

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
ENERGÍA**



**Aplicación de una matriz de metas, objetivos y planes energéticos para
incrementar la eficiencia de los calderos pirotubulares - Empresa
Andecorp SAC.**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

AUTOR:

Bach. Gil Huamán, Wilmer Cesar

ASESOR:

M.Sc. Montañez Montenegro, Carlos Macedonio

DNI 42451038

Código ORCID: 0000-0002-8439-4734

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de Ingeniero en Energía ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento a los objetivos propuestos y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado con las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°580-2022-CU-R-UNS) según la denominación siguiente

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

**Aplicación de una matriz de metas, objetivos y planes energéticos
para incrementar la eficiencia de los calderos pirotubulares-Empresa
Andecorp SAC.**

AUTOR :

Bach. Gil Huamán, Wilmer Cesar



M.Sc. Montañez Montenegro, Carlos Macedonio
DNI 42451038
Código ORCID: 0000-0002-8439-4734

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

El presente Jurado Evaluador da la conformidad del presente informe, desarrollado en cumplimiento del objetivo propuesto y presentado con forme al Reglamento General para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, titulado:

**Aplicación de una matriz de metas, objetivos y planes energéticos para
incrementar la eficiencia de los calderos pirotubulares - Empresa
Andecorp SAC.**

AUTOR :

Bach. Gil Huamán, Wilmer Cesar

Revisado y evaluado por el siguiente Jurado Evaluador:

Dr. Luján Guevara, Gilmer Juan

PRESIDENTE

DNI: 32823443

CÓD. ORCID: 0000-0003-4619-3795

Mg. Guevara Chinchayán, Robert Fabián

SECRETARIO

DNI: 32788460

CÓD. ORCID: 0000-0002-3579-3771

M.Sc. Montañez Montenegro, Carlos Macedonio

INTEGRANTE

DNI: 42451038

CÓD ORCID: 0000-0002-8439-4734

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo las 10:00 a.m., del día jueves 26 del mes de junio del año dos mil veinticinco, en el Aula E-4 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 68 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°337-2024-CU-R-UNS de fecha 12.04.24, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 205-2025-UNS-CFI** de fecha 23.05.2025., integrado por los siguientes docentes:

- | | | |
|--|---|-------------|
| ➤ Dr. Gilmer Juan Luján Guevara | : | Presidente |
| ➤ Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán | : | Secretario |
| ➤ M.Sc. Carlos Macedonio Montañez Montenegro | : | Integrante |
| ➤ Mg. Germán Raúl Chumpitaz Ayala | : | Accesitario |

Y según la **Resolución Decanal N°386-2025-UNS-FI** de fecha **24.06.2025.**, se **DECLARA EXPEDITO** a los bachilleres para dar inicio a la sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, titulada: **"APLICACIÓN DE UNA MATRIZ DE METAS, OBJETIVOS Y PLANES ENERGÉTICOS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE LOS CALDEROS PIROTUBULARES – EMPRESA ANDECORP SAC"**, perteneciente al bachiller: **GIL HUAMAN WILMER CESAR**, código de matrícula N° **200311050**, teniendo como asesor al docente **M.Sc. Carlos Macedonio Montañez Montenegro**, según Resolución Decanal N° 543-2024-UNS-FI de fecha 02.09.2024.

Terminada la sustentación del bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 73° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
GIL HUAMÁN WILMER CESAR	18	Bueno

Siendo las 11:00 a.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.



Dr. Gilmer Juan Luján Guevara
PRESIDENTE



Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán
SECRETARIO



M.Sc. Carlos Macedonio Montañez Montenegro
INTEGRANTE



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Wilmer César Gil Huaman
Título del ejercicio:	Aplicación de una matriz de metas, objetivos y planes energ...
Título de la entrega:	Aplicación de una matriz de metas, objetivos y planes energ...
Nombre del archivo:	TESIS_GIL_HUAMAN_FINALIZADO.pdf
Tamaño del archivo:	1.58M
Total páginas:	99
Total de palabras:	21,761
Total de caracteres:	110,177
Fecha de entrega:	02-dic.-2024 06:22a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2537772826

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



Aplicación de una matriz de metas, objetivos y planes
energéticos para incrementar la eficiencia de los calderos
pirotubulares-Empresa Andecorp SAC.

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA

AUTOR:
Bach. Gil Huamán, Wilmer Cesar

ASESOR:
Mg. Montañez Montenegro, Carlos Macedonio
DNI 42451038
Código ORCID: 0000-0002-3579-3771

Nuevo Chimbote-Perú
2024

Aplicación de una matriz de metas, objetivos y planes energéticos para incrementar la eficiencia de los calderos pirotubulares-Empresa Andecorp SAC.

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

8%

2

doku.pub

Fuente de Internet

2%

3

www.mastersi.com.pe

Fuente de Internet

2%

4

www.conuee.gob.mx

Fuente de Internet

1%

5

aap.org.pe

Fuente de Internet

1%

6

ria.utn.edu.ar

Fuente de Internet

<1%

7

docplayer.es

Fuente de Internet

<1%

8

pt.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

DEDICATORIA

*A Dios por su gracia infinita y por darme
la oportunidad en la ejecución de mi tesis.*

*A mi señora madre Betty Huamán Aquí y mi Sr. Padre Wilmer Gil
Calderón*

*por su amor y cariño
de siempre y por el camino de vida formado.
Para mi hermana Marlene Llerena Huamán
por su gran apoyo*

Wilmer Cesar Gil Huamán

RECONOCIMIENTO

*Mi reconocimiento al Mg. Carlos Montañez Montenegro
por su asesoría en la realización de mi tesis.*

*Un agradecimiento a mis profesores
de la Universidad Nacional del Santa y de la Escuela de
Ingeniería en Energía por sus enseñanzas.*

*Para el Ing. Edgar Jinny Castillo Coico
Jefe de Mantenimiento por su invaluable apoyo
A mis compañeros de promoción y de trabajo que de cierta
manera contribuyeron con esta investigación.*

Atentamente,

Wilmer Cesar Gil Huamán

INDICE GENERAL

INDICE

RESUMEN

ABSTRACT

PRESENTACION DEL TRABAJO

I.	Tema específico abordado	1
II.	Contextualización de la experiencia profesional	1
III.	Importancia para el ejercicio de la carrera profesional	5
IV.	Objetivos logrados	6
V.	Sustento teórico del tema abordado	6
VI.	Organización y sistematización	34
VII.	Ubicación de las experiencias en el marco del sustento teórico	35
VIII.	Aportes logrados para el desarrollo del centro laboral	60
IX.	Conclusiones y recomendaciones	64
X.	Referencias bibliográficas	66
XI.	Anexos	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica Planta de Harina de Empresa Andecorp SA	2
Figura 2 Organigrama de Operaciones Planta de Harina de Empresa Andecorp SAC	3
Figura 3 Comportamiento del sistema de gestión de la energía	8
Figura 4 Comportamiento del sistema de gestión de la energía	12
Figura 5 Metas energéticas inteligentes	15
Figura 6 Ejemplo de un objetivo con dos metas energéticas	16
Figura 7 Ejemplo de Matriz de objetivos, metas y planes energéticos de acción	17
Figura 8 Vista frontal y lateral de un caldero pirotubular	20
Figura 9 Eficiencia promedio de calderos pirotubulares	23
Figura 10 Lectura de eficiencia de caldero con Analizador TESTO	24
Figura 11 Comportamiento de gases de Combustion para una buena eficiencia	25
Figura 12 Optimización del funcionamiento de la combustión	27
Figura 13 Optimización por eliminación de pérdidas	29
Figura 14 Cuantificación de oportunidades de mejora en calderas	31
Figura 15 Influencia de la temperatura del agua de alimentación en consumo de combustible	32
Figura 16 Línea base energética inicial periodo 2022	36
Figura 17 Matriz de enfrentamiento entre los aspectos de mejora para el incremento de la eficiencia de calderos	38
Figura 18 Diagrama de Pareto y análisis 80-20 para determinar los aspectos de mejora relevantes para incrementar de la eficiencia de calderos	39
Figura 19 Identificación de objetivo y metas energéticas para incrementar de la eficiencia de calderos	40
Figura 20 Cuadro de control eficiencia de calderos	45
Figura 21 Cuadro de % de CO ₂	46
Figura 22 Cuadro de % de O ₂	47
Figura 23 Cuadro de control de temperaturas de suministro de agua-estado inicial	49
Figura 24 Ubicación de tubería de 4” saliente del desareador hacia bombas de calderos	50
Figura 25 Cuadro de control de temperaturas de suministro de agua-estado final	52
Figura 26 Cuadro de control de temperaturas de suministro de petróleo R500-estado Inicial	53
Figura 27 Cuadro de control de temperaturas de suministro de petróleo R500-estado Final	55
Figura 28 Plan de mantenimiento preventivo propuesto	56
Figura 29 Plan de mantenimiento preventivo ejecutado	57
Figura 30 Línea base energética periodo 2023-2024	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de placa de calderas de la empresa	4
Tabla 2 Actividades desarrolladas asociadas al informe	34
Tabla 3 Parámetros de eficiencia de Calderos de planta	35
Tabla 4 Contabilidad energética térmica de planta	35
Tabla 5 Determinación del exceso de combustible consumido 2022	37
Tabla 6 Determinación del porcentaje acumulado	39
Tabla 7 Matriz 1-Meta 1	41
Tabla 8 Matriz 1-Meta 2	42
Tabla 9 Matriz 1-Meta 3	43
Tabla 10 Parámetros de eficiencia de Caldero 1	44
Tabla 11 Parámetros de eficiencia de Caldero 2	45
Tabla 12 Efecto del ajuste de la eficiencia en Caldero 1	48
Tabla 13 Efecto del ajuste de la eficiencia en Caldero 2	48
Tabla 14 Presupuesto para aislamiento de tubería de salida desde el desaireador a manífol de suministro de agua a bombas de calderos	51
Tabla 15 Presupuesto para control de temperatura para suministro de petróleo R500 a calderos	54
Tabla 16 Contabilidad energética térmica de planta-junio 2023 a mayo 2024	61
Tabla 17 Determinación del combustible dejado de consumir 2023-2024	63

RESUMEN

La Empresa Andecorp SAC. Es una planta consumidora de energía del rubro pesquero manufacturero ubicado en el Puerto del Callao con una capacidad de planta de 10 toneladas/hora de materia prima, emplea 02 calderos pirotubulares para la generación de vapor saturado el cual es empleado en la planta de producción de harina y también de conservas de pescado.

