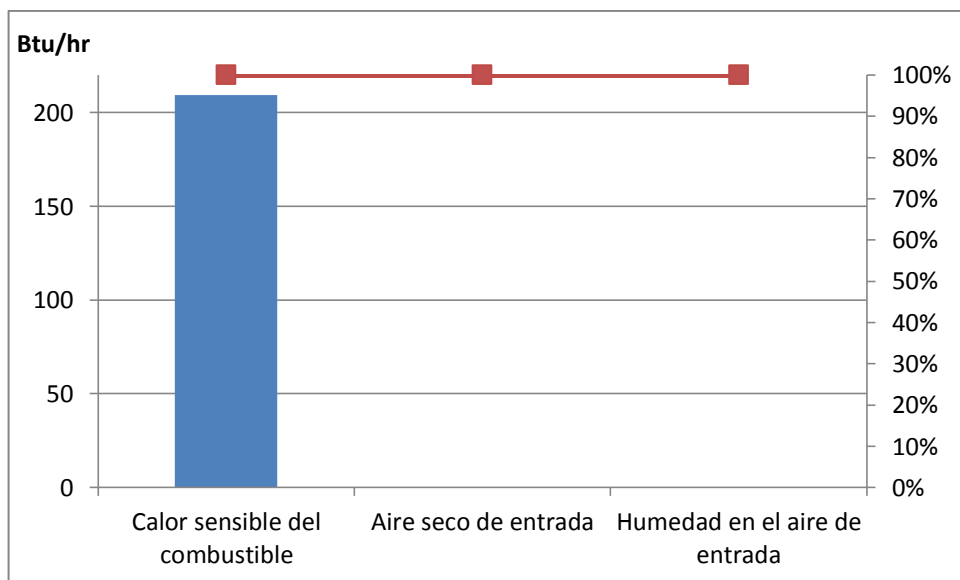
Fuente: Héctor Villacís Salazar

Para evaluar la calidad del agua de alimentación a la caldera se realizó un análisis de agua (dureza total y pH), en el cual se encontró que ambos parámetros están fuera de los valores permisibles recomendados, por lo cual se estarían produciendo incrustaciones en la superficie de calefacción del generador de vapor. En el anexo 3 se muestra el análisis mencionado.

El valor recomendado de dureza total es menor a 2 ppm y en el análisis se tiene un valor de 173,12 ppm. En cuanto al pH se debería trabajar en un rango de 8,5 a 9,5 y se presenta un valor de 7,1. (Oelker)

En la figura 19 se muestran los valores de los créditos de calor obtenidos del análisis energético realizado a la caldera. Los cuales presentan valores muy bajos, lo cual se produce porque los créditos tienen relación directa con la temperatura del aire de entrada. En este caso el generador de vapor no cuenta con precalentador de aire.

FIGURA 19 Créditos de energía



Fuente: Héctor Villacís Salazar

En cuanto a las pérdidas de energía cedidas por convección y radiación en la línea de transporte de vapor, éstas representan el 5,5% de la energía de salida, valor que representa el consumo de 1,257 gal/hr perdidos al no contar con aislamiento que mitigue éstas pérdidas.

En la tabla 18 se comparan los resultados obtenidos en la medición de gases y material particulado de la caldera, con los valores admisibles de la ordenanza No. 138, la Resolución N-SA-DGCA-NT002-2016 de la Dirección del Distrito Metropolitano de Quito, la Norma Técnica para Emisiones a la Atmósfera de

Fuentes Fijas (NT001). Se usó como referencia ésta normativa en vista de que en la jurisdicción del cantón Salcedo no hay una ordenanza vigente.

TABLA 18 Emisión de gases y material particulado

Parámetro	Unidad	Resultado	Límites máximos permisibles normativa	Verificación
Monóxido de carbono (CO)	g / m ³	81,5	200	Cumple
Dióxido de azufre (SO ₂)	g / m ³	4	1200	Cumple
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	g / m ³	59,5	500	Cumple
Partículas (MP)	g / m ³	0,0	100	Cumple

Fuente: (Secretaría del Medio Ambiente, 2016)

CAPÍTULO 4

PROPUESTA

El presente capítulo está orientado en la creación de un plan de mejoras, en base a las oportunidades detectadas en el apartado anterior como la disminución de las pérdidas de calor en la caldera y línea de transporte de vapor, aprovechamiento del calor emanado al medio ambiente, mejoramiento de la calidad del agua de abastecimiento para alargar la vida útil del generador de vapor.

4.1 Título

Propuesta de diseño de un plan de mejoras en la gestión energética para el portador térmico en la Hostería El Surillal para reducir el consumo de combustible.

4.2 Justificación de la propuesta

Un sistema de gestión energética permite utilizar de manera eficiente la energía térmica e incide directamente en la disminución de las pérdidas de calor, en optimizar los recursos en la operación de las instalaciones, en alargar la vida útil de los equipos, aprovechar el calor de pérdidas en el incremento del potencial energético de la caldera.

4.3 Objetivo de la propuesta

Diseñar un plan de mejoras en la gestión energética para el portador térmico en la Hostería El Surillal para reducir el consumo de combustible.

4.4 Estructura de la propuesta

Para la presente propuesta se aplica como modelo el sistema de gestión energética de la norma NTE INEN-ISO 50001:2012. Esta normativa está basada en un ciclo de mejora continua para alcanzar niveles óptimos en la gestión de energía. Se partió por realizar mediciones y posterior análisis de la condición funcional de la caldera y línea de transporte de vapor, mediante los equipos descritos en el acápite 2.4.1 y procesamiento de datos detallado en la sección 2.4 y 2.5.

Posteriormente se identificaron las falencias y no conformidades debido a pérdidas de calor provenientes de gases secos, por convección y radiación tanto en la línea de transporte como en el generador de vapor. Como acción correctiva se identificó la limpieza de incrustaciones de la superficie de calefacción del interior de la caldera y la recalibración del quemador. En cuanto a la prevención se propone el mejoramiento de la calidad del agua de abastecimiento con la finalidad de alargar la vida útil de los equipos. En cuanto a las oportunidades de mejora, se pretende aprovechar el calor emanado al medio ambiente para incrementar el valor de los créditos de energía.

4.5 Desarrollo del plan de mejoras

De acuerdo a las recomendaciones de la norma NTE INEN-ISO 50001:2012 para que la propuesta contribuya apropiadamente al sistema de gestión energética debe cumplir los siguientes pasos:

- Política energética, esta debe establecer el compromiso de la organización para alcanzar una mejora en el desempeño energético. Deberá garantizar el correcto uso y consumo de la energía y la eficiencia energética, además de impulsar la adquisición de productos, servicios y mejoras energéticamente eficientes.
- Plan de mejoras, estas deben provenir de la medición y análisis de las pérdidas de energía realizado en los equipos instalados.

- Monitoreo y control, se debe realizar en los equipos un monitoreo periódico de los parámetros de funcionamiento para su posterior control y análisis.

4.5.1 Política energética

La organización busca mejorar continuamente y posiciona como eje principal el uso racional de la energía, para lo cual se seguirán evaluando las oportunidades de reducción del consumo energético en las instalaciones y equipos. Incentivar las investigaciones que estén orientadas a posicionar a la empresa como un referente en la gestión energética.

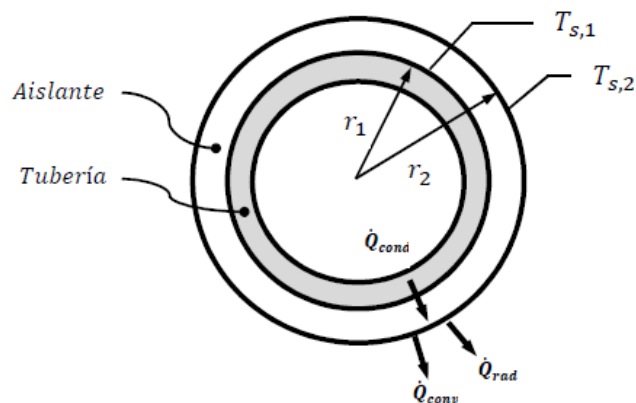
4.5.2 Plan de mejoras

Se listan las oportunidades de mejora encontradas en el análisis realizado en el capítulo anterior, se muestra la cuantificación de ahorro energético y las características de equipos y materiales usados en los cálculos.

4.5.2.1 Aislamiento de línea de transporte de vapor

Para el cálculo se utilizan los mismos criterios utilizados en la sección 2.5, en la figura 20 se muestra la representación gráfica de la tubería revestida con aislamiento térmico, los flujos de calor por conducción, convección y radiación y las temperaturas superficiales del ducto y del revestimiento.

