



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Auditoría Energética Térmica en Planta de Proceso de Harina
para Alimento Balanceado para Reducir los Costos de
Generación de Vapor**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Rodríguez Rodríguez, Moisés Alberto (ORCID: 0000-0002-9510-7948)

ASESOR:

Mg. Paredes Rosario, Raúl Rosalí (ORCID: 0000-0002-3032-3527)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución.

TRUJILLO-PERÚ

2020

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios Padre por haberme bendecido siempre, y guiarme en este camino de subes y bajas, dándome las fortalezas para nunca decaer, y así cumplir todos mis objetivos deseados en la vida.

A mi querida mi madre Agustina Rodríguez, quien fue la mujer que me sacó adelante sola inculcándome valores y respeto hacia los demás, y quien es el motivo de querer siempre superarme y ser mejor cada día.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios Padre, por haberme dado la fortaleza, la actitud y aptitud para culminar esta etapa de mi vida, logrando lo deseado de tanto tiempo. Agradezco a mi madre por siempre estar apoyándome en todo momento, gracia a ella soy lo que soy hoy en día.

Agradezco a los docentes de la universidad Cesar vallejo de Trujillo, de la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por brindarme los conocimientos y la experiencia adquiridos en transcurso de mi etapa de estudios.

Agradezco a todas las personas que creyeron en mí, quienes son amigos, familiares quienes siempre me alentaron para continuar en mis estudios.

INDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Indice.....	iv
índice de tablas	v
índice de figuras	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1 Tipo y diseño de investigación	24
3.2 Variables y operacionalización.....	24
3.3 Población y muestra.....	25
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.5 Procedimientos	25
3.6 Método de análisis de datos.....	26
3.7 Aspectos éticos	26
IV. RESULTADOS	27
4.1 Descripción de componentes de la central térmica de vapor saturado	27
4.2 Determinación de capacidad, eficiencia, y costo de operación actuales de componentes del Sistema Térmico.	29
4.3 Elaboración de plan de mejoras del sistema térmico.	44
4.4 Análisis económico después de la implementación de la mejora.....	79
4.5 Análisis con el impacto medio ambiental.....	81
V. DISCUSIÓN.....	84
VI. CONCLUSIONES	86
VII. RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS.....	89
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos de operación de caldera pirotubular de Planta de Harinas Alimento Balanceado.....	30
Tabla 2: Propiedades del gas caliente de combustión.....	31
Tabla 3: Propiedades del gas residual de combustión.....	32
Tabla 4: Datos de la vela velocidad del viento en Planta de harina para alimentación.....	39
Tabla 5: Propiedades del gas residual de combustión en precalentador.....	53
Tabla 6: Propiedades termodinámicas del aire de combustión.....	54
Tabla 7: Selección de material para el precalentador de aire.....	58
Tabla 8: Coeficientes de modulación en ensanchamiento gradual.....	59
Tabla 9: Valores del coeficiente de resistencia caso contracción gradual.....	60
Tabla 10: Composición másica del gas licuado de petróleo.....	65
Tabla 11: Lista de precios de combustibles.....	69
Tabla 12: Composición másica del gas natural.....	70
Tabla 13: Costos del gas natural.....	74
Tabla 14: Presupuesto de inversión en mejoras energéticas.....	79
Tabla 15: Balance másico y molar de componentes del combustible carbón antracita.....	81
Tabla 16: Balance másico y molar de componentes del combustible gas natural..	82

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de propiedades termodinámica.....	9
Figura 2. Caldero pirotubular.....	10
Figura 3. Identificación de flujos.....	11
Figura 4. Sistema de distribución.....	15
Figura 5. Aislamientos térmicos.....	16
Figura 6. Stand para hallar la calidad de vapor saturado.....	22
Figura 7. Sistema de generación, transporte y consumo de vapor saturado húmedo en Planta de procesos de harina para alimento balanceado.....	27
Figura 8. Diagrama isométrico de tubería de vapor saturado de la Planta de Harinas para Alimentos Balanceados.....	36
Figura 9. Tubería de vapor saturado.....	37
Figura 10. Balance de energía térmica en tubería de transporte vapor saturado en Planta de harinas para alimento balanceado.....	40
Figura 11. Precalentador de coraza y tubos, de aire por gases de chimenea en caldera.....	50
Figura 12. Diagrama T – S del intercambio de calor.....	52
Figura 13. Coeficientes de convección interna y externa.....	53
Figura 14. Distribución de tubos en tresbolillo.....	57
Figura 15. Mamparas semicirculares para el precalentador de aire.....	57
Figura 16. Tubería en caso de ensanchamiento gradual.....	59
Figura 17. Esquema de contracción gradual salida del gas caliente.....	60
Figura 18. Detalle de la sección tubular del precalentador de aire.....	61
Figura 19. Disposición proyectada de precalentador de aire por gas residual en caldera.....	62
Figura 20: Comparativo en consumos de combustibles para el caldero.....	75
Figura 21: Comparativo de eficiencias energéticas del caldero.....	75
Figura 22: Comparativo de costos de consumo de combustibles del caldero.....	76
Figura 23: Beneficio económico con precalentador.....	78
Figura 24: Emisión de CO ₂ con carbón antracita y gas natural.....	83