Como parte de la mejora continua y de lo planteado por la ISO 50001 “gestión de la energía”, tiene como herramienta estratégica la implementación de la matriz de metas, objetivos y planes energéticos que es planificada y ejecutada para poder incrementar la eficiencia energética de los calderos pirotubulares de la Empresa Andecorp SAC, la cual se realizó como parte de la actividad de experiencia profesional.

Se realizó el diagnóstico inicial de la eficiencia de los calderos pirotubulares, obteniéndose valores de 82,5% para el Caldero 1 con un consumo medio de 105 galones/hora y 83% para el Caldero 2. Planteándose una matriz con 01 objetivos y 3 metas energéticas para incrementar la eficiencia de los calderos pirotubulares para el periodo de ejecución de 1 año.

Se realizó la evaluación de la matriz energética planificada alcanzándose el cumplimiento de las metas 1 y 3, e incluso la meta 1 fue superado con respecto a la eficiencia energética; mientras que la meta 2 fue alcanzada en forma parcial (en lo referente a la temperatura del agua de alimentación a los calderos 1 y 2). El Caldero 1 incrementó la eficiencia desde 82,5% hasta un valor entre 85 a 85,5%, mejorando la eficiencia en un porcentaje absoluto de 3 a 2,5% superándose el valor previsto en la presente meta. Así mismo el Caldero 2 desde un valor inicial de 83% hasta un valor entre 85 a 85,5%, mejorando la eficiencia en un porcentaje absoluto de 2 a 2,5%.

Palabras clave: Matriz de metas, objetivos y planes energéticos, eficiencia energética, calderos.

ABSTRACT

The Andecorp Company SAC. It is an energy consuming plant of the manufacturing fishery located in the Port of Callao with a plant capacity of 10 tons/hour of raw material, employs 02 pyrotubular boilers for saturated steam generation which is employed in the production plant of flour and also of fish preserves.

As part of the continuous improvement and of what is raised by ISO 50001 “energy management”, it has as a strategic tool the implementation of the array of energy goals, objectives and plans that is planned and executed in order to increment the energy efficiency of the pyrotubular boilers from Andecorp SAC Company, which is carried out as part of the professional experience activity.

Initial diagnosis of the efficiency of the pyrotubular boilers is made, obtaining values of 82.5% for Boiler 1 with a mean consumption of 105 gallons/hour and 83% for Boiler 2. Devising a matrix with 01 objectives and 3 goals energetics to increment the efficiency of pyrotubular boilers for the 1-year run period.

The evaluation of the planned energy matrix was carried out achieving the fulfillment of goals 1 and 3, and even goal 1 was exceeded with respect to energy efficiency; while target 2 was partially achieved (in terms of feedwater temperature to boilers 1 and 2). Boiler 1 incremented the efficiency from 82.5% to a value between 85 to 85.5%, improving the efficiency by an absolute percentage of 3 to 2.5% exceeding the value intended in the present target. Likewise the Boiler 2 from an initial value of 83% to a value between 85 to 85.5%, improving the efficiency by an absolute percentage of 2 to 2.5%.

Keywords: Matrix of goals, objectives and energy plans, energy efficiency, boilers.

PRESENTACION DEL TRABAJO.

I. Tema específico abordado.

Aplicación de una matriz de metas, objetivos y planes energéticos para incrementar la eficiencia de los calderos pirotubulares-Empresa Andecorp SAC.

II. Contextualización de la experiencia profesional.

La ejecución de las actividades que permiten la contextualización de la experiencia profesional, se realizó en el área de Mantenimiento de la Empresa Andecorp SAC como Coordinador de Mantenimiento para la planta de harina de pescado, quien cuenta con la siguiente información:

Denominación comercial: Andecorp S.A.C.

Razón Social Anterior: Corporación Frutos del Mar S.A.C.

Dirección Legal: Jr. Minería Nro. 177 (Paralela al Mall Aventura Santa Anita)

Dirección Planta: Prolongación Centenario 570, Callao 07046

Rubro económico: Empresa Industrial en la fabricación y procesamiento productos hidrobiológicos principalmente Harina y Aceite de Pescado además de la fabricación de productos derivados de la parafina específicamente velas.

Actividad comercial de Planta Callao: Procesamiento de Harina y aceite de pescado residual. Es el producto obtenido de los descartes y residuos de recursos hidrobiológicos en la cual se obtiene de harina de pescado residual.

Las principales características organolépticas de la harina residual son:

- Color: Marrón claro ó amarillo oscuro
- Olor: Característico a pescado fresco
- Sabor: Ligeramente salado
- Textura: Suave al tacto, granulometría de 95%
- Contaminantes: Libre de insectos, ácaros, gorgojos y bacterias

Capacidad de Planta: 10 TM/h

RUC: 20544125681

Fecha de inicio de actividades: 09 / Julio / 2011

Nº de trabajadores: 211(al 2024)

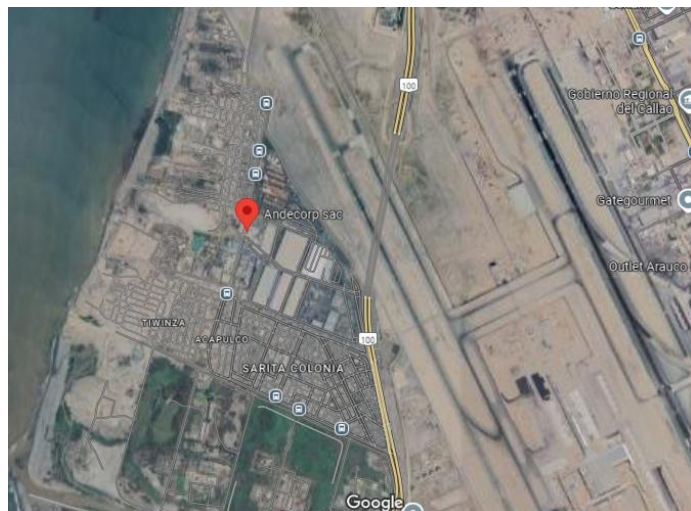
La harina de pescado tiene la siguiente composición standard:

- Proteína 60.00 % mínimo.
- Grasa 14.00 % máximo.
- Humedad 10.00 % máximo.
- Ceniza 22.00 % máximo.
- Cloruros 03.00 % máximo.
- Arena 01.00 % máximo.
- Digestibilidad 90 % mínimo.
- Antioxidante 150 ppm mínimo.

Ubicación de Planta

Figura 1

Ubicación geográfica Planta de Harina de Empresa Andecorp SAC



Nota. Imagen tomada Google Maps(2024)

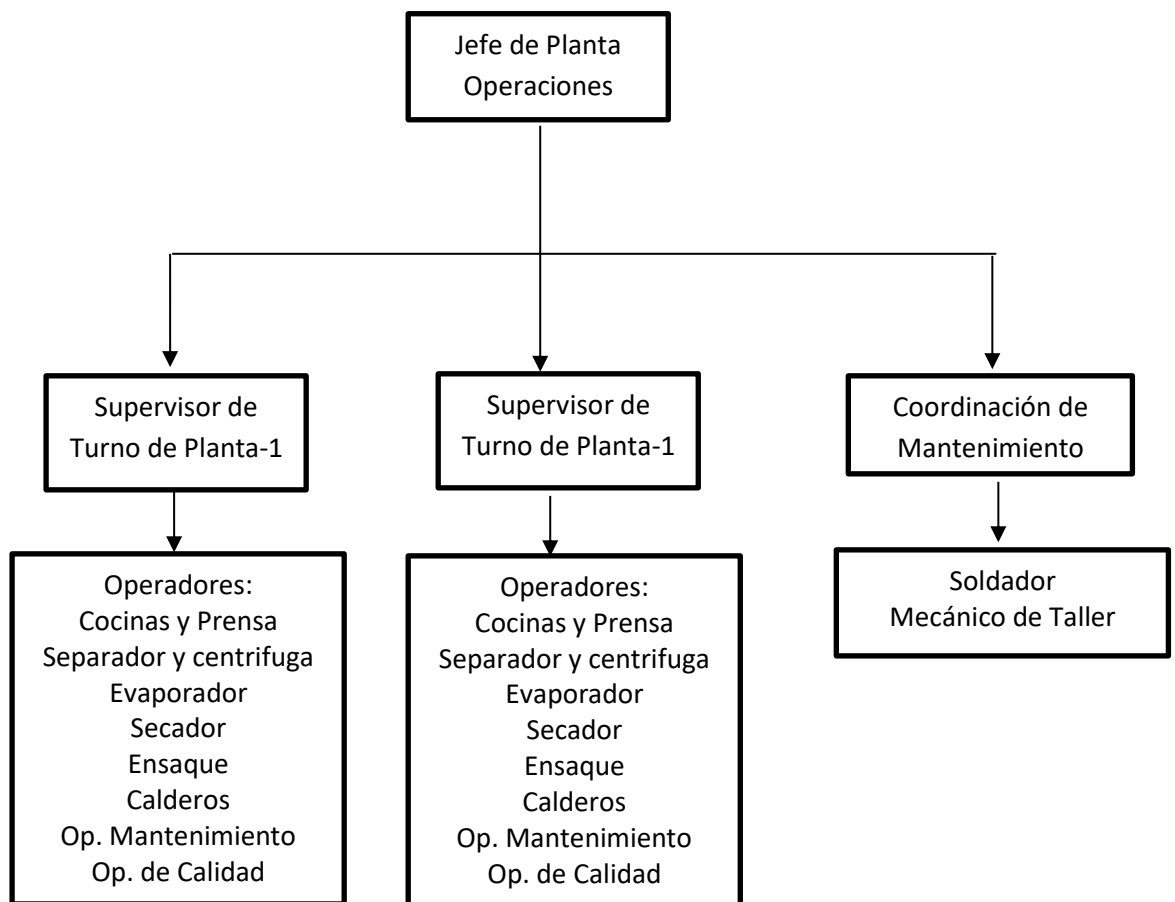
En tal sentido, el informe de experiencia profesional tiene por objeto la validación de los conocimientos adquiridos durante la permanencia en la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, enfocado en la evaluación de las condiciones de operación que contribuyen en mantener la alta disponibilidad del proceso de generación de vapor para los procesos unitarios propios de la planta de harina residual de 12 toneladas/hora de capacidad, para lo cual emplea como combustible petróleo R500, de alto costo unitario en comparación al gas natural. Para ello se planifica, programa, ejecuta y evalúa una matriz de metas, objetivos y planes energéticos de acciones para

mejorar la eficiencia energética de los calderos. Desarrollándose un sistema de gestión que permita la consecución de los fines planteados.