FIGURA 20 Esquema del flujo de calor en tubería con revestimiento



Fuente: (Mera, 2015)

El balance de energía viene dado por la siguiente expresión:

ECUACIÓN 46 Balance de energía para tubería con aislamiento

$$\dot{Q}_{cond} = \dot{Q}_{conv} + \dot{Q}_{rad}$$

Donde:

\dot{Q}_{cond} : Flujo de calor por conducción [W]

\dot{Q}_{conv} : Flujo de calor por convección [W]

\dot{Q}_{rad} : Flujo de calor por radiación [W]

Reemplazando e igualando la expresión se tiene:

ECUACIÓN 47 Pérdida de calor en tubería con aislamiento y temperatura exterior desconocida

$$\frac{2\pi K_{aisl}(T_{S,1} - T_{S,2})}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} = 2\pi h_{conv}r_2(T_{S,2} - T_a) + 2\pi\epsilon\sigma r_2(T_{S,2}^4 - T_a^4)$$

Donde:

K_{aisl} : Conductividad térmica del aislante [W/m K]

$T_{S,1}$: Temperatura de la superficie exterior de la tubería [K]

$T_{S,2}$: Temperatura de la superficie exterior del aislamiento [K]

r_1 : Radio de la tubería [m]

r_2 : Radio del aislante [m]

h_{conv} : Coeficiente de transferencia de calor por convección [W/m² K]

T_a : Temperatura ambiental [K]

ϵ : Emisividad de la superficie (adimensional)

σ : Constante de Stefan-Boltzmann $5,67 \times 10^{-8}$ [W/m²K⁴]

Se seleccionó como aislante una manta de fibra de vidrio de 1 pulgada de espesor recubierta de lámina de aluminio de 1/64 de pulgada de espesor, las propiedades se las obtuvo de (Çengel, Transferencia de Calor y Masa, 2007).

Se sigue un proceso iterativo para el cálculo, se asume un valor para $T_{s,2}$ con el cual se calcula la temperatura de película mediante la Ecuación 38, con la Ecuación 39 se conoce el número de Rayleigh, para posteriormente estimar el número de Nusselt con la Ecuación 40, misma que está relacionada con la Ecuación 41 se puede obtener el coeficiente de transferencia de calor por convección.

Con estos valores se calcula el valor de $T_{s,2}$ con la Ecuación 46, si $T_{s,2}$ no es igual a la temperatura supuesta en la iteración, se reemplaza $T_{s,2}$ por otro valor y se repite el cálculo hasta que exista la convergencia de la temperatura entre el valor supuesto y el calculado.

Con el valor conocido de $T_{s,2}$ se obtienen las pérdidas de calor por convección mediante la ley de enfriamiento de Newton Ecuación 42, las pérdidas por radiación se calculan por la ley de Stefan-Boltzmann Ecuación 43.

Con el aislante se obtienen pérdidas de calor de 2200 W, en comparación a los 7567,37 W que se pierden al estar la tubería sin aislamiento, se disminuyen las pérdidas por este concepto del 29%, Reduciendo el gasto de combustible de 1,257 a 0,36 gal/hr.

4.5.2.2 Precalentador de aire

En la figura 18 se mostró la emanación de calor del centro la cara frontal de la caldera hacia el medio ambiente, esta pérdida está cuantificada en la sección 2.4.4 pérdidas de calor por convección y radiación.

Se identifica un potencial de direccionar ese calor emanado, hacia el aire de ingreso a la caldera con la finalidad de elevar los valores de los créditos de energía. Se realiza el análisis de masa y energía de volúmenes de control para

conocer la temperatura de la mezcla aire de ingreso (aire frío) con aire emanado de la caldera (aire caliente).

El balance de energía está dado por la ecuación:

ECUACIÓN 48 Balance de energía en cámara de mezclado

$$(\dot{m}_1 + \dot{m}_2)h_3 = \dot{m}_1h_1 + \dot{m}_2h_2$$

Donde:

\dot{m}_1 : Flujo másico de aire frío [kg/hr].

\dot{m}_2 : Flujo másico de aire caliente [kg/hr].

h_1 : Entalpía del aire frío [kJ/kg].

h_2 : Entalpía del aire caliente [kJ/kg].

h_3 : Entalpía de la mezcla de aire [kJ/kg].

Se obtiene el valor de h_3 y mediante la Ecuación 7 se calcula el valor de la temperatura de la mezcla de aire frío y caliente. La temperatura calculada es de 81,35° C, En el anexo 4 se muestra el esquema del precalentador de aire.

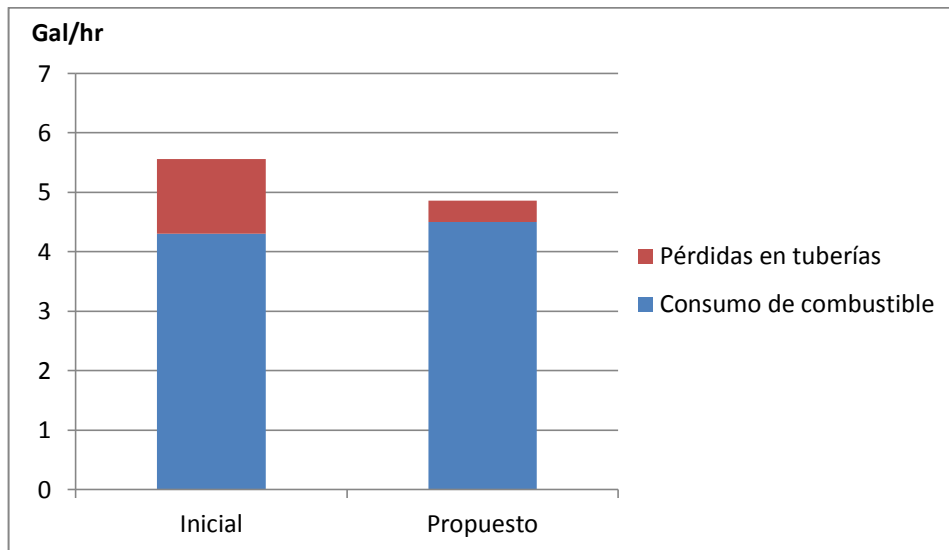
4.5.2.3 Aislamiento de puntos calientes

En la figura 17 y 18 se muestra puntos calientes que son causantes de valores considerables de pérdidas de calor por convección y radiación, para mitigar los efectos se propone aislar con mantas de fibra de vidrio (2 pulgadas) recubierta de lámina de aluminio, para obtener temperaturas similares a las del resto de la caldera. El proceso de cálculo es el mismo modelo descrito en la sección 4.5.2.1, Se estima que con el revestimiento se disminuyen estas pérdidas en 5,97%.

Con las mejoras propuestas se obtiene según el cálculo una eficiencia del generador de vapor de 67,67% que representa una mejora del 3% respecto al valor inicial calculado. En la figura 21 se muestra el gráfico de consumo de combustible por la caldera y por las pérdidas de calor por convección y radiación en tuberías

de transporte de vapor, antes del análisis de mejora y el que se espera ahorrar con la presente propuesta.

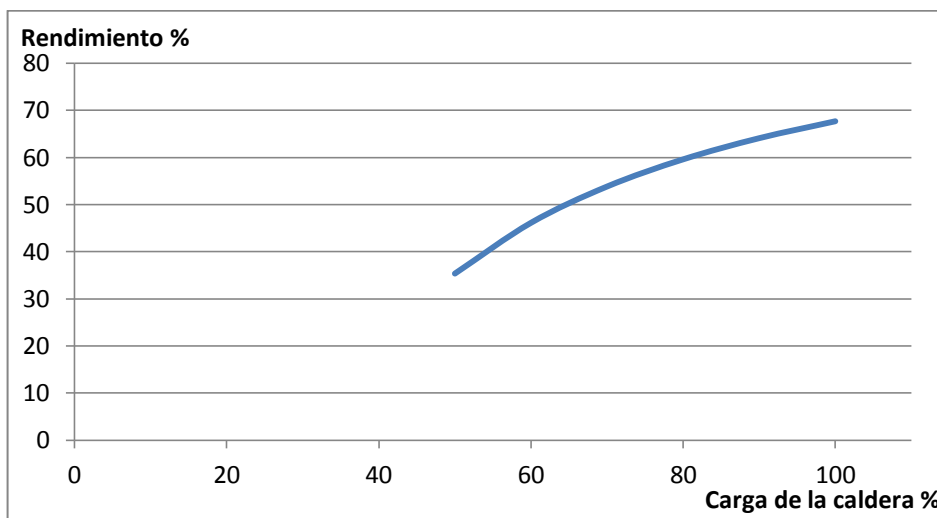
FIGURA 21 Combustible consumido por la cadera y por pérdidas en tuberías



Fuente: Héctor Villacís Salazar

En la figura 22 se muestra la gráfica de la eficiencia energética obtenida según la carga del generador de vapor, con la finalidad de determinar la carga óptima de trabajo. Se observa que el mayor rendimiento de la caldera se produce con la carga de la caldera al 100%.

FIGURA 22 Rendimiento de la caldera en función de la carga



Fuente: Héctor Villacís Salazar

4.5.2.4 Mejoras en la operación de la caldera

Se expuso en la sección 3.2, que los valores de dureza del agua de abastecimiento del generador de vapor son muy altos, causando pérdidas de energía de calor producto de incrustaciones en la superficie de calefacción, por el efecto aislante que éstas tienen. La cantidad de calor no aprovechado dependerá del espesor de la acumulación de las incrustaciones, esto se verá reflejado en el consumo extra de combustible que se requiere para producir vapor en la caldera. En la tabla 19 se muestra la relación de éste fenómeno.

Realizar la limpieza de la superficie de calefacción del generador de vapor y la calibración del quemador de combustible, puesto que una vez realizada la limpieza se requerirá de menos combustible al ya no contar con las incrustaciones que tienen un efecto de aislante al interior de la caldera. Una vez operativa habrá que realizar nuevamente el proceso de medición y calcular la eficiencia energética. El presupuesto de éstas mejoras se encuentran detalladas en el anexo 5.