RESUMEN

En esta investigación se presenta una auditoría energética térmica en planta de proceso de harina para alimento balanceado para reducir los costos de generación de vapor. La planta cuenta con una caldera de 400 BHP y consume 686.67 Kg/h de carbón antracita, con una baja eficiencia térmica de 75.30%. Por lo tanto se realizó una mejora al sistema de aislamiento térmico de la red de tuberías de los equipos digestores y secador, obteniendo un ahorro 75.24 Kg/h en carbón y un exceso en la eficiencia térmica de 5.32%. Por lo cual se planteó el uso del gas licuado de petróleo y gas natural. Donde se determinó que con carbón antracita el costo anual en consumo de combustible es 1802508.75 soles/año, con gas licuado 6947630.82 soles/año y con gas natural 1651860.00 soles/año. Por lo consiguiente se descartó el uso del GLP por los elevados costos. Se procedió con la implementación de un precalentador con un ahorro en carbón antracita de 50.40 Kg/h equivalentes a 132300.00 soles/año, y 28.30 Kg/h con 137655.00 soles/año con gas natural. Indicando que con gas natural se logra una eficiencia aceptable de 84.57%. El proyecto tiene un retorno operacional de la inversión de 1.9 meses. Donde el uso del gas natural es factible también desde el impacto ambiental con una evacuación de gases dióxido de carbono de 6889 TM/año, frente al uso del carbón antracita con una masa evacuada de gases de 12463 TM/año.

Palabras clave: Auditoría energética, análisis estequiométrica de combustión, análisis del impacto medio ambiental.

ABSTRACT

This research presents a thermal energy audit in a balanced feed flour processing plant to reduce steam generation costs. The plant has a 400 BHP boiler and consumes 686.67 Kg / h of anthracite coal, with a low thermal efficiency of 75.30%. Therefore, an improvement was made to the thermal insulation system of the pipe network of the digester and dryer equipment, obtaining a saving of 75.24 Kg / h in coal and an excess in thermal efficiency of 5.32%. Therefore, the use of liquefied petroleum gas and natural gas was proposed. Where it was determined that with anthracite coal the annual cost in fuel consumption is 1802508.75 soles / year, with liquefied gas 6947630.82 soles / year and with natural gas 1651860.00 soles / year. Therefore the use of LPG was ruled out due to high costs. We proceeded with the implementation of a preheater with a saving in anthracite coal of 50.40 Kg / h equivalent to 132,300.00 soles / year, and 28.30 Kg / h with 137655.00 soles / year with natural gas. Indicating that with natural gas an acceptable efficiency of 84.57% is achieved. The project has an operational return on investment of 1.9 months. Where the use of natural gas is feasible also from the environmental impact with an evacuation of carbon dioxide gases of 6889 MT / year, compared to the use of anthracite coal with an evacuated mass of gases of 12463 MT / year.

Keywords: Energy audit, stoichiometric analysis of combustion, environmental impact analysis.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ARMAS ALVARADO MARIA ELISIA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "AUDITORIA ENERGETICA TERMICA EN LA PLANTA DE PROCESO DE HARINA PARA ALIMENTO BALANCEADO PARA REDUCIR EL COSTO DE GENERACION DE VAPOR", cuyo autor es RODRIGUEZ RODRIGUEZ MOISES ALBERTO, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 19 de Diciembre del 2020

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ARMAS ALVARADO MARIA ELISIA DNI: 44073099 ORCID 0000-0003-4081-7755	Firmado digitalmente por: MEARMASA el 19-12- 2020 12:39:31

Código documento Trilce: TRI - 0088251