Organización: Estructura orgánica Planta de Harina de Pescado

Figura 2

Organigrama de Operaciones Planta de Harina de Empresa Andecorp SAC



Nota. Elaboracion propia con información obtenida de la empresa.

En ese sentido, el informe de experiencia profesional tiene por objetivo poner presentar la aplicación de los conocimientos adquiridos, enfocados en evaluar el efecto real de la implementación de una matriz de Metas, objetivos y planes energéticos planificada y programada entre los años 2022-2023-2024 que tuvo por finalidad incrementar la eficiencia de 02 calderos pirotubulares como parte de la mejora continua en la Planta de harina residual de la Empresa Andecorp SAC. La cual incluye:

- Planificación de la optimización de la eficiencia energética: A través de un diagnóstico del estado de los 02 calderos pirotubulares, se elaboró una matriz de metas, objetivos y planes de acción.
- Programación: Se elaboraron un conjunto de planes de acción energética para poder mejorar el rendimiento energético, lo cual incluye la programación en el tiempo de las actividades, recursos, horas de trabajo y documentación para su aseguramiento de su ejecución.
- Ejecución: Se ejecutaron las actividades que conllevan los planes de acciones energéticos, verificando su cumplimiento y recojo de información respectiva.
- Evaluación: Incluye realizar un análisis comparativo de lo actuado, revisando los indicadores alcanzados con la ejecución matriz de metas, objetivos y planes energéticos, lo cual permite a futuro mejorar su nueva implementación, lo cual forma parte del ciclo de mejora continua, que la empresa ha asumido como compromiso.

La planta de harina residual cuenta con 02 calderos pirotubulares con las siguientes características:

Tabla 1
Datos de placa de calderas de la empresa

Descripción	Caldero 1	Caldero 2
Modelo	CB297-700	A-3-WS
Marca	Cleaver Brooks	Distral
Potencia (BHP)	700	700
Serie	L-3879	A-1274
Pazos	4	3
Presión máxima (psi)	150	200
Potencia térmica (MBTU/h)	29'291 000	39'054 000
Consumo nominal (Gal/h)	209	278
Combustible	Petroleo R500	Petroleo R500

Nota. Informacion obtenida de la Empresa.

III. Importancia para el ejercicio de la carrera profesional.

El ingeniero en energía tiene una importante participación, según su perfil profesional, en diversos sectores económicos del sector de energía tanto eléctrico como en hidrocarburos y gas natural, así como para laborar en centros de consumo de energía, consultorías, organizaciones del estado, entre otras entidades. Del mismo modo en el campo de la investigación, en el desarrollo y aplicación de la transformación de las fuentes de energías renovables y no renovables. De tal forma aplica técnicas de uso eficiente en los procesos productivos y la optimización de la generación de energía utilizada. Dentro de las plantas consumidoras de energía en este caso en la Empresa Andecorp SAC. se cuenta con un alto consumo de energía térmica asociada al consumo de vapor para sus procesos unitarios de secado y cocción de la materia prima a secar, en los cuales el vapor saturado a una presión de 6 bar es generado a través de 02 calderos pirotubulares. Para ello el análisis, control, mejora y optimización de los sistemas energéticos es una de las principales funciones del Ingeniero en Energía en planta, con lo cual el incremento de la eficiencia energética involucra la reducción del consumo de energía primaria en este caso el petróleo R500, lo cual se traduce en la contribución en la conservación de las reservas de hidrocarburos, en el plano económico tiene como principal resultado obtener la disminución de la facturación por consumo de combustible, lo cual incide en la reducción de los costos operativos y mejora la producción. Del mismo modo se traduce en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero principalmente del CO₂ equivalente, teniendo en cuenta que se tiene un factor de emisiones de 70 kg CO₂/TJ para el Petróleo R500. Del mismo modo la implementación de una matriz de metas, objetivos y planes energéticos, permite a través de una estrategia ordenada y consecutiva alcanzar las mejoras previstas.

El ingeniero en energía es un profesional formado científico y tecnológicamente en la planificación, administración, diseño, desarrollo, ejecución, supervisión, evaluación, selección y operación de las tecnologías de generación, conversión, transmisión y transporte, distribución, comercialización y uso eficiente energética. Así, entre sus funciones podemos destacar la implementación de planes de ahorro y uso eficiente de la energía implantando programas de gestión, administración y control, diagnósticos energéticos que permiten el óptimo consumo, mitigando su efecto al medio ambiente.

IV. Objetivos logrados.

4.1 Objetivo general.

Aplicar una matriz de metas, objetivos y planes energéticos para incrementar la eficiencia de los calderos pirotubulares-Empresa Andecorp SAC.

4.2 Objetivos específicos.

- Presentar el diagnóstico inicial de la eficiencia de los calderos pirotubulares-Empresa Andecorp SAC.
- Elaborar una matriz de metas, objetivos y planes energéticos para incrementar la eficiencia de los calderos pirotubulares-Empresa Andecorp SAC.
- Ejecutar una matriz de metas, objetivos y planes energéticos para incrementar la eficiencia de los calderos pirotubulares-Empresa Andecorp SAC.
- Evaluar la ejecución de una matriz de metas, objetivos y planes energéticos para incrementar la eficiencia de los calderos pirotubulares-Empresa Andecorp SAC.

V. Sustento teorico del tema abordado.

Gestión Energética. Es un conjunto de actividades planificadas que una organización, plantea en el corto y mediano plazo, para enunciar su política como parte de su mejora continua para cumplir con los objetivos planificados. Es una metodología que permite alcanzar la mejora planteada de forma sostenible con los recursos asignados referido al desempeño energético y a la dinámica de consumo de energía. Es uno de los componentes de los sistemas de gestión de una organización que tiene como meta el desarrollo e implementación de su política energética, así como aúna esfuerzos con compromiso y con recursos materiales y humanos para conseguirlo, como parte de la mejora continua. (Carranza & Rivera, 2020)

Dentro de los beneficios de la gestión energética tenemos:

Referente a la energía y conservación del medio ambiente:

- Optimizar el consumo de la energía de forma eficiente.
- Fomentar la eficiencia del consumo de energía dentro de las organizaciones.

- Reducción de las emisiones equivalentes de gases de efecto invernadero principalmente el CO₂.
- Disminución de los impactos ambientales.
- Racional empleo de las fuentes de energía primaria empleadas.
- Impulsar el empleo de recursos energéticos renovables. (Carranza & Rivera, 2020)

Socio-económicos:

- Reducción del impacto sobre el cambio climático.
- Reducción de la facturación por consumo de energía.
- Reducción de la dependencia energética externa.
- Disminución de los riesgos que se derivan de la volatilidad de los precios de los combustibles como el petróleo R500 y diesel. (Carranza & Rivera, 2020)

De liderazgo y mejora de la imagen empresarial.

- Mejorar el compromiso de la organización con el desarrollo sostenido.
- Reforzar la imagen de organización comprometida ante el cambio climático.
- Cumplimiento de normativas peruanas e internacionales. (Carranza & Rivera, 2020)

La ISO 50001 especifica los requisitos para que una organización planifique un sistema de gestión, adoptando a través de un enfoque sistemático la consecución de sus objetivos y alcanzar la mejora continua del uso eficiente de la energía. Esta normatividad plantea los requisitos que se deben aplicar al suministro y uso de los insumos energéticos, así como detalla la metodología de las mediciones, documentación y presentación de informes, mejoras y compra de equipos, y control de los procesos y del personal. Es aplicable en todas las organizaciones que manipulan energía eléctrica y térmica y por lo general evalúan el desempeño a través de indicadores de desempeño, para la verificación del cumplimiento de lo planificado. (Echeandia, 2016)

La mejora continua es un proceso sistemático y consecutivo que permite el análisis del desempeño, identificación de oportunidades y realiza cambios graduales en los procesos, productos y mejora de la actividad del personal. La integración de la mejora continua en la vida laboral diaria implicara la adopción de herramientas, metodologías de trabajo y prácticas que permiten alcanzar la optimización del desempeño energético de forma cíclica. Las mejores herramientas para la implementación de la mejora continua se desarrollan acorde a la organización. (Rehkopf. 2024)

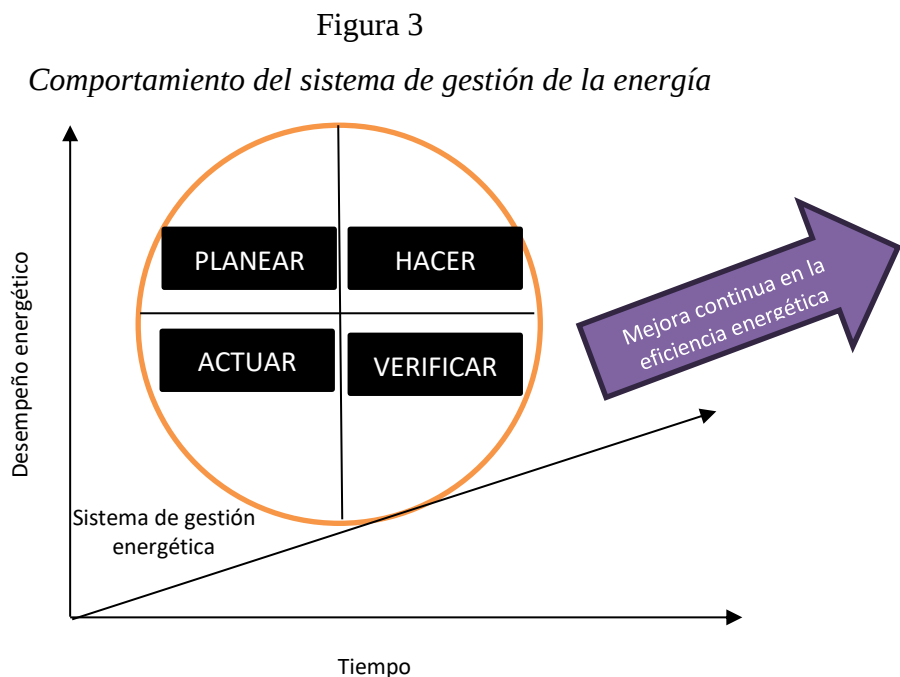
Este enfoque aplicado a la gestión energética es el siguiente:

Planificar: Consiste en la revisión y establecimiento de la línea base energética, indicadores de desempeño energético, objetivos, metas y planes de acción que permitan incrementar el desempeño energético de la organización.