TABLA 19 Pérdidas de energía debido a incrustaciones

Espesor de incrustación [in]	Consumo extra de combustible [%]
1/32	8,5
1/25	9,3
1/20	11,1
1/16	12,4
1/4	25
3/8	40
1/2	55

Fuente: (Andrade, 2005)

4.5.3 Monitoreo y control

4.5.3.1 Recolección de datos

Una vez realizadas las mejoras es importante controlar que no existan desviaciones en la operación del generador de vapor, dicho control viene dado por las mediciones rutinarias en los parámetros operacionales básicos como el flujo de

combustible, horas utilizadas de la caldera, temperatura y flujo de abastecimiento de agua, flujo de puga continua, temperatura y presión del vapor.

Trimestralmente se recomienda realizar análisis de agua para controlar la dureza y el pH para prevenir que no se formen incrustaciones, así como también las temperaturas superficiales en la caldera y línea de transporte de vapor para monitorear que no existan pérdidas significativas por convección y radiación.

Semestralmente realizar medición de gases de escape y material particulado para tener un control de que no se esté excediendo los límites de emisiones, controlar que no existan anomalías en la combustión y pérdidas de calor por gases.

4.5.3.2 Tratamiento de datos y control

Estos datos se los llevará en registros de control con la periodicidad recomendada y establecidos por el área de mantenimiento de la Hostería El Surillal, con los cuales se realizarán gráficas o histogramas de consumo y parámetros en los que se pueda detectar con facilidad alguna desviación significativa para aplicar los correctivos necesarios. Además, semestralmente se calculará con el modelo presentado en la presente investigación la eficiencia energética de la caldera y pérdidas en la línea de transporte de vapor. En base a los resultados se trazarán nuevos objetivos que contribuyan a la mejora continua y al uso racional y eficiente de la energía.

En la tabla 20 se muestra el resumen de actividades de medición y control y su periodicidad.

TABLA 20 Resumen de actividades de medición y control

Actividad	Parámetro	Unidad	Periodo
Medición	Consumo de combustible	gal/hr	Diario
	Ciclo de uso de la caldera	hr/día	Diario
	Temperatura de agua de abastecimiento	°C	Diario
	Flujo de agua de abastecimiento	m ³ /hr	Diario
	Flujo de purga continua	m ³ /hr	Diario
	Temperatura de vapor	°C	Diario
	Presión de vapor	PSI	Diario
	Análisis de dureza de agua	ppm	Trimestral
	Análisis de pH del agua		Trimestral
	Temperatura superficial de la caldera y línea de transporte de vapor	°C	Trimestral
	Análisis de gases de escape	%	Semestral
	Análisis de material particulado	ppm	Semestral
	Control	Cálculo de eficiencia energética	%
Acciones correctivas, no conformidades			Semestral
Planteamiento de oportunidades de mejora			Semestral

Fuente: Héctor Villacís Salazar

4.6 Evaluación económica de la propuesta

Para evaluar si la propuesta de mejora planteada es económicamente rentable se lo realiza mediante el cálculo del período de recuperación de la inversión (PRI), el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

Para éste análisis económico se consideró el ahorro en combustible que se esperaría obtener con las mejoras propuestas. Se detalla en la tabla 21 el presupuesto de inversión de servicio y equipos a instalarse.

TABLA 21 Presupuesto de equipos y servicios

Cantidad	Elementos	Valor/Unit,	Valor/Total
1	LIMPIEZA DE INCRUSTACIONES EN SUPERFICIE DE CALEFACCIÓN DE CALDERA DE 15 BHP	1050,00	1050,00
2	AISLAMIENTO TERMICO BRIDA DIAMETRO 9 in, FIBRA e= 2in, Y CUBIERTA DE ALUMINIO e= 1/64 in,	35,00	70,00
1	ABLANDADOR DE AGUA MARCA SHANDONG HUAYUAN BOILER 2m ³ /hr,	1890,00	1890,00
61,61	AISLAMIENTO TERMICO DIAMETRO 1 1/2 in, FIBRA e= 1 in, Y CUBIERTA DE ALUMINIO e= 1/64 in,	14,50	893,35
1	DUCTO DE TRANSPORTE DE AIRE CALIENTE DIAMETRO 1 ½ ASTM A105 Gr B LONG, 3,7 INCLUYE AISLAMIENTO TERMICO,	203,65	203,65
	SUBTOTAL		4007,00
	IVA 12 %		480,84
	TOTAL		4487,84

Fuente: Héctor Villacís Salazar

4.6.1 Periodo de recuperación de la inversión PRI

El periodo de recuperación se usa para medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial, se calcula por la siguiente relación. (Vaquiro, 2013)

ECUACIÓN 49 Periodo de recuperación PRI

$$PRI = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ingresos esperados}}$$

Se realizó el cálculo de los ingresos esperados con la eficiencia a obtener con las mejoras propuestas y se consideró un gasto adicional de combustible debido a las incrustaciones en la zona de calefacción producida por la alta dureza del agua de abastecimiento del 9,3%. Con lo que se estima que la inversión se recuperaría en 3,4 años.

4.6.2 Valor actual neto VAN

El VAN permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (mediante una tasa) todos los futuros flujos de caja del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, como se muestra en la ecuación siguiente: (Puga, s.f.)

ECUACIÓN 50 Valor actual neto VAN

$$VAN = -I + \sum_{i=0}^{i=n} \frac{FC}{(1+d)^i}$$

Donde:

I: Inversión propuesta en mejoras

FC: Flujo de caja

d: Tasa de descuento

i: Número de periodos del análisis

Se usó para el cálculo una tasa de descuento del 10%, con un periodo de análisis de 5 años con lo cual se obtuvo un valor del VAN de 258,94, siendo el valor positivo lo que indica que el proyecto es factible.

4.6.3 Tasa interna de retorno TIR

Se denomina tasa interna de retorno a la tasa de descuento que hace que el valor actual neto de una inversión sea igual a cero, se calcula por la siguiente expresión. (Puga, s.f.)

ECUACIÓN 51 Tasa interna de retorno TIR

$$0 = \sum_{i=0}^{i=n} FF_i * \frac{1}{(1+d)^i}$$

Con las mismas consideraciones usadas en el acápite anterior el valor de TIR es del 12%, lo cual es mayor a la tasa de descuento, lo que muestra que el proyecto es factible.

CONCLUSIONES

- Se determinó por medio de las mediciones realizadas y el proceso de cálculo descrito por el código ASME PTC 4 2008, la eficiencia del generador de vapor del 65,61% y las pérdidas de calor en la línea de transporte son de 25819,67 Btu/hr que corresponden a que por este concepto se pierdan 1,257 gal/hr de combustible.
- Con la evaluación se determinaron las pérdidas de energía térmica que ascienden a 263507,34 Btu/hr, de los cuales 234508,18 Btu/hr corresponden a pérdidas por gases secos, que se deben al alto contenido de dureza del agua que forman incrustaciones en la zona de calefacción. El segundo consumidor energético en pérdidas son las relacionadas a la convección y radiación con un valor de 19692,7 Btu/hr que se producen en zonas donde no existe aislante térmico en el cuerpo de la caldera.
- Se propuso un plan de mejoras basado en los lineamientos en la gestión energética de la norma NTE INEN-ISO 50001:2012, con el cual se alcanza una eficiencia del 67,67% que representa una mejora del 3% respecto al valor inicial calculado. Disminuyendo las pérdidas de energía del generador de vapor en un 5,97% y en un 29% en la línea de transporte de vapor reduciendo el gasto de combustible de 1,257 a 0,36 gal/hr.
- En la evaluación económica de la propuesta, se obtuvo un periodo de recuperación de la inversión considerable de 3,4 años, debido a que para mitigar las pérdidas de calor ocasionadas por las incrustaciones en la zona de calefacción es preciso realizar una limpieza, complementariamente para evitar este fenómeno a futuro es necesario se instale un ablandador que disminuya la dureza del agua de abastecimiento de la caldera. Estas dos

acciones son las de mayor valor económico que aportarían una disminución en el consumo de combustible en un 9,3% adicionalmente se espera que dupliquen la vida útil del generador de vapor.

RECOMENDACIONES

- Para mejorar la apreciación de las mediciones se recomienda la instalación de un horómetro para cuantificar la horas de uso de la caldera y un caudalímetro para medir el gasto de combustible, que son dos de los parámetros que se deben registrar a diario según el plan de mejoramiento energético propuesto.
- Por el tiempo de uso de la línea de transporte de vapor y al estar expuesta al medio ambiente se notó que presenta indicios de corrosión, por lo que para evitar accidentes se recomienda realizar una medición de espesores mediante ultrasonido en las paredes de la tubería en los puntos con mayor afectación.
- Se recomienda planificar una limpieza en las superficies internas de los intercambiadores de calor debido a que por ellos pasan como fluido frío el agua de la misma fuente usada en el abastecimiento de la caldera.