Hacer: Consiste en ejecutar progresivamente los planes de acción o actividades.

Verificar: Monitoreo y medición de los procesos que determinan el desempeño energético con respecto a la política energética planteada.

Actuar: Realizar acciones para la mejora continua del desempeño energético. (Echeandia, 2016)



Nota. Elaboracion propia.

Desempeño Energético. Son resultados medibles relacionados con el empleo y consumo de la energía. En los sistemas de gestión energética, los resultados se miden en forma conjunta a la política energética de la organización, objetivos, metas y otros requisitos propios del desempeño energético. En este último se incluye el uso significativo de la energía, intensidad energética, rendimientos, entre otros. (Echeandia, 2016)

El Desempeño Energético es un término que implica a la relación entre el rendimiento energético, el uso eficiente de la energía y el consumo energético en sus diversos aspectos. Son los términos conceptuales que se manejan y tienen en cuenta dentro de una organización que consume diversas manifestaciones de la energía. La norma ISO 50001:2018 presenta los alcances para evaluar el desempeño energético y el cumplimiento de las metas y objetivos planificados a través de su plan de acción o actividades energéticas y la determinación de los indicadores desempeño, actualmente es importante para aquellas organizaciones que requieren alcanzar la excelencia en el consumo de la energía, tal es el caso en ciertos países se adicionan reconocimientos a tal actividad. (García, 2024)

Los indicadores de desempeño energético IDEs nos permiten tener un alcance de las metas para tomar correctivos o acciones preventivas para los posibles desvíos que puedan presentarse en la fase inicial de la planificación energética. Se estipula que, para cada fuente de energía ya sea energía eléctrica o asociada a un combustible, se tenga un indicador de desempeño energético, ya sea del tipo técnico asociado al insumo energético (eléctrico o de naturaleza térmica), económico asociado a la facturación o costos de carácter ambiental asociado a las emisiones equivalentes vertidas por el consumo de la energía primaria, Estas se establecen teniendo en cuenta la naturaleza o características particulares de cada organización y el sector económico al cual pertenecen. (Nonalaya, 2020)

Los IDEs se utilizan para evaluar el desempeño energético de una empresa con respecto a los usos significativos de la energía, la intensidad del consumo de energía y la cercanía a los valores de los IDEs meta obtenidos en función a la construcción de una línea base energética. Los indicadores de desempeño energético se

construyen según la naturaleza de consumo de cada organización y sector económico correspondiente, de tal forma que un IDEs de una empresa de harina de pescado varia de un IDEs de una empresa cementera, en lo referente al denominador, que pudiendo tener ambos el mismo tipo de combustible, para el primero será la tonelada de harina producida, mientras que para el segundo será la tonelada de cemento. Los indicadores de desempeño energético se determinan según los resultados obtenidos luego de una revisión energética. (Quezada, 2020)

Un Objetivo Energético es el resultado alcanzado que permite el cumplimiento de la política energética enunciada por la empresa, la cual ha sido formulada como estrategia para la optimización del desempeño energético. Mientras que una Meta Energética es un requisito muy específico y cuantificado del desempeño energético, aplicado a una organización o una o áreas de la misma, que tiene su base en un objetivo energético y que se requiere formular acorde al objetivo y establecer las actividades para alcanzar su cumplimiento. (Guevara, 2023)

Los objetivos energéticos forman parte de los resultados medibles que una organización desea alcanzar acorde a su política energética enunciada. Los objetivos están en algunos casos en relación a los aspectos de gestión (tales como relacionados a la capacitación, comunicación, adquisiciones, etc.), requisitos o normativas (cumplimiento de normativas referidas al sector) o con aspectos energéticos (metas, objetivos o revisión energética). Los objetivos energéticos se planifican para el mediano y corto plazo, permiten facilitar la asignación de recursos y responsabilidades de las diferentes secciones de la organización involucrada, permiten la participación e integración del personal interna y externa y facilitan la forma de comunicar los resultados. (Campos, et al., 2019)

En general, los objetivos son menos específicos que las metas energéticas, que si lo son estas últimas. Se tiene el siguiente caso, se plantea para el próximo año optimizar la facturación energía eléctrica reduciéndose un valor cuantificable de 2%, para ello se deben plantear uno o más metas que permitan alcanzar dicho objetivo, para ello podría implementarse metas asociadas al cambio de equipos (por equipos de mayor eficiencia por ejemplo en los sistemas de iluminación o motores eléctricos

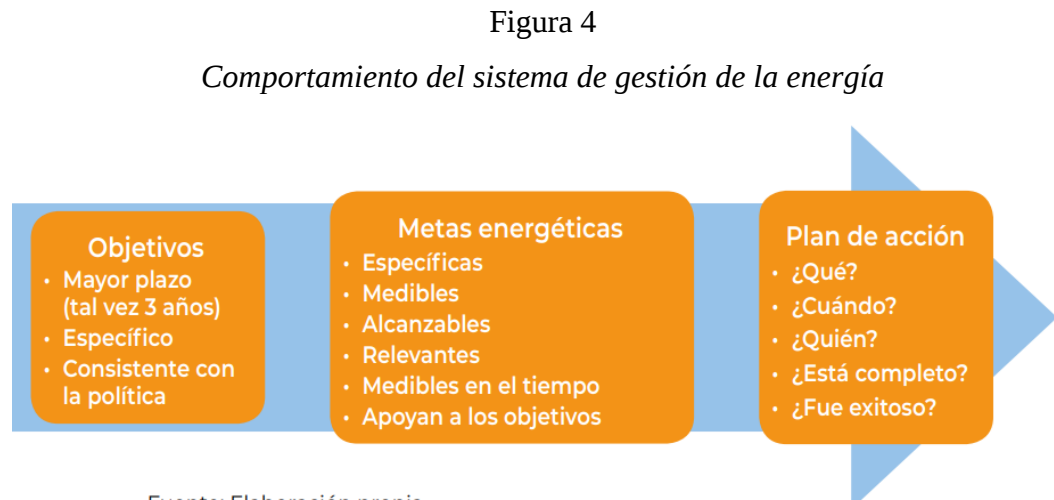
de eficiencia prime), control de la demanda (referido a los modos de operación) o asociados a la cultura energética del ahorro de energía (en la cual se involucra a la capacitación y actitud del personal para contribuir con el ahorro de energía). Los planes energéticos de acción son la base que permiten alcanzar las metas energéticas, y esta formado por un conjunto de acciones secuenciales, controlables y verificables. (Nonalaya, 2020)

Las metas energéticas permiten el cumplimiento de los objetivos energéticos, son cuantificables y específicos asociados a mejorar el desempeño energético. Las metas energéticas están conformadas y se monitorean según los indicadores de desempeño energético. En la planificación de metas energéticas se sugiere el empleo de la metodología SMART que establece la mejor estrategia para que una meta de energética de una organización sea la más adecuada. Para establecer metas energéticas se hace necesario identificar los Usos Significativos de la Energía, para ello se puede utilizar diversas herramientas tal como : Diagrama de Pareto, matriz de enfrentamiento, análisis 80-20, análisis estadísticos descriptivos e inferenciales, entre otras herramientas. (Campos, et al.,2019)

Los planes energéticos de acción deberán elaborarse a través de un cronograma de actividades. En algunas organizaciones se presente un área específica dedicada a ello (tal como el comité de gestión energética) mientras que por otro lado se cuenta tan solo con el área de mantenimiento que se encarga de estas actividades. Para ello es necesario no crear áreas adicionales, sino asignar funciones sobre las responsabilidades de planta ya establecidas. (Nonalaya, 2020)

Los objetivos y las metas energéticas son los compromisos asumidos por la alta dirección y enunciados en la política energética de la organización para promover la cultura de la mejora continua. El cumplimiento de los objetivos y las metas energéticas se consigue con el compromiso y participación de los integrantes de la institución, para ello la alta dirección o gerencia debiera asumir el compromiso de proveer de los recursos financieros, logística y personal para conseguir las actividades planificadas para conseguir cada meta y el objetivo energético. (Flores & Jauregui, 2020)

Las características de los objetivos, metas y planes de acción se presentan en la figura siguiente:



Nota. Imagen tomada de CONUEE México (2020)

Para formular los objetivos y metas, es recomendable la realización de las siguientes actividades que, se relacionan con la revisión y la determinación del potencial de mejoras en el desempeño energético de la institución:

Revisión de la información de la eficiencia energética, para analizar el desempeño y el establecimiento de la línea de base para la identificación del grado de acercamiento de los IDEs reales con los IDEs meta. Según ello se planificará metas y plan de acciones para poder alcanzar los valores meta. La información trabajada es de mayor relevancia cuando más datos se cuente. (Flores & Jauregui, 2020)

Se comparan los datos históricos, para proporcionar un referente o meta y de esta forma poder realizar la evaluación de las oportunidades de la aplicación de planes de eficiencia energética.