BIBLIOGRAFÍA

- EcuRed*. (2014). Recuperado el 16 de julio de 2017, de https://www.ecured.cu/Observaci%C3%B3n_cient%C3%ADfica
- Andrade, A. (2005). *Mantenimiento Preventivo para Calderas y Circuitos de Refrigeración en Función del Tratamiento del Agua de Alimentación (Tesis de Pregrado)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Arpi, C., & Salazar, V. (2016). *Implementación Inicial de un Sistema de Gestión de Uso de Energía en un Hospital Público del Ecuador. (Tesis de Maestría)*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- ASME PTC 4. (2008). *Performance Test Code, Fired Steam Generators*. New York, United States of America: The American Society of Mechanical Engineers.
- Bluedorn, H. (1995). *Una Introducción a la Lógica Inductiva y a la Deductiva*. Recuperado el 17 de julio de 2017, de https://www.contra-mundum.org/castellano/bluedorn/Met_Razonamiento.pdf
- Cárdenas, B. (2017). *Auditoría Energética de las Instalaciones de la Empresa Ecuatoriana de Artefactos S.A. "Ecasa". (Tesis de Maestría)*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Carvajal, P., & Orbe, A. (2013). *Olade*. Recuperado el 28 de Junio de 2017, de Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00131.pdf>
- Çengel, Y. (2007). *Transferencia de Calor y Masa* (Tercera ed.). México: McGraw-Hill.
- Çengel, Y. (2012). *Termodinámica* (Séptima ed.). México: McGraw-Hill.
- Dávila, R., & Espiniza, S. (2005). *Diagnóstico Energético del Hospital General de las Fuerzas Armadas No. 1 (Tesis de Pregrado)*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- De Laire, M. (Diciembre de 2013). *Agencia Chilena de Eficincia Energética*. Recuperado el 07 de Octubre de 2017, de Guía de Implementación se Sistema de Gestión de la Energía Basada en ISO 50001: <http://www.gestionaenergia.cl/pdf/ISO50001.pdf>
- Dufresne, V. (2013). *Diseño de programas de Eficiencia Energética* (Vol. Guía C). Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.

- Espinoza, S. (2016). *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de la República del Ecuador, 2016*. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables INER. Santiago: Naciones Unidas.
- Fenosa, G. N. (6 de Mayo de 2016). *Soluciones de ahorro energético para empresas*. Recuperado el 24 de Agosto de 2017, de Calderas industriales: las claves de la eficiencia:
<http://www.empresaeiciente.com/blog/calderas-industriales-las-claves-de-la-eficiencia/>
- Flores, L. (2016). *Diagnóstico del Consumo de Energía Eléctrica en la Empresa de Fabricación de Helados Kedely de la Ciudad de Quito Durante el Año 2015. Diseño de un Plan de Mejoras en la Gestión Energética para el Portador Eléctrico (Tesis de Maestría)*. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica del Cotopaxi.
- Fluke. (2017). *Catálogo de productos [Tabla]*. Recuperado el 17 de 07 de 2017, de <http://www.fluke.com/Fluke/eces/termometros/termometros-por-infrarrojos/Fluke-561.htm?PID=56089>
- Hernández, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. México DF: McGRAW-HILL.
- Incropera, F., & DeWitt, D. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor* (Cuarta ed.). México: Pearson.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2012). *Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. Norma NTE INEN-ISO 50001:2012*. Quito, Ecuador.
- Leiro, I. (2014). *Recuperación y revalorización del calor residual de un motor alternativo para producción de frío*. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid.
- Melo, F. (2006). *Diagnóstico Energético en el Edificio Principal de la Empresa Eléctrica Quito (Tesis de Pregrado)*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Mera, Z. (2015). *Estudio y Análisis de Eficiencia Energética del Sistema Térmico del Hospital IESS - Ibarra (Tesis de Maestría)*. Sangolquí, Ecuador: ESPE.
- Monteagudo, J., & Gaitan, O. (Diciembre de 2005). *Scientia et technica*. Recuperado el 25 de Junio de 2017, de Universidad Tecnológica de Pereira:
<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6639/3911>

- Oelker, A. (s.f.). *Tratamiento de Agua para Calderas*. Recuperado el 20 de 08 de 2017, de Thermal Engineering:
<http://norese.com/publicaciones/Tratamiento%20Agua%20Calderas.pdf>
- Palacios, J. (2009). *Auditoría Energética de la Caldera y el Sistema de Distribución de Vapor de la Planta de Elaborados y Embutidos de Pronaca (Tesis de Pregrado)*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Pérez, R. (2012). *Validación de los métodos de ensayo de poder calórico, viscosidad Saybolt y contenido de gomas en crudo y sus derivados en el área de petróleos del DPEC (Tesis de Pregrado)*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Poveda, M. (08 de 2007). *Eficiencia Energética: Recurso no Aprovechado*. Recuperado el 18 de 06 de 2017, de Olade:
<http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0054.pdf>
- Puga, M. (s.f.). *Universidad Arturo Prat del Estado de Chile*. Recuperado el 10 de 09 de 2017, de Fundamentos Básicos de Finanzas:
<http://www.mpuga.com/docencia/Fundamentos%20de%20Finanzas/Van%20y%20Tir%202011.pdf>
- Ramírez, L. (2004). *Funlam*. Recuperado el 27 de Junio de 2017, de Fundación Universitaria Luis Amigó:
<http://virtual.funlam.edu.co/repositorio/sites/default/files/repositorioarchivos/2011/02/0008paradigmasymodelos.771.pdf>
- República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Recuperado el 25 de 06 de 2017, de
http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/leytransparencia/literal_a/normasderegulacion/constitucion_republica_ecuador_2008.pdf
- Rincón, E. (2013). *Desarrollo de Herramienta de Cálculo Para la Eficiencia de las Calderas Generadoras de Vapor (Tesis de Pregrado)*. Maracaibo, Venezuela: Universidad Rafael Urdaneta.
- Secretaría del Medio Ambiente. (03 de Octubre de 2016). *Norma Técnica para Emisiones a la Atmósfera de Fuentes Fijas (NT001)*. Recuperado el 24 de 08 de 2017, de Distrito Metropolitano de Quito:
http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/1.%20ORDENANZA_METROPOLITANA_QUE_ESTABLECE_EL_SISTEMA_D_871.pdf
- Taipe, W. (2016). *Evaluación Energética Industrial de las Instalaciones Textiles de Delltex Industrial S.A. Planta Cumbayá Aplicando la Norma INEN-ISO 50001:2012 (Tesis de Maestría)*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.

Testo. (2008). *Soluciones de medición para emisiones, servicio y procesos térmicos [TABLA]*. Recuperado el 18 de julio de 2017, de <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwixrJb6yKfVAhUSgCYKHe3EDZgQFggkMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.aplicacionesenergeticas.es%2Fapp%2Fdownload%2F5779727741%2FCATALOGO%2BTESTO%2BEMISIONES.pdf&usg=AFQjCNH6FH>

Vaquiroy, J. (05 de Diciembre de 2013). *Pymesfuturo*. Recuperado el 10 de 09 de 2017, de Periodo de la recuperación de la inversión: http://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_md/pos/AN/PI/AM/10/Periodo.pdf

Villanueva, T. (2013). *Ente Regional de la Energía de Castilla y León*. Castilla y León: Junta de Castilla y León.

ANEXOS

**ANEXO 1 – CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS
EQUIPOS DE MEDICIÓN**

Analizador portátil de gases

	Tipo de Documento		Código del Documento	
	FORMATO / REGISTRO			IT/01/PE/IPGM/04/F03
	Título del Documento			
	Revisión	Fecha de Vigencia	Páginas	
	01	31/03/2012	1 de 1	

INFORMACIÓN GENERAL

EQUIPO		DATOS	
Equipo:	Medidor de Gas Portátil	Fecha de calibración:	10/11/2016
Código:	EI/IPGM/06	Fecha próxima calibración:	10/11/2017
Marca:	TESTO	Método de Calibración:	IT.01.PE.IPGM.04
Modelo o tipo:	350-S/XL	Certificado No:	04
Serie:	2135037		

CONDICIONES DE CALIBRACION

Temperatura Ambiente		Humedad Relativa	
Valor máximo (°C)	22,3	Valor máximo (%)	50
Valor mínimo (°C)	21,8	Valor mínimo (%)	48

MATERIAL DE REFERENCIA EMPLEADO EN LA CALIBRACION

PARÁMETRO	Lote	Fecha de elaboración	Fecha de expiración	Concentración (ppm) ó (%)	Incertidumbre (+/-)
CO (ppm)	LL170558	21/07/2013	21/03/2016	50,00	0,7
	CC424239	19/03/2014	19/03/2017	500,00	5,0
	LL170542	24/07/2013	24/07/2021	1200,00	10,0
SO2 (ppm)	LL170558	21/07/2013	21/03/2016	50,00	0,9
	CC424239	19/03/2014	19/03/2017	500,00	5,0
	LL170542	24/07/2013	24/07/2021	1200,00	6,0
NO (ppm)	LL170558	21/07/2013	21/03/2016	50,00	1,2
	CC424239	19/03/2014	19/03/2017	500,00	5,0
	LL170542	24/07/2013	24/07/2021	1200,00	6,0
NO2 (ppm)	FF23235	11/04/2015	11/04/2018	29,60	0,3
	D203041	11/04/2015	11/04/2017	79,50	1,6
	D203037	14/01/2015	14/01/2017	144,90	2,9
O2 (%)	CC438989	22/10/2013	22/10/2021	2,00	0,1
	CC421434	02/05/2014	02/05/2022	15,00	0,4
	CC438993	22/10/2013	22/10/2021	18,00	0,5

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

GAS	RANGO DE ENSAYO LECTURAS PROMEDIOS	U% CALIBRACIÓN	ERROR
CO (ppm)	51	5,3	0,80
	497	2,1	2,60
	1225	1,2	25,00
NO (ppm)	50	4,5	0,00
	488	1,5	12,00
	1183	2,1	17,20
O2 (%)	2	2,63	0,04
	15	2,67	0,09
	18	2,78	0,08
SO2 (ppm)	52	2,9	2,20
	494	1,2	5,60
	1192	0,6	7,60
NO2 (ppm)	30	1,3	0,60
	81	2,1	1,04
	150	2,0	4,94

Este documento certifica que el **MEDIDOR DE GAS PORTATIL**, marca: TESTO, modelo:350 S/XL, serie: **2135037**, código: EI/IPGM/06, se **APRUEBA EN EL RANGO ENSAYADO**.

* Este certificado solo afecta al ítem sometido al ensayo.

* Prohibida la reproducción total o parcial, del certificado, sin la aprobación escrita del laboratorio.



Ing. Frank Arciniega
Director Técnico
IPGMSERVICIOS AMBIENTALES CIA. LTDA.



**LABORATORIO NACIONAL DE METROLOGÍA
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
DIVISIÓN TEMPERATURA HUMEDAD Y ENERGÍA**

Laboratorio de Temperatura

Número de certificado: LNM-T-2016-150
Fecha de Calibración: 2016-05-30

Adhesivo N°: 12087

Instrumento de Medida: Sistema termométrico con sensor de inmersión

LECTOR

Marca: CLEAN AIR
Modelo o Tipo: EXPRESS CATECO
Serie: 0028-091311-1
Intervalo de Medida: (32 a 1292) °F
(0 a 700) °C
División de escala: 1 °F
0,56 °C

SENSOR

Marca: *****
Modelo: *****
Tipo: K
Serie: *****
Intervalo de Medida: (32 a 1112) °F
(0 a 600) °C

Código de Identificación: EI/IPGM/07
Localización: *****

Código ID: DGM INLET
Adhesivo N°: 12088

Propietario: IPGM Servicios Ambientales Cia. Ltda.

Dirección: Quito, Orellana E2-08 y Av. 10 de agosto, Edf. CID, of.203

Observaciones: *****

El Servicio Ecuatoriano de Normalización, realizó en el Laboratorio del LNM, la calibración del instrumento arriba descrito, utilizando Patrones de referencia trazables a la unidad de Temperatura del Sistema Internacional de Unidades, SI, y al patrón nacional, pertenecientes al Laboratorio Nacional de Metrología.

La calibración fue realizada bajo un Sistema de Gestión de la Calidad conforme con la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006.

Los resultados de la calibración y su incertidumbre se exponen en las páginas siguientes y son parte de este documento, además se refieren al momento y condiciones en que se realizó la calibración.

El LNM no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento calibrado.

Es responsabilidad del cliente establecer la fecha de una nueva calibración del instrumento. El tiempo de validez de los resultados contenidos en éste Certificado, depende tanto de las características del instrumento como de las prácticas de manejo y uso.

El usuario está obligado a tener el instrumento recalibrado en intervalos apropiados.

El presente certificado de calibración certifica los valores obtenidos expresados como los resultados de las calibraciones y no constituye un certificado de aptitud para el uso del patrón, instrumento o equipo.

Este documento no significa certificación de calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios. Prohibida su reproducción parcial, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección Ejecutiva.

Fecha de emisión: 2016-05-31


Ing. Edison Córdor

Coordinador de la División Temperatura, Humedad y Energía.



Servicio
Ecuatoriano
de Normalización



LABORATORIO NACIONAL DE METROLOGÍA CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DIVISIÓN TEMPERATURA HUMEDAD Y ENERGÍA

Laboratorio de Temperatura

Número de certificado : LNM-T-2016-151

Adhesivo N° : 12087

Fecha de Calibración : 2016-05-30

Instrumento de Medida : Sistema termométrico con sensor de inmersión

LECTOR

Marca : CLEAN AIR

Modelo o Tipo : EXPRESS CATECO

Serie : 0028-091311-1

Intervalo de Medida : (32 a 1292) °F

(0 a 700) °C

División de escala : 1 °F

0,56 °C

Código de Identificación : EI/IPGM/07

Localización : *****

Propietario : IPGM Servicios Ambientales Cia. Ltda.

Dirección : Quito, Orellana E2-08 y Av. 10 de agosto, Edf. CID, of.203

Observaciones : *****

SENSOR

Marca : *****

Modelo : *****

Tipo : K

Serie : *****

Intervalo de Medida : (32 a 1112) °F

(0 a 600) °C

Código ID : DGM OUTLET

Adhesivo N° : 12089

El Servicio Ecuatoriano de Normalización, realizó en el Laboratorio del LNM, la calibración del instrumento arriba descrito, utilizando Patrones de referencia trazables a la unidad de Temperatura del Sistema Internacional de Unidades, SI, y al patrón nacional, pertenecientes al Laboratorio Nacional de Metrología.

La calibración fue realizada bajo un Sistema de Gestión de la Calidad conforme con la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006.

Los resultados de la calibración y su incertidumbre se exponen en las páginas siguientes y son parte de este documento, además se refieren al momento y condiciones en que se realizó la calibración.

El LNM no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento calibrado.

Es responsabilidad del cliente establecer la fecha de una nueva calibración del instrumento. El tiempo de validez de los resultados contenidos en éste Certificado, depende tanto de las características del instrumento como de las prácticas de manejo y uso.

El usuario está obligado a tener el instrumento recalibrado en intervalos apropiados.

El presente certificado de calibración certifica los valores obtenidos expresados como los resultados de las calibraciones y no constituye un certificado de aptitud para el uso del patrón, instrumento o equipo.

Este documento no significa certificación de calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios. Prohibida su reproducción parcial, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección Ejecutiva.

Fecha de emisión: 2016-05-31

Ing. Edison Córdor

Coordinador de la División Temperatura, Humedad y Energía.

Autopista "General Rumiñahui, Sector Conocoto, puente peatonal No. 5"

Teléfono: (593-02) 2343358

www.normalizacion.gob.ec

Página 1 de 2

LNM FC 25-10 (2015-12-15)



Servicio
Ecuatoriano
de Normalización



LABORATORIO NACIONAL DE METROLOGÍA CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

DIVISIÓN TEMPERATURA HUMEDAD Y ENERGÍA

Laboratorio de Temperatura

Número de certificado: : LNM-T-2016-152

Adhesivo N° : 12087

Fecha de Calibración : 2016-05-30

Instrumento de Medida : Sistema termométrico con sensor de inmersión

LECTOR

Marca : CLEAN AIR

Modelo o Tipo : EXPRESS CAATECO

Serie : 0028-091311-1

Intervalo de Medida : (32 a 1292) °F

(0 a 700) °C

División de escala : 1 °F

0,56 °C

Código de Identificación : EI/IPGM/07

Localización : *****

SENSOR

Marca : *****

Modelo : *****

Tipo : K

Serie : *****

Intervalo de Medida : (32 a 1112) °F

(0 a 600) °C

Código ID : PORTA FILTROS

Adhesivo N° : 12090

Propietario : IPGM Servicios Ambientales Cia. Ltda.

Dirección : Quito, Orellana E2-08 y Av. 10 de agosto, Edf. CID, of.203

Observaciones : *****

El Servicio Ecuatoriano de Normalización, realizó en el Laboratorio del LNM, la calibración del instrumento arriba descrito, utilizando Patrones de referencia trazables a la unidad de Temperatura del Sistema Internacional de Unidades, SI, y al patrón nacional, pertenecientes al Laboratorio Nacional de Metrología.

La calibración fue realizada bajo un Sistema de Gestión de la Calidad conforme con la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006.

Los resultados de la calibración y su incertidumbre se exponen en las páginas siguientes y son parte de este documento, además se refieren al momento y condiciones en que se realizó la calibración.

El LNM no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento calibrado.

Es responsabilidad del cliente establecer la fecha de una nueva calibración del instrumento. El tiempo de validez de los resultados contenidos en éste Certificado, depende tanto de las características del instrumento como de las prácticas de manejo y uso.

El usuario está obligado a tener el instrumento recalibrado en intervalos apropiados.

El presente certificado de calibración certifica los valores obtenidos expresados como los resultados de las calibraciones y no constituye un certificado de aptitud para el uso del patrón, instrumento o equipo.

Este documento no significa certificación de calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios. Prohibida su reproducción parcial, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección Ejecutiva.

Fecha de emisión: 2016-05-31

Ing. Edison Córdor

Coordinador de la División Temperatura, Humedad y Energía.

Autopista "General Rumiñahui, Sector Conocoto, puente peatonal No. 5"

Teléfono: (593-02) 2343358

www.normalizacion.gob.ec



LABORATORIO NACIONAL DE METROLOGÍA
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
DIVISIÓN TEMPERATURA HUMEDAD Y ENERGÍA
Laboratorio de Temperatura

Número de certificado : LNM-T-2016-153 Adhesivo N° : 12087
Fecha de Calibración : 2016-05-30

Instrumento de Medida : Sistema termométrico con sensor de inmersión

LECTOR		SENSOR	
Marca :	CLEAN AIR	Marca :	*****
Modelo o Tipo :	EXPRESS CAATECO	Modelo :	*****
Serie :	0028-091311-1	Tipo :	K
Intervalo de Medida :	(32 a 1292) °F	Serie :	*****
	(0 a 700) °C	Intervalo de Medida :	(32 a 1112) °F
División de escala :	1 °F		(0 a 600) °C
	0,56 °C	Código ID :	STACK
Código de Identificación :	EI/IPGM/07	Adhesivo N° :	12091
Localización :	*****		

Propietario : IPGM Servicios Ambientales Cia. Ltda.

Dirección : Quito, Orellana E2-08 y Av. 10 de agosto, Edf. CID, of.203

Observaciones : *****

El Servicio Ecuatoriano de Normalización, realizó en el Laboratorio del LNM, la calibración del instrumento arriba descrito, utilizando Patrones de referencia trazables a la unidad de Temperatura del Sistema Internacional de Unidades, SI, y al patrón nacional, pertenecientes al Laboratorio Nacional de Metrología.