Evaluación de estudios anteriormente realizados son un referente para determinar la factibilidad de instalación de proyectos URE en la organización.

Revisar auditorías y/o evaluaciones o estudios realizados con anterioridad, con la finalidad de identificar las fallencias o puntos críticos, lo cual es muy importante para

la futura toma de decisiones, de igual forma pueden brindar una idea de las características del desempeño energético que se desea mejorar.

Vincular a los objetivos estratégicos de largo plazo con los objetivos operacionales de mediano plazo, para que de esta forma se integre toda la organización a la consecución de las mejoras planteadas. (Flores & Jauregui, 2020)

Los objetivos y las metas energéticas se presentan con el estudio e identificación de las oportunidades prioritarias de optimizar el desempeño energético identificadas durante la etapa de la revisión. Los objetivos representan previsiones en el largo plazo asociados a la política energética e incluyen el alcance de lo que se desea implementar. Para este caso las medidas de mejora pueden estar orientadas a la totalidad de la organización, áreas o procesos, o tan solo a un sector en especial considerado crítico. Los objetivos deben estar documentados y, además, contar con la información y análisis requerido para asegurar que se alcancen en las fechas establecidas. (Atia Consultores, Ltda., 2022)

El alcance de los objetivos y las metas energéticas incluye diversos niveles de la organización, del mismo modo se planifica para ejecutarse en diversos periodos de tiempo hasta su término, luego del cual debe ser modificable para su mejora continua. Los niveles en los cuales una organización establece sus objetivos dependerán de las características de consumo de la organización, las formas de energía empleados y los usos significativos de la energía. Los niveles analizados más comunes son:

- En toda la organización: los objetivos pueden abarcar toda la organización proporcionando el marco técnico en la mejora global del desempeño energético de toda la organización y áreas que la conforman.
- Por instalación: en este nivel, los objetivos podrán variar de acuerdo con la eficiencia real por cada área con base a los resultados que se han obtenido de la revisión energética o en un diagnóstico energético.
- Por proceso o equipo: algunas organizaciones concentran sus esfuerzos en solo una parte de ellos, generalmente en donde la intensidad energética es alta o contiene a los usos significativos de la energía, se enfocan por equipos,

por tipo de energía o por línea o etapa de su proceso. (Flores & Jauregui, 2020)

Por otro lado, el establecer los plazos apropiados y con fecha de cumplimiento para los objetivos permiten que estos sean relevantes. Una combinación de objetivos a diversos periodos de tiempo, así tenemos a corto, mediano y largo plazo puede resultar efectivo.

Objetivos de corto plazo (hasta 12 meses), permiten proporcionar datos útiles para el monitoreo del progreso de la mejora continua.

Objetivos de mediano plazo (de 1 a 5 años), permitirán la verificación del avance y la tendencia de lo ejecutado, en caso de desviaciones, se deberán tomar acciones correctivas.

Objetivos de largo plazo (de 5 a 10 años), son estratégicos para la organización e incluyen:

- Factores financieros.
- Visión del planeamiento estratégico de la organización.
- Compromisos de las iniciativas en favor al medio ambiente que incluyan un mejor posicionamiento en el sector donde se desenvuelven. (Flores & Jauregui, 2020)

Para conseguir que una meta energética sea “inteligente”, deberá cumplirse con 5 características primordiales: ser específica, medible, alcanzable, realista y considerar su implementación en un horizonte de tiempo. El establecimiento de metas energéticas inteligentes es la base de la comprensión de los resultados previstos, el desarrollo de estrategias de uso eficiente de la energía perdurables en el tiempo y la obtención de los beneficios previstos. Una vez que formulados los objetivos y metas, la organización se encontrara lista para desarrollar, ejecutar y posterior evaluación de los planes de uso eficiente. (Flores & Jauregui, 2020)

Figura 5

Metas energéticas inteligentes



Nota. Imagen tomada de CONUEE México (2020)

Los planes energéticos de acción deberán contener la información relevante para alcanzar y poder alcanzar los objetivos planteados y metas propuestas. Los planes energéticos deberán incluir las actividades requeridas, los recursos (económicos, materiales y humanos), deben ser nombrados os responsables de las actividades a ejecutar, el periodo de tiempo de ejecución y los mecanismos de evaluación. (Flores & Jauregui, 2020)

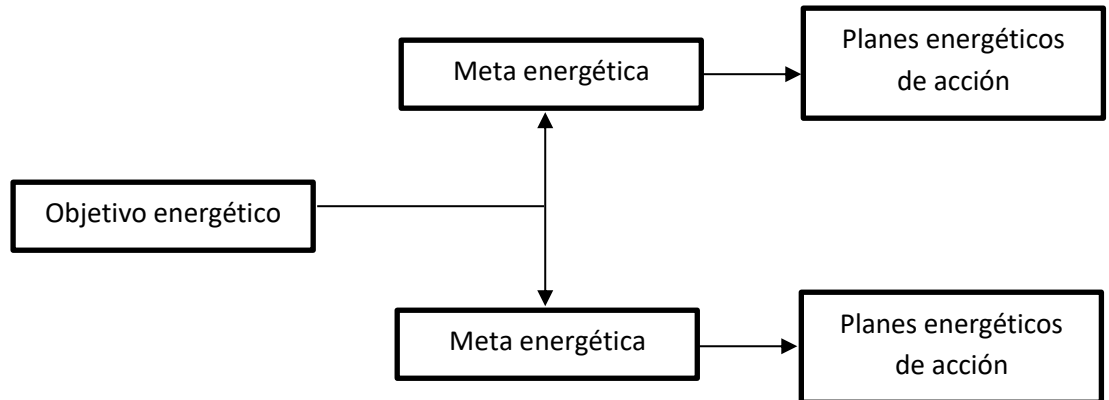
Los planes energéticos de acción indicarán el tipo de actividades, recursos, responsables y plazos de tiempo para alcanzar los objetivos y metas energéticas, y deberán ser acorde con lo obtenido durante la revisión energética. Los planes de acción deben incluir el método para evaluar los resultados y verificar la mejora del desempeño energético. Los planes de acción requieren una determinada documentación para su registro y verificación tal como se establece en otros sistemas de gestión (ISO 9001, 140001). (Atia Consultores, Ltda., 2022)

Matriz de metas, objetivos y planes energéticas. Es una herramienta de planificación y programación de actividades que permiten conseguir la optimización del desempeño energético según la política y alcance del sistema de gestión energética de una institución. El planteamiento de un objetivo conlleva la definición de una o

más metas energéticas. Cada meta energética consta de un conjunto de planes energéticos de acción a desarrollar de forma secuencial y ordenada. (Guevara, 2023)

Figura 6

Ejemplo de un objetivo con dos metas energéticas



Nota. Elaboracion propia.

Los planes energéticos de acción de una matriz incluyen:

- Tareas y acciones para poder alcanzar la meta prevista para alcanzar la política y alcance planificada (qué se hará)
- Las responsabilidades y funciones de las personas a cargo (quién)
- El marco temporal o periodo de tiempo a realizar. (cuándo)
- Los recursos humanos y logística requerida proveniente de la propia organización o por empresas de servicio externa.
- Cómo se realizara la verificación de resultados, incluyendo la mejora en el desempeño del consumo de la energia.
- Los planes de acción tendrán que tener la aprobación de la lata dirección y estar propensos a actualizarse según el caso que se requiera,

Figura 7

Ejemplo de Matriz de objetivos, metas y planes energéticos de acción

OBJETIVO 1	MEJORAR EL DESEMPEÑO ENERGÉTICO TÉRMICO EN LA EMPRESA TEXTIL “LA COLMENA” EN LOS PRÓXIMOS 12 MESES APLICANDO TÉCNICAS DE USO EFICIENTE EN LAS INSTALACIONES E INCENTIVANDO AL PERSONAL COMPROMETIDO CON EL AHORRO DE ENERGÍA DE LA EMPRESA.					
META 3	OBTENER UNA REDUCCIÓN DE PERDIDAS DEL 2% EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR					
PLAN DE ACCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN	RESPONSABLE	INDICADOR	FRECUENCIA DE REVISIÓN	TIPO DE CONTROL	FECHA DE REVISIÓN
Plan de acción de reducción de las pérdidas en la red de distribución	Determinar las pérdidas de calor sin aislamiento	Jefe de Mantenimiento	(kcal/mes)	Mensual	Registro diario de pérdidas de calor	Al culminar los 12 meses y al entregar el Reporte de Valoración Energética
	Verificación del buen funcionamiento de trampas de vapor	Jefe de Mantenimiento	Cumplimiento	Mensual	Check list de estado operativo de trampas de vapor mediante análisis termográfico	
	Requerimiento de adquisición de material de aislamiento para mejorar el recubrimiento de tuberías	Jefe de Mantenimiento	Cumplimiento	Día	Formato de orden de pedido	
	Adquisición de material de aislamiento para mejorar el recubrimiento de tuberías	Jefe de Mantenimiento	Cumplimiento	Día	Formato de recepción de pedido	
	Requerimiento de Adquisición de trampas de vapor	Jefe de Mantenimiento	Cumplimiento	Día	Formato de orden de pedido	
	Adquisición de trampas de vapor	Jefe de Mantenimiento	Cumplimiento	Día	Formato de recepción de pedido	
	Valoración energética del aislamiento térmico de tuberías aisladas	Jefe de Mantenimiento	(kcal/mes)	Mensual	Registro diario de pérdidas de calor	
	Valoración energética de la operatividad de trampas de vapor	Jefe de Mantenimiento	Cumplimiento	Mensual	Check list de estado operativo de trampas de vapor mediante análisis termográfico	
	Cuantificación de la reducción de pérdidas energéticas en las redes de distribución de vapor	Jefe de Mantenimiento	% de reducción	13° mes	Reporte de valoración energética	

Nota. Imagen obtenida de Manual de Auditoría Energética-Guevara (2023)

Para formular los objetivos, metas y planes de acción deberán tenerse en cuenta los resultados obtenidos de la revisión energética (potencial ahorro de energía, reemplazos tecnológicos, cambio de matriz energética, entre otras) así como información organizacional complementaria (recursos materiales, económicos y humanos disponibles, requerimientos de capacitación, objetivos de la organización, condiciones operacionales, requisitos de las partes interesadas). Los objetivos, metas energéticas y planes de acción por lo general serán planteados por el comité de gestión de la energía con asesoría de un gestor energético externo calificado en ISO 50001 como acompañante técnico. Se presentarán a los niveles pertinentes de la organización para su conocimiento, verificación y gestión de recursos económicos

y materiales. La planificación de nivel táctico (p.ej., control de la temperatura del agua de alimentación o temperatura del combustible antes de su combustión) deben ser aprobados por el comité de gestión, por otro lado los de nivel estratégico (p.ej, instalación de banco de condensadores o iluminación eficiente) deberán contar con el respaldo y aprobación de la alta dirección de la organización. (Atia Consultores, Ltda., 2022)

Los objetivos, metas energéticas y planes de acción deberán estar documentados, al día, y de fácil acceso para todos los colaboradores de la organización. Para ello pueden emplearse desde herramientas Informáticas, hojas de cálculo o registros, fichas técnicas, protocolos de operación, matrices de selección para ejecutar los planes de acción. (Atia Consultores, Ltda., 2022)

Calderos pirotubulares.