La calibración fue realizada bajo un Sistema de Gestión de la Calidad conforme con la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006.

Los resultados de la calibración y su incertidumbre se exponen en las páginas siguientes y son parte de este documento, además se refieren al momento y condiciones en que se realizó la calibración.

El LNM no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento calibrado.

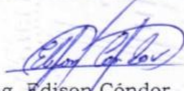
Es responsabilidad del cliente establecer la fecha de una nueva calibración del instrumento. El tiempo de validez de los resultados contenidos en éste Certificado, depende tanto de las características del instrumento como de las prácticas de manejo y uso.

El usuario está obligado a tener el instrumento recalibrado en intervalos apropiados.

El presente certificado de calibración certifica los valores obtenidos expresados como los resultados de las calibraciones y no constituye un certificado de aptitud para el uso del patrón, instrumento o equipo.

Este documento no significa certificación de calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios. Prohibida su reproducción parcial, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección Ejecutiva.

Fecha de emisión: 2016-05-31


Ing. Edison Córdor

Coordinador de la División Temperatura, Humedad y Energía.



LABORATORIO NACIONAL DE METROLOGÍA CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

DIVISIÓN TEMPERATURA HUMEDAD Y ENERGÍA

Laboratorio de Temperatura

Número de certificado : LNM-T-2016-154

Adhesivo N° : 12087

Fecha de Calibración : 2016-05-30

Instrumento de Medida : Sistema termométrico con sensor de inmersión

LECTOR

Marca : CLEAN AIR

Modelo o Tipo : EXPRESS CAATECO

Serie : 0028-091311-1

Intervalo de Medida : (32 a 1292) °F

(0 a 700) °C

División de escala : 1 °F

0,56 °C

Código de Identificación : EI/IPGM/07

Localización : *****

Propietario : IPGM Servicios Ambientales Cia. Ltda.

Dirección : Quito, Orellana E2-08 y Av. 10 de agosto, Edf. CID, of.203

Observaciones : *****

SENSOR

Marca : *****

Modelo : *****

Tipo : K

Serie : *****

Intervalo de Medida : (32 a 1112) °F

(0 a 600) °C

Código ID : IMP. OUTLET

Adhesivo N° : 12092

El Servicio Ecuatoriano de Normalización, realizó en el Laboratorio del LNM, la calibración del instrumento arriba descrito, utilizando Patrones de referencia trazables a la unidad de Temperatura del Sistema Internacional de Unidades, SI, y al patrón nacional, pertenecientes al Laboratorio Nacional de Metrología.

La calibración fue realizada bajo un Sistema de Gestión de la Calidad conforme con la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006.

Los resultados de la calibración y su incertidumbre se exponen en las páginas siguientes y son parte de este documento, además se refieren al momento y condiciones en que se realizó la calibración.

El LNM no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento calibrado.

Es responsabilidad del cliente establecer la fecha de una nueva calibración del instrumento. El tiempo de validez de los resultados contenidos en éste Certificado, depende tanto de las características del instrumento como de las prácticas de manejo y uso.

El usuario está obligado a tener el instrumento recalibrado en intervalos apropiados.

El presente certificado de calibración certifica los valores obtenidos expresados como los resultados de las calibraciones y no constituye un certificado de aptitud para el uso del patrón, instrumento o equipo.

Este documento no significa certificación de calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios. Prohibida su reproducción parcial, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección Ejecutiva.

Fecha de emisión: 2016-05-31

Ing. Edison Córdor






Coordinador de la División Temperatura, Humedad y Energía.

Autopista "General Rumiñahui, Sector Conocoto, puente peatonal No. 5"



Teléfono: (593-02) 2343358

www.normalizacion.gob.ec

Termohigrómetro

	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Ciudadela Guayaquil, calle 1era mz 21 solar 10 Guayaquil - Ecuador Pbx: 04-2282007 Fax: ext. 403 http://www.elicrom.com mail: ventas@elicrom.com				 Acreditación N° OAE LC C 10-009 LABORATORIO DE CALIBRACIÓN																															
	CERTIFICADO No:		M-2036-05-16																																	
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE																																				
EMPRESA:	IPGMSERVICIOS AMBIENTALES CIA. LTDA.																																			
DIRECCIÓN:	CRISTOBAL DE ACUNA OE1 53 Y AV 10 DE AGOSTO																																			
TELÉFONO:	42566268																																			
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO																																				
EQUIPO:	TERMOHIGROMETRO	UNIDAD DE MEDIDA TEMPERATURA:	°C																																	
MARCA:	TAYLOR	RESOLUCIÓN TEMPERATURA:	0,1																																	
MODELO/TIPO:	1523	RANGO TEMPERATURA:	(-10 a 50) °C																																	
SERIE:	NO ESPECIFICA	UNIDAD DE MEDIDA HUMEDAD:	%HR																																	
CÓDIGO DE CLIENTE:	EI / IPGM / 14	RESOLUCIÓN HUMEDAD:	1																																	
UBICACIÓN:	NO ESPECIFICA	RANGO HUMEDAD:	(20 a 99) %HR																																	
EQUIPOS UTILIZADOS																																				
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CAL.	PROX. CAL																														
EL.PT.039	CAMARA DE ESTABILIDAD	ELICROM	NO APLICA	NO APLICA	12-ago-16	12-ago-17																														
EL.PC.013	TERMOHIGROMETRO PATRON	VAISALA	MI70/HMP76B	H4510020/H4950006	06-feb.-15	06-feb.-17																														
EL.PT.365	TERMOHIGROMETRO	CENTER	342	140103655	02-abr-16	02-abr-17																														
CALIBRACIÓN																																				
MÉTODO:	COMPARACIÓN DIRECTA CON TERMOHIGRÓMETRO PATRÓN Y CÁMARA DE ESTABILIDAD																																			
PROCEDIMIENTO:	PEC.EL.04																																			
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LABORATORIO T.H. (ELICROM)																																			
TEMPERATURA MEDIA (°C):	23,5																																			
HUMEDAD MEDIA (%HR)	47,6																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unidad</th> <th>Patrón</th> <th>Equipo</th> <th>Corrección</th> <th>Incertidumbre</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura interna</td> <td>°C</td> <td>30,05</td> <td>29,9</td> <td>0,1</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Humedad 1</td> <td>%HR</td> <td>26,13</td> <td>29</td> <td>-3</td> <td>4,9</td> </tr> <tr> <td>Humedad 2</td> <td>%HR</td> <td>45,18</td> <td>49</td> <td>-4</td> <td>4,9</td> </tr> <tr> <td>Humedad 3</td> <td>%HR</td> <td>75,11</td> <td>78</td> <td>-3</td> <td>4,9</td> </tr> </tbody> </table>							Descripción	Unidad	Patrón	Equipo	Corrección	Incertidumbre	Temperatura interna	°C	30,05	29,9	0,1	1,0	Humedad 1	%HR	26,13	29	-3	4,9	Humedad 2	%HR	45,18	49	-4	4,9	Humedad 3	%HR	75,11	78	-3	4,9
Descripción	Unidad	Patrón	Equipo	Corrección	Incertidumbre																															
Temperatura interna	°C	30,05	29,9	0,1	1,0																															
Humedad 1	%HR	26,13	29	-3	4,9																															
Humedad 2	%HR	45,18	49	-4	4,9																															
Humedad 3	%HR	75,11	78	-3	4,9																															
OBSERVACIONES:																																				
<p>El cálculo de la incertidumbre expandida se realizó en base a la guía OAE G02 R01, multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura $k=2,00$, que para una distribución t (de Student) con $V_{eff} = \infty$ (grados efectivos de libertad) corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95,45%. La incertidumbre típica de medición se ha determinado conforme al documento EA-4/02. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento del ensayo.</p> <p>LAS CALIBRACIONES MARCADAS CON (*) NO ESTÁN INCLUIDAS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL SAE.</p> <p>SUPLEMENTO DE INFORME: 2036-05-16</p>																																				
CALIBRACIÓN REALIZADA POR:	Sergio Rodríguez																																			
FECHA CALIBRACIÓN:	2016-08-30																																			
	AUTORIZADO POR:				RECIBIDO POR:																															
	Ing. Sabino Pineda				RESPONSABLE - CLIENTE																															
	GERENTE TÉCNICO																																			

Indicador de temperatura

	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Ciudadela Guayaquil, calle 1era mz 21 solar 10 Guayaquil - Ecuador Pbx: 04-2282007 Fax ext. 403 http://www.elicrom.com mail: ventas@elicrom.com		 LABORATORIO DE CALIBRACION N° OAE LC C 10-009																															
	CERTIFICADO No: 1302-04-14																																	
IDENTIFICACION DEL CLIENTE																																		
EMPRESA:	CONSECCIME CIA LTDA																																	
DIRECCION:	PICHINCHA / QUITO / ALEMANIA E3-57 Y LAS GUAYANAS																																	
TELEFONO:	2270501																																	
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO																																		
EQUIPO:	TERMÓMETRO																																	
MARCA:	ASHCROFT																																	
MODELO/TIPO:	BIMETÁLICO																																	
CÓDIGO CLIENTE:	NO ESPECIFICA																																	
CÓDIGO ASIGNADO EN ELICROM:	EC-2014-2628																																	
UNIDAD DE MEDIDA:	°F																																	
RESOLUCIÓN:	2																																	
EQUIPOS UTILIZADOS																																		
CODIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CAL.	PROX. CAL.																												
EL.PT.125	BAÑO LIQUIDO	JULABO	FK30	10194905	21-dic-15	dic-16																												
EL.PT.251	BAÑO DE POZO LIQUIDO	POLY SCIENCE	PDIJHCAL	1A1340054	13-ene-15	ene-16																												
EL.PT.321	TERMOMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	5412	130614076	8-Oct-16	Oct-17																												
EL.PT.059	TERMOHGRÓMETRO	SPER SCIENTIFIC	800041	11060290-02	22-jul-15	ene-16																												
CALIBRACIÓN																																		
PROCEDIMIENTO:	PEC.EL03																																	
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LAB. ELICROM																																	
TEMPERATURA MEDIA °C:	23.8 °C																																	
HUMEDAD MEDIA %HR:	48% HR																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Temperatura Patrón</th> <th>Lectura Termómetro</th> <th>Corrección</th> <th>Incertidumbre</th> </tr> <tr> <th>°F</th> <th>°F</th> <th>°F</th> <th>°F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50,008</td> <td>50</td> <td>0</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>150,006</td> <td>150</td> <td>0</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>240,012</td> <td>240</td> <td>0</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>150,002</td> <td>150</td> <td>0</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>50,010</td> <td>50</td> <td>0</td> <td>1,2</td> </tr> </tbody> </table>							Temperatura Patrón	Lectura Termómetro	Corrección	Incertidumbre	°F	°F	°F	°F	50,008	50	0	1,2	150,006	150	0	1,2	240,012	240	0	1,2	150,002	150	0	1,2	50,010	50	0	1,2
Temperatura Patrón	Lectura Termómetro	Corrección	Incertidumbre																															
°F	°F	°F	°F																															
50,008	50	0	1,2																															
150,006	150	0	1,2																															
240,012	240	0	1,2																															
150,002	150	0	1,2																															
50,010	50	0	1,2																															
OBSERVACIONES																																		
El calculo de la incertidumbre expandida se realizó en base a la guía OAE G02 R00, multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura ($k=2$), que para una distribución de t de Student con ($\nu_{ef} = 66115$)grados efectivos de libertad corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica de medición se ha determinado conforme al documento EA 4/02 Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom Calibración El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento del ensayo																																		
CALIBRACION REALIZADA POR: Elson Guzmanano																																		
FECHA CALIBRACION	19-ago-16																																	
AUTORIZADO POR:			RECIBIDO POR:																															
Ing. Sabino Pineda																																		
GERENTE TECNICO			RESPONSABLE - CLIENTE																															

Manómetro analógico



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - PRESIÓN

Pág.: 1/2

Fecha Calibración: Inicio: 20 de octubre de 2016
Final: 20 de octubre de 2016

Reporte No.: DICO-LAB-16-1730-PI ✓

Solicitante: DICOALMACO

Dirección: Av. 10 de Agosto y Orellana

TRAZABILIDAD: El patrón utilizado en este procedimiento ha sido calibrado con instrumentos trazables a estándares internacionales

PROCEDIMIENTO: El procedimiento utilizado en la calibración ha sido desarrollado de acuerdo a requerimientos de la norma NTE/INEN ISO /IEC 17025:2006 con el código PTT-MLOGIC-DME.001 rev. 11

INCERTIDUMBRE: La incertidumbre de la calibración fue estimada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones" OAE G02 R00

NOTA: Este certificado solo aplica para el ítem identificado y únicamente se podrá reproducir en forma completa y con la aprobación escrita específica de METROLOGIC S.A.

Datos del Instrumento a Calibrarse:

Equipo: MANÓMETRO ANALÓGICO
 Marca: WIKA
 Tag: 16-450-03
 Serie: N/D.
 Rango: 0 a 100 psi 100 a 689.47 kPa
 Resolución: 10 psi
 Alcance: 100 psi 689.47 kPa
 Ubicación: N/D.

Condiciones Ambientales de Ensayo:

Temperatura: Inicio: 21.1 °C
 final: 21.3 °C
 Presión atm: 725.3 hPa
 Humedad Relativa: 50 %
 Medio de Prueba: ACEITE
 Lugar de Calibración: Laboratorio Metrologic S.A.

Patrón de Referencia utilizado:

Equipo: MANÓMETRO DIGITAL.
 Marca: MARTEL
 Modelo: BGPIR-PRO-01K
 Serie: 2589136
 Identificación: PTR-0108-DME-MLOGIC
 Exactitud: ± 0,05% DEL SPAN
 Rango: 0 A 100 psi
 Fecha de calibración: 30 de diciembre de 2015
 Número de certificado: METR-LAB-15-1634-PI

RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

No.	PRESIÓN NOMINAL		PATRÓN CORREGIDO		INSTR. A SER CALIBRADO				ERROR OBSERVADO EN INSTRUMENTO						HISTÉRESIS		
	Equivalencia		Equivalencia		Ascendente		Descendente		Ascend.			Descend.			Equivalencia		
	psi	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	kPa	%	psi	kPa	%	psi	kPa	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	25	172.36	25	172.36	25	172.36	25	172.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	50	344.73	50	344.73	50	344.73	50	344.73	-0.01	-0.07	0.00	-0.01	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
4	75	517.10	75	517.10	75	517.10	75	517.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	100	689.47	100	689.47	100	689.47	100	689.47	0.07	0.48	0.01	0.07	0.48	0.01	0.00	0.00	0.00

REPETIBILIDAD

Lecturas

50	50	50	50	50
344.73	344.73	344.73	344.73	344.73

psi
kPa

METROLOGIC S.A.

F-MC2301-05

17/08/2016

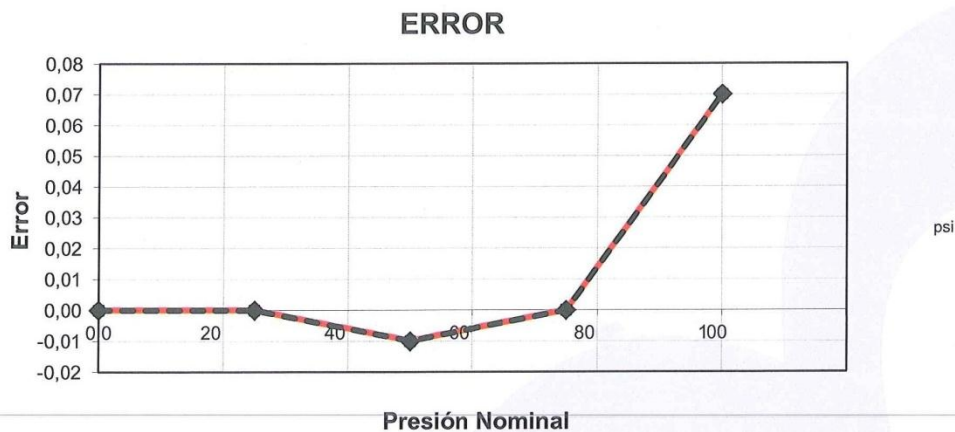
Quito: José Martínez N73-10 y Pasaje Escalinata (Sector Ponciano Alto) • Teléfono: 02-2800-254
 Telfs.: (593-2) 280-6222 / 248-3240 / 247-6535 / 280-0187 Fax: 280-7684 * E-mail: calibraciones@metrologic.com.ec
 El Coca: 06 2378 038 * 098 808 8316

Solicitante: DICOALMACO

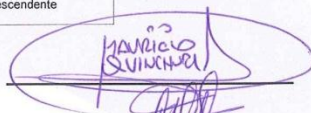
Reporte No.: DICO-LAB-16-1730-PI

	Error Absoluto				Error Porcentual	
Error Máximo de Observación	0,070	psi	0,483	kPa	0,007	%
Error Máximo por Histéresis	0,000	psi	0,000	kPa	0,000	%
Error Máximo en la Calibración (Compararse con tabla de clases indicada abajo)	0,070	psi	0,483	kPa	0,007	%
Incertidumbre (k=2, Confiabilidad 95.45%)	5,8	psi	40	kPa	0,58	%

USO DE MANÓMETROS SEGÚN SU CLASE	CLASE
1. Manómetros de exactitud para uso en Laboratorios y para Calibración de manómetros de menor exactitud	0,2 0,25 0,4 0,5 0,6
2. Manómetros de procesos (máquinarias y equipos)	1 2,5
3. Manómetros sin exigencia especial de exactitud	4 5



CALBRADO POR: Ing. Mauricio Quinchuela
Técnico Calibración

FIRMA: 

REVISADO POR: Ing. Stalin Trelles
Director Técnico Laboratorio

FIRMA: 

METROLOGIC S.A.

110

C.M.E.E.