Es un equipo térmico que opera isobáricamente o en un proceso a presión constante y se conforma de un recipiente de acero, aislado y hermético, tiene por objetivo el aprovechamiento del flujo de calor suministrado por la reacción de un combustible dentro de un quemador, mediante el cual el agua tratada químicamente se calienta y cambia de fase para obtener vapor saturado o sobrecalentado para obtener vapor sobrecalentado. El rendimiento de un caldero puede ser de hasta 90%. Según el nivel tecnológico del equipo y marca. En el sector industrial se emplean los calderos pirotubulares por donde a través de tuberías de acero fluyen los gases de la combustión. (García, 2024)

Un generador de vapor pirotubular tiene por función la generación de vapor a partir de agua tratada químicamente libre de dureza. Los generadores de vapor industriales se comercializan para presiones de trabajo entre 7 a 10 bar y con potencias desde 10 a 3 000 BHP, para generar vapor saturado a 1 565 Kg/h y 39 125 kg/h. Pueden ser de 2 a 4 pasos según la capacidad del caldero. Se construyen según la Norma ASME. (García, 2024)

Las calderas modernas se fabrican con materiales para las partes de presión con calidad certificada SA- 516, las tuberías son de acero al carbono sin costura de 2 ½"

de preferencia. Por otro lado, las placas tubulares son expandidas con el fin de garantizar la estanqueidad total del recipiente sometido a presión. La cámara posterior es refrigerada por agua (Wet Back), en este caso los cambios de paso están sumergidos dentro del agua, eliminándose el uso de material refractario, con lo cual el calor perdido anteriormente por radiación es absorbido por el agua a evaporar. La caldera se encuentra sobre una bancada de acero, de tal forma es compacta y de ubicación horizontal. El aislamiento empleado es lana de vidrio de 2" de espesor y esta recubierto de una lámina de hojalata calibre 22. (Distral, 2019)

La operación de generación es como sigue:

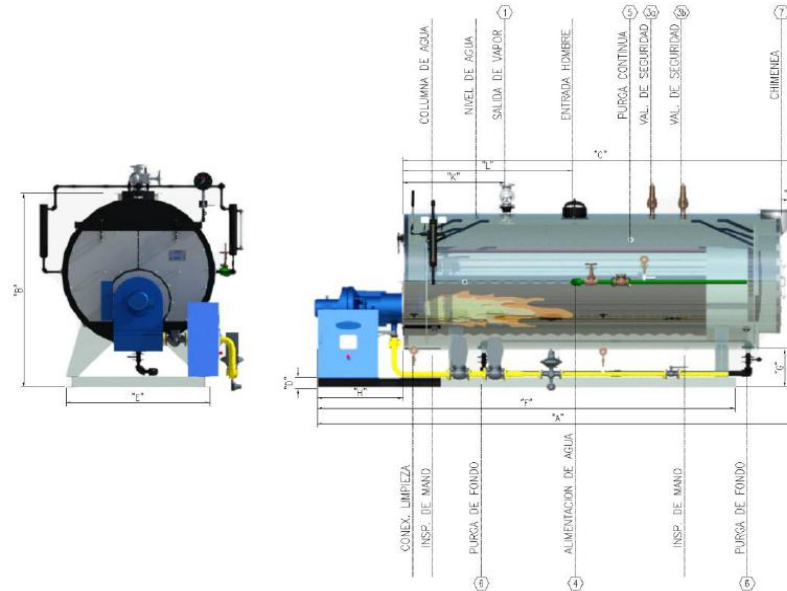
- El agua tratada, contiene 0 ppm de dureza, la cual ingresa por la acción del impulso de bomba multi-etapas o de caudal variable a una presión de impulsión 1.5 veces la presión de operación.
- El flujo de calor que suministra el combustible se realiza por la combustión de combustible líquido o gaseoso a través de un proceso exotérmico, entre un combustible y el oxígeno contenido en el aire, con un exceso de aire en relación al tipo de combustible empleado.
- La eficiencia de un caldero mide el grado de aprovechamiento del flujo de calor suministrado para que el agua cambie de estado. Para combustibles gaseosos se requiere entre 15 a 10% de exceso de aire, mientras que para combustibles líquidos el exceso de aire óptimo oscila en 25 a 30% Para un alto grado de aprovechamiento del flujo de calor suministrado también es importante el grado de mezcla y turbulencia de la combustión.
- La eficiencia de la combustión depende de la temperatura y presión del combustible, del agua y del aire comburente, el nivel de aislamiento practicado a los calderos, mantenimiento del quemador, limpieza de tubos interiores, entre otros. (Barreto & Castillo, 2014)

La potencia de un generador de vapor pirotubular se mide en BHP, la cual fue establecida por el ASME. Este valor mide las condiciones de 62 kg de vapor por hora con una presión de 4.9 kg/cm²) y con temperatura de 101.1 °C. Lo cual corresponde la evaporación de 15.65 kg (34.5 lb) de agua por hora a 100 °C (212 °F), con una conversión de 15.65 kg de agua por hora a 100 °C en vapor saturado a

100 °C, a presión atmosférica, dentro una superficie de de 0,929 m² . (Guevara, 2023)

Figura 8

Vista frontal y lateral de un caldero pirotubular



Nota. Imagen obtenida de Caldera Distral (2019)

Los calderos pirotubulares en su operación requieren una combustión eficiente con un bajo costo de generación. El dimensionamiento del quemador juega un rol importante en la formación de la mezcla entre el combustible y el aire, tamaño de partículas del combustible y la forma de la llama producida. La disposición de los deflectores dentro de la cámara de combustión u hogar frente al quemador presenta un rol muy importante que es la generación de turbulencia, así como el grado de limpieza interior de los tubos es importante, debido a que las cenizas impregnadas en los tubos reducir el área de transferencia de calor. (García, 2024)

Las reacciones químicas presentes en un caldero pirotubular deben tener condiciones adecuadas para la combustión eficiente de bajo costo y emisiones, tenemos lo siguiente:

- Optimo exceso de aire.
- La mezcla aire combustible deberá ser lo más homogénea posible y estar en movimiento browniano para acelerar la reacción de combustión.

- La temperatura de ignición de la mezcla debe ser un valor tal que permita la reacción rápida y la liberación de calor máxima, lo cual es gobernada por un programador electrónico con PLC. (García, 2024)

El exceso de aire es una variable técnica relevante para la reacción del combustible ya que debe ser la cantidad necesaria para alcanzar la máxima liberación de calor de la reacción y alcanzar una alta temperatura de llama adiabática, la combustión está compuesta por un conjunto de reacciones intermedias que se presentan, y es prioritario incrementar la velocidad de la misma. En defecto de aire reduce la velocidad de las reacciones y genera CO, así como un bajo grado de aprovechamiento del flujo de calor suministrado. Para combustibles en estado gaseoso como el GLP y el GNV el exceso varía entre 15-20% mientras que para combustibles líquidos entre 25 a 30% y combustibles sólidos como el carbón es de 40 a 45% de exceso de aire, este último no es utilizado en calderas pirotubulares. (Huamancayo, 2017)

La operación eficaz de los calderos pirotubulares necesita ejecutar un programa exigente de control y regulación periódica del rendimiento de combustión con la finalidad de conseguir valores cercanos a 90% la cual puede ser mucho mayor dependiendo de la tecnología del equipo. El rendimiento del caldero tiene varios factores que afectan a su valor optimo, dentro de los cuales tenemos la temperatura del agua de alimentación, el cual de preferencia es cercano a 100°C para un mejor consumo de combustible. La temperatura del aire comburente juega un rol muy importante para conseguir un máximo valor de la temperatura de la combustión. (Huamanchumo & Moreno, 2022)

La eficiencia energética es el indicador de mayor relevancia de una caldera, la cual representa el nivel de aprovechamiento del flujo de calor suministrado durante la combustión para generar el flujo de calor útil o generación de vapor saturado para usos industriales. La finalidad de un generador de vapor es el máximo aprovechamiento de la transferencia de calor desde los gases calientes al agua en el proceso de evaporación, para ellos factores de operación como exceso de aire, calidad de la mezcla, características de presión y temperatura del combustible, así

como la arquitectura del quemador influye significativamente en la eficiencia del equipo. Del mismo modo la calidad del agua tiene una importancia relevante de tal forma de que se ablanda y adiciona aditivos anticorrosivos y antiincrustantes. (Guevara, 2023)

Método directo para evaluar el rendimiento del caldero. Conocido como el Método entrada-salida debido a que solo se necesita la evaluación de las condiciones de ingreso del flujo de calor de reacción al caldero y las condiciones para la generación del vapor saturado producido. Representa el efecto de la variación de la operación del equipo incluyendo los tiempos de arranque y parada, así como las purgas realizadas al agua para poder tener un agua de calidad de proceso, con un determinado nivel de perdidas. (Guevara. 2023)

Para determinar la eficiencia se debe contar con un analizador de gases, teniendo tecnologías de la marca TESTO los más importantes en la medición de la eficiencia energética. El otro parámetro a conocer es el flujo masico de combustible, el cual es monitoreado por las empresas debido a su costo quedando como variable por determinar el flujo masico de combustible, según la ecuación:

$$\eta = \frac{\text{Potencia termica Util}}{\text{Potencia termica suministrada}} * 100\% \dots \dots (1)$$

$$\eta = \frac{\dot{m}_v * (h_2 - h_1)}{\dot{m}_c * Pci} * 100\% \dots \dots (2)$$

Dónde:

$\dot{m}_v$ =Flujo de vapor generado por hora,

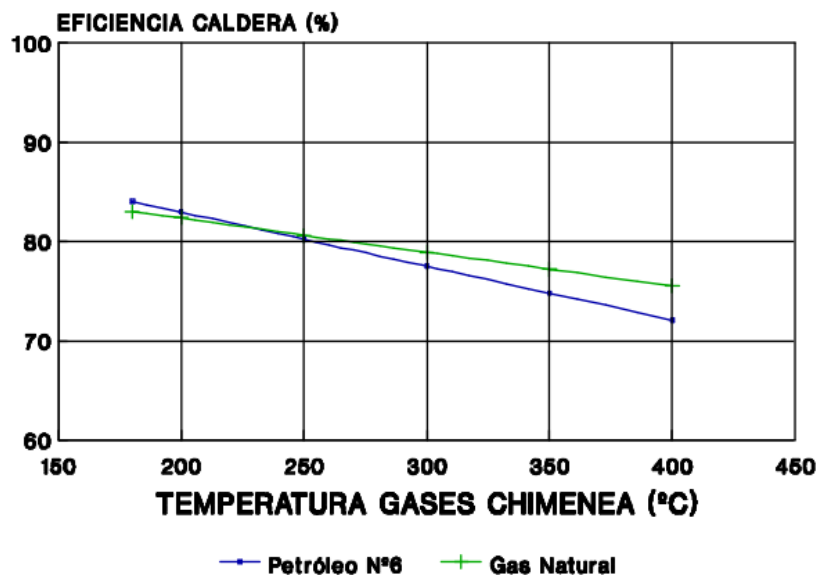
$(h_2 - h_1)$ =Variación de entalpía de vapor (entalpia de vapor saturado a la presión de servicio del caldero menos entalpia del liquido comprimido evaluado a la temperatura y presión del agua suministrada a calderos)

$\dot{m}_c$ =Flujo másico del combustible,

Pci : Poder calorífico inferior.

Figura 9

Eficiencia promedio de calderos pirotubulares



Nota. Imagen obtenida de tesis de Barreto y Castillo (2014)

La regulación de los parámetros de la combustión resulta similar en calderos pirotubulares y acuotubulares con lo referido al ajuste de la relación aire-combustible, con ciertas diferencias entre las cuales tenemos: características de transferencia de calor y condiciones de circulación de gases, tanto para generación de vapor saturado y sobrecalentado, generación de agua caliente sanitaria y calentamiento de aceite térmico. El procedimiento de regulación o afinamiento de la combustión consiste en afinar la relación aire/combustible, ajustando la apertura de ingreso de combustible con el dámper de ingreso del aire con las mediciones del analizador de gases medidos en la chimenea. (Guevara. 2023)

Figura 10

Lectura de eficiencia de caldero con Analizador TESTO



Nota. Imagen obtenida de Combustion Industrial.

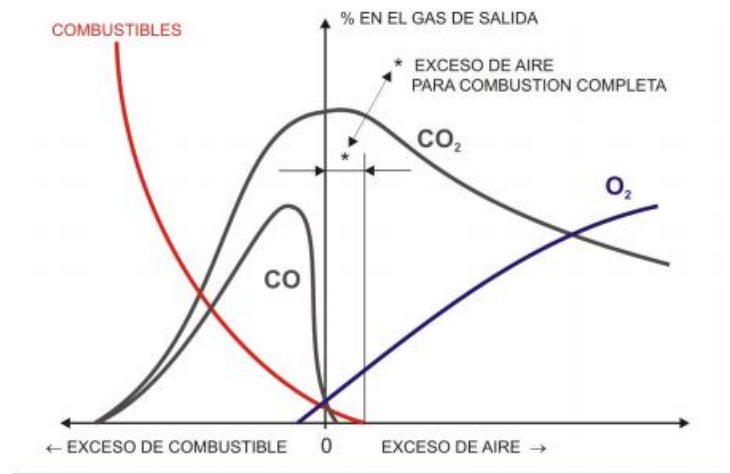
A partir de la regulación de llama baja y disponiendo en este punto de una condición estable, el procedimiento posterior depende de las facilidades del caldero para regulación de aire y combustible. En condiciones normales, se tiene un equipo de modulación que permite la realización de la regulación; este sistema permite la regulación del flujo del combustible en todas las posiciones de modulación (llama baja, llama media y llama alta), representada por la posición de introducción de los tornillos que presionan la válvula de petróleo, para mantener una sincronía con la apertura del dámper de ingreso de aire. (Guevara. 2023)

En el caso de que el sistema de regulación es manual por intermedio de varillas, se tendrá que buscar una posición de combinaciones respecto a la posición de apertura del dámper y la válvula de doble vía de ingreso de combustible, lo cual resulta limitado, debido a que el ingreso de petróleo se regula a través de una recta y el flujo de aire que ingresa varía en función a la curva parabólica que registra la apertura del dámper. Siempre resultará conveniente y rentable cambiar el sistema de varillas por un modulador electrónico para facilitar la regulación de la relación aire/combustible, existiendo actualmente sistemas electrónicos para la regulación automático del ingreso del aire y combustible. (Guevara. 2023)

Teniendo una condición de regulación en el modulador aproximadamente correcta, se puede establecer con cierto grado de precisión la relación aire combustible en llama alta, procediéndose en el afinamiento de la relación aire combustible en el nivel de menor exceso de aire que no presente más del valor 1 en el medidor de opacidad de los gases, manteniéndose incluso un pequeño colchón de seguridad para evitar la presencia de inquemados gaseosos y sólidos en caso de pequeñas oscilaciones. Una buena combustión se consigue entre 20-25% de exceso de aire para combustibles líquidos. La operación del caldero en llama alta debe producir la capacidad nominal del caldero, lo cual puede calcularse para calderos pirotubulares tomando como referencias prácticas la producción de 15 kg de vapor/BHP y el consumo de 0.28 galones de petróleo/BHP, para petróleos residuales y combustibles livianos. Para gas natural, el consumo requerido es de 1.1 m³/BHP. (Guevara. 2023)

Figura 11

Comportamiento de gases de Combustion para una buena eficiencia



Nota. Imagen obtenida de Combustion Industrial.

Teniendo regulada la combustión en posición de llama alta, se deberá revisar y reajustar en la posición de llama baja, efectuándose luego en la posición del modulador equivalente a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de llama. Teniendo regulados estos 5 puntos, solamente tendrá que afinarse la posición de los tornillos intermedios, alcanzándose condiciones de máxima eficiencia y estabilidad operativa en todas las condiciones operativas del caldero. A partir de este punto el caldero deberá trabajar en automático, fijando en el Presostato las presiones de parada y arranque y en el

Modulador, los niveles de operación que permitirán adecuar la producción del caldero a la demanda de vapor en forma óptima. (Guevara. 2023)

Recomendaciones generales para la recolección de datos de un caldero pirotubular en operación:

- Mantener la generación de vapor durante un lapso de 1 hora como mínimo, para el establecimiento de los parámetros de presión, temperatura y flujo, antes de iniciar las mediciones.
- En caso de ser posible, se deberá realizar las mediciones al 50% (carga mínima), 75% (carga media) y al 100% (carga máxima de trabajo) de su capacidad de producción. Para cada una de las condiciones de carga en condiciones estables se recomienda mantenerla durante el periodo de 1 hora y tomar nuevas mediciones cada 15 minutos.
- Se puede realizar estos ensayos operando a diversos perfiles de carga de acuerdo con las condiciones de operación y producción del caldero, respetando las recomendaciones del ítem anterior, cuanto mayor sea el nivel de carga posibles mayor sería el período de mediciones a realizar.

Se conoce como factor de carga:

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{BHP reales}}{\text{BHP nominales}} \dots \dots (3)$$

Se recomienda la operación de un caldero con un Factor de Carga entre el 85 al 90 %, valor en el cual se alcanza la máxima eficiencia.

Minimización del aire en los excesos de aire de la combustión Para lograr una gestión de la combustión óptima se debe agregar el suficiente oxígeno a la zona de combustión para combustionar todo el combustible, sin embargo, se debe evitar la adición de aire en exceso para la minimización de las pérdidas de energía térmica. Al minimizar las pérdidas de energía térmica en una determinada combustión se debe evitar provocar una combustión incompleta, lo cual es ineficiente porque no se aprovecha toda la energía disponible del combustible (formándose monóxido de carbono). Cabe mencionar también que trabajar con exceso de aire, no siempre

garantiza una combustión completa. Una mezcla inadecuada de aire y el combustible genera ineficiencia en el proceso de generación de vapor, ya sea por defecto generándose monóxido de carbono o por exceso lo cual es contraproducente para la combustión óptima y la temperatura de la llama adiabática. Por lo tanto, es necesario el control del flujo de combustible que llega a los calderos como el flujo de aire, ya que deben estar en una adecuada proporción termodinámica. El control del combustible depende del tipo de combustible, por ejemplo, en caso de utilizar petróleo BD5 se deberá realizar el proceso de ajuste a través de la presión de los cabezales de la válvula de ingreso de combustible de 3 vías. (Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía, 2020)

Figura 12

Optimización del funcionamiento de la combustión

Valor del análisis	Causa	Solución
CO alto y O ₂ bajo	Cantidad de aire introducido a la caldera insuficiente.	Aumentar la apertura de la persiana de paso de aire del quemador.
CO ₂ bajo y O ₂ alto	Exceso de aire.	Disminuir la apertura de la persiana de paso de aire del quemador.
CO alto y O ₂ alto	Mezcla aire combustible inadecuada.	Desmontar el inyector/quemador, limpiar o sustituir, si fuera necesario, y efectuar un nuevo análisis.

Nota. Imagen obtenida de Guía de Eficiencia Energética en Sistemas de Vapor

Un problema muy común que se presenta en los generadores de vapor es la inadecuada relación aire/combustible. Para una combustión adecuada del combustible dentro de la caldera, se requiere una cierta cantidad de oxígeno que es el elemento comburente que forma el aire. Si hay defecto de aire, el carbono del combustible se oxida y produce CO. Esto genera una menor liberación de calor de reacción, debido a que el combustible no reacciona por completo, reduciéndose la eficiencia de la combustión. En el supuesto caso de tener un elevado exceso de aire, se genera un gran volumen de oxígeno, el cual no ha podido reaccionar durante la combustión. (Master SI, 2021)

Un proceso óptimo está relacionado a la adición necesaria de aire para que el combustible combustione de manera segura. Existen sistemas automáticos de control que permiten el control del flujo de aire necesario para una combustión dentro de un caldero, los cuales son contralados mediante sensores remotos que permiten mantener el exceso de aire constante a diversos niveles de carga del caldero. Así mismo el quemador deberá estar en sincronía con el flujo para un alto rendimiento de la combustión. (Master SI, 2021)

El empleo de variadores de velocidad juega un rol de vital importancia en los ventiladores de los quemadores, los cuales operan a velocidades variables según el requerimiento del aire primario de la combustión, con sustanciales ahorros de energía eléctrica y menor generación de ruido. Si un ventilador o una bomba de circulación es controlada por un dámper o una válvula, genera pérdidas económicas debido a que el flujo de aire es innecesario debido al giro único del motor eléctrico. (Master SI, 2021)

Con el funcionamiento de la caldera, las superficies de transferencia de calor se van cubriendo de incrustaciones, aumentando la resistencia a la transferencia de calor y en consecuencia las temperaturas en el tubo de escape de la chimenea también aumentan. En definitiva, esto hace disminuir la eficiencia de la caldera. Para evitarlo es necesario limpiar estas superficies periódicamente. Una forma de desincrustar el hollín y las cenizas de las cañerías es utilizar sopladores de hollín que consisten en lanzas con toberas que usan vapor a alta presión o aire comprimido. (Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía, 2020)

En principio se deben minimizar las pérdidas de calor para aumentar la eficiencia del proceso de transferencia de energía. En el caso de la generación de vapor, como el tanque de alimentación de agua se encuentra caliente se deben evitar las pérdidas que surgen en la superficie del agua, por ejemplo, mediante algún tipo de tapa. Otra opción consiste en cubrir la superficie con una manta flotante de pelotas de plástico. Finalmente, otra alternativa es aislar y utilizar material refractario en las calderas para mejorar la seguridad en la planta y para reducir pérdidas por radiación o convección. De esta forma al reducir las pérdidas de calor, se reduce la temperatura

ambiente en la sala de calderas. (Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía, 2020)

Figura 13

Optimización por eliminación de pérdidas

Valor del análisis	Causa	Solución
Temperatura de paredes > Temperatura ambiente de sala	Calderas antiguas o con aislación deficiente.	Sustitución de aislación.
Temperatura de gases > 230°C	Intercambio de calor inadecuado.	Limpieza del interior de la caldera o instalación de un economizador de calor.

Nota. Imagen obtenida de Guía de Eficiencia Energética en Sistemas de Vapor

Un factor importante en la eficiencia de la generación de vapor es la temperatura del agua de ingreso al caldero. Mientras más temperatura tenga la temperatura de ingreso de agua de alimentación, entonces menos combustible consumirá el caldero, ya que menos es la necesidad térmica necesaria para generar vapor; así mismo, el caldero no padece un estrés térmico producto del ingreso de agua a una temperatura baja. Una regla práctica nos dice que cada 3° C de aumento en el agua de alimentación mejora la eficiencia del caldero en 1%; esto puede parecer poco, pero si calculamos el ahorro de combustible al año. Hay diversas formas de mejorar esta situación. Primero, podemos empezar por determinar porque la temperatura está baja. Puede ser que el condensado pierda temperatura por no tener las líneas aisladas o el retorno de condensado es bajo, entre otros. Segundo, implementar correctivos o mejoras para evitar esta situación. Una oportunidad de mejora es el uso de un economizador, este es un equipo que aprovecha los gases de escape para calentar el agua de ingreso al caldero. (Pacheco & Vargas, 2021)

Para optimizar el funcionamiento de la caldera, el agua de reposición de la caldera debe ser tratada adecuadamente ya que, si esta tiene la calidad adecuada, se reduce la necesidad de purgado. Esto implica una reducción de la pérdida de energía térmica en la corriente de purga. Una alternativa para mejorar la calidad del tratamiento del agua es el uso de desmineralización o acondicionamiento por ósmosis inversa en lugar de ablandadores de ciclo de sodio. Se recomienda consultar al fabricante de

caldera, en caso de no contar con datos de los parámetros de calidad de agua de alimentación a caldera. Cabe mencionar también que la calidad de agua de caldera dependerá del tipo de caldera y de la presión de operación, esta información puede ser provista por el fabricante del equipo o por empresas que brindan el servicio de tratamiento de aguas. (Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía, 2020)

Optimizar el funcionamiento del degasificador Como se mencionó anteriormente, este equipo reduce el contenido de oxígeno en el agua de alimentación a calderas, pero además sirve para precalentar el agua de reposición, como tanque de mezcla del retorno de condensado con el agua de reposición y puede servir como tanque de almacenamiento de agua de alimentación (envío a la bomba de agua de alimentación de la caldera). (Villegas, 2022)

En primer lugar, se tendrá en cuenta que la caldera está continuamente generando diferentes cantidades de vapor en función de la demanda del proceso y esto hace que el requerimiento de agua de alimentación vaya desde cero al máximo vapor de diseño. Por esta razón, es importante regular la temperatura y la presión del agua dentro del depósito. Las posibles medidas a tomar para la regulación del sistema son: Sistema de control que regula la bomba de agua de alimentación para mantener constante el nivel de líquido dentro del desaireador.

Estabilizador de temperatura, se controla la entrada de vapor para mantener constante la temperatura.

Regulación del vapor, se controla la presión, esta magnitud debe ser la adecuada para mantener la cantidad de vapor requerida en el depósito. (Villegas, 2022)

Los controles de nivel del tipo on-off sobre la bomba de alimentación originan ciclos en la salida de vapor, estos pueden afectar la operación suave o modulante de la caldera, generando efectos no deseados en la presión de la misma, el caudal de vapor y el régimen de fuego del quemador. El ciclado continuo aumenta el mantenimiento, reduce la eficiencia de la combustión y aumenta la fatiga térmica de la caldera. En contraposición, los controles de nivel modulantes mantienen el nivel del agua mediante un controlador proporcional regulando en la línea la válvula de agua de alimentación con funcionamiento continuo de la bomba. Bajo este sistema la caldera

trabaja suavemente, siendo apto para casi todas las calderas, grandes y pequeñas. (Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía, 2020)

Figura 14
Cuantificación de oportunidades de mejora en calderas

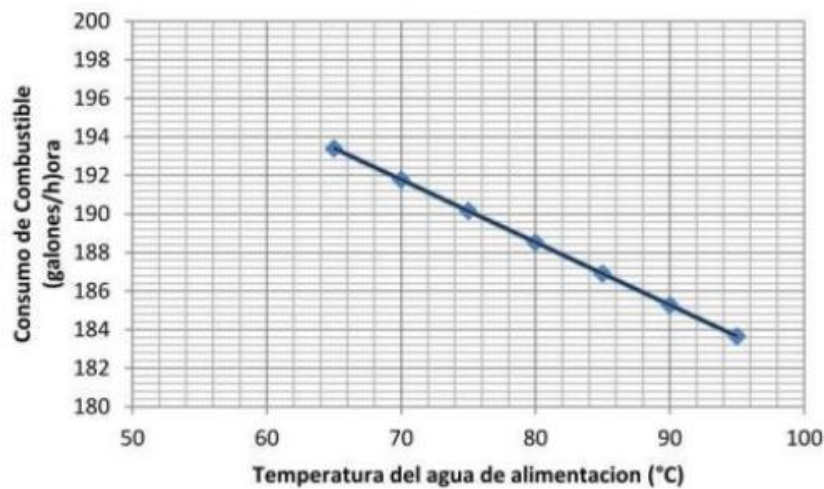
	Ahorro de Combustible	Otros beneficios
Mejoras de control	3%	Reducción de emisiones
Reducción de Flue Gas	2 - 5%	Reducción de emisiones
Reducción de Exceso de aire	1% por cada 15% de aire menos	
Mejora de aislación	6% - 20%	Calentamiento más rápido
Mantenimiento	10%	Reducción de emisiones
Recuperación de calor de Flue Gases	1%	
Recuperación de calor del blowdown de vapor	1.3%	Reducción de daños a la estructura

Nota. Imagen obtenida de Guía de Eficiencia Energética en Sistemas de Vapor

El incremento de la temperatura del agua de suministro al caldero permite disminuir el consumo de combustible, referido al gas natural o petróleo empleado para calentar el agua al punto de saturación. Cuando se aprovecha el flujo de energía térmica de los gases de combustión en 20 °C se consigue incrementar el valor de la temperatura del agua de suministro a calderos en 15 °C, con un aumento del rendimiento de 3%. Para este proceso se emplean los economizadores los cuales se ubican en las chimeneas de los calderos. El agua de alimentación en una caldera es un recurso crítico que debe ser controlado y manejado de manera óptima para garantizar la operación segura y eficiente de las calderas industriales. Los parámetros de control, como la concentración de sólidos disueltos, el pH y el oxígeno disuelto, deben monitorearse y ajustarse regularmente. Además, las purgas continuas e intermitentes desempeñan un papel vital en el mantenimiento de la calidad del agua y la integridad de la caldera. (García, 2024)

Figura 15

Influencia de