CENTRO DE METROLOGÍA DEL EJÉRCITO
LABORATORIO DE TERMOMETRÍA



CALIBRACIÓN
No. OAE LC C 10-005

REPORTE DE CALIBRACIÓN

Ciente: DICOALMACO
Repres: Sra. Myrtha Andrade.
Dir: Quito, La Floresta, Toledo 1198 y Luis Cordero.
Telf: 2566185
Equipo: TERMÓMETRO INFRA-ROJO
Marca: FLUKE
Modelo: 561
Serie: 14450206
Código: S/N

Reporte No.: TE110351PIR
Fecha. Ini. Cal: 2016-05-10
Fecha. Fin. Cal: 2016-05-10

Patrones:
CALIBRADOR IR
Marca: Fluke
Modelo: 9133
Serie: A5C155

Proced. Empleado: CA0.P3
Temper. media: 21,8 °C
Humedad media: 49,0 %

CALIBRADOR IR
Marca: Hart Scientific
Modelo: 9132
Serie: A23054

# ÍTEM	PARÁMETRO RANGO	LECT. MEDIA REFERENCIA	LECT. MEDIA *U.B.P.	CORRECCIÓN (°C)	INCERTID. (K=2) (± °C)	OBSERVACIÓN
POR COMPARACIÓN						
GRADOS CENTIGRADOS (°C)						
	-30°C a 400°C					
1		-30,0	-31,8	1,8	0,5	
2		0,0	0,2	-0,2	0,5	
3		100,0	97,2	2,8	0,5	
4		200,0	198,2	1,8	0,4	
5		399,9	397,3	2,6	0,6	

* UNIDAD BAJO PRUEBA

NOTA: Las lecturas fueron tomadas a una distancia de 10cm entre el patrón de referencia y la unidad bajo prueba con una emisividad de 0,95.

Realizado por

Sr. Víctor Herrera
RET. del Lab. de Termometría



Revisado por

Tigo, Julio C. Montaluisa L.
Jefe del Departamento de Calidad

Ing. Luis Guaño C.
Jefe del Departamento Técnico

Dirección: Av. Los Pinos E7-105 y 6 de Diciembre /Quito/Ecuador/(593)2 3285202/FAX. (593)2 2414432.

CA2.1.F2

e-mail: ddt_cmee@ejercito.mil.ec

Reporte : TE110351PIR.

**ANEXO 2 – ANÁLISIS DE GASES Y MATERIAL
PARTICULADO**

	Tipo de Documento FORMATO/REGISTRO		Código del Documento PE/IPGM/05/F02
	Título del Documento DATOS DE CAMPO MATERIAL PARTICULADO EN FUENTES FIJAS		
	Revisión 06	Fecha de Vigencia 18/01/2017	Páginas 1 de 2

EMPRESA Hostería El Surillal **FECHA MONITOREO** 24 de Junio 2017

LOCACIÓN Barrio Yanayacu Salcedo **COORDENADAS** 17140170175/4882187

INFORMACIÓN DE LA FUENTE FIJA


Tipo de fuente	Fija	Carga durante el monitoreo	Full	Ubicación	Linderos de empresa	
Marca	Fabricación Nacional	Horómetro	N/A		Norte	Via Salcedo - Pillaro
Serie	N/A	Plataforma de trabajo	SI		Sur	Rio Yanayacu
Cobustible Utilizado	Diesel	Suministro de energía	SI		Este	Flia. Porras
Carga teórica	15 BHP	Año puesto en funcionamiento	2015		Oeste	Flia. Cortéz

DATOS DE MEDICIÓN IN-SITU

Temperatura		16,3	Humedad	67
MEDIDA				
N.- de Medición		1	2	
Hora de Medición		17:15	17:45	
Tf	°C	305,2	297,5	
O2	%	7	7,25	
CO2	%	10,39	10,2	
CO	ppm	71	92	
SO2	ppm	4	4	
NOx	ppm	63	56	
NO	ppm	60	54	
NO2	ppm	3	1,8	
Eff	%	77,4	77,58	
Exa	%	46,1	48,7	
Pump	l/min	0,94	0,93	
Batt	V	9	9	

RESPONSABLE DEL ENSAYO: Ing. Darwin Guamán

APROBADO POR: Ing. Héctor Villacís

		FORMATO/REGISTRO		Código del Documento PE/IPGM/05/F02	
DATOS DE CAMPO MATERIAL PARTICULADO EN FUENTES FIJAS					
Título del Documento		Fecha de Vigencia 18/01/2017		Páginas 2 de 2	
Revisión 06					
VERIFICACIÓN DE BALANZA DE PRECISIÓN EN CAMPO					
Puntos de verificación (3 puntos)		100g		500g	
Rango de verificación (100 g hasta 1000 g)		100		500,1	
Criterio de aceptación y rechazo (error máximo permitido según rango de peso: 5g-500g e ±0,1% y 500g-2000g e ±0,2%)		99,9g - 100,1g		499,8g - 500,2g	
Aprobada (SI) o Rechazada (NO)		99,9		499,9	
				1000g	
				1000	
				999,8g - 1000,2g	
				1002	
				RESPONSABLE	
¡PESOS INPINGUERS Y FRASCO DE ACETONA					
FILTRO UTILIZADO	FRASCO UTILIZADO	INPINGUER #1		INPINGUER #2	
		INICIO	FINAL	INICIO	FINAL
		489,9	480,9	536,4	536,8
				613,1	613,9
				775,2	778
				INICIO	FINAL
				INICIO	FINAL
				INICIO	FINAL
				INICIO	FINAL


 Ing. Hector Villards


 Armando Guzman

RESPONSABLE DEL ENSAYO:

APROBADO POR:

ANEXO 3 – ANÁLISIS DE AGUA

INFORME DE RESULTADOS


INF.LASA-31-07-17-1938
ORDEN DE TRABAJO No. 0033081-17

SOLICITADO POR : IPGM SERVICIOS AMBIENTALES CIA. LTDA.
DIRECCIÓN : ORELLANA E2-08 Y AV. 10 DE AGOSTO
TELÉFONO/FAX : 2236188
TIPO DE MUESTRA: AGUA
PROCEDENCIA: SUMINISTRO DE CALDERA HOSTERÍA EL SURILLAL
IDENTIFICACIÓN: AGUA DE SUMINISTRO DE LA CALDERA DE LA HOSTERÍA EL SURILLAL
CÓDIGO: M1

FECHA DE RECEPCIÓN: 25/07/2017
FECHA DE ANÁLISIS: 25/07-31/07/2017
FECHA DE ENTREGA: 31/07/2017
NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1)
MUESTREO POR: SOLICITANTE
CÓD DE MUESTRA: 9605-17

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
DUREZA TOTAL	mg/l	172,93	± 8,65	PEE LASA-FQ 01c APHA 2340 C
pH	Unidades de pH	7,10	± 0,36	PEE LASA-FQ 03 APHA 4500 H+ B



Dr. Marco Guizarro Ruales.
GERENTE DE LABORATORIO

LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.
Las incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del Laboratorio

ANEXO 4 – ESQUEMA DEL PRECALENTADOR DE AIRE

ANEXO 5 – PROFORMA DE EQUIPOS Y SERVICIOS



HUAYRASOLUTIONS

MANTENIMIENTO

CALDERO

Cliente: HOSTERIA EL SURILLAL

Atencion: Ing. Villacís H.

No Cotización: M-0713

Septiembre 2017

Quito – Ecuador

Derechos reservados. Prohibida su reproducción, transmisión, transcripción o traducción a otros idiomas, en forma parcial, sin el permiso por escrito. El presente documento es únicamente informativo y está sujeto a cambios
Copyright © 2015 Huayra Solutions

Estimados Señores:

HOSTERIA EL SURILLAL

Héctor Villacís.

Presente.

Para nosotros es un placer presentar esta oferta comercial para el mantenimiento y provisión de servicios para una caldera que se describen más adelante en esta oferta.

La oferta comercial incluye todos los servicios profesionales de inspección al sitio, supervisión, adecuaciones físicas y puesta en funcionamiento del sistema según la descripción y el alcance que se muestra en este documento.

Nos encontramos a su total disposición por cualquier aclaración que necesite.

Atentamente,



Ing. Sigüencia Neycer

Email: ney163@gmail.com

1. EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS OFERTADOS

Cantidad	Elementos	Valor/Unit.	Valor/Total
1	LIMPIEZA DE INCRUSTACIONES EN SUPERFICIE DE CALEFACCION DE CALDERA DE 15 BHP	950,00	950,00
2	AISLAMIENTO TERMICO BRIDA DIAMETRO 9 in. FIBRA e= 2in. Y CUBIERTA DE ALUMINIO e= 1/64 in.	35,00	70,00
1	ADLANDADOR DE AGUA MARCA SHANDONG HUAYUAN BOILER 2 m ³ /hr.	1890,00	1890,00
61,61	AISLAMIENTO TERMICO DIAMETRO 1 1/2 in. FIBRA e= 1 in. Y CUBIERTA DE ALUMINIO e= 1/64 in.	14,50	893,35
1	DUCTO DE TRANSPORTE DE AIRE CALIENTE DIAMETRO 1 ½ ASTM A105 Gr B LONG. 3,7 INCLUYE AISLAMIENTO TERMICO.	203,65	203,65
SUBTOTAL			4007,00
IVA 12 %			480,84
TOTAL			4487,84

- Los valores presentados en esta propuesta se muestran en Dólares Americanos (USD)
- Para tiempo de entrega inmediato a partir de la orden de compra.

2. TIEMPO DE ENTREGA

15-18 días laborables a partir de la orden de compra y según coordinación con su personal a cargo.

3. FORMA DE PAGO

- SEGÚN NEGOCIACION.

4. VIGENCIA DE LA OFERTA

La presente oferta tiene una vigencia de 30 (treinta) días.

5. GARANTÍA TÉCNICA

Los materiales y equipos gozarán de una garantía técnica de 1 año por la totalidad de sus servicios relacionados. La garantía es válida una vez los suministros entren en funcionamiento. Por tanto, garantizará todos los trabajos y servicios en caso de detectarse fallas posteriores a la recepción.

Nota: No incluye ningún trabajo que no esté mencionado en esta proforma, los derechos de diseño son únicos y cuentan como respaldo legal.

**ANEXO 6 – VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA Y
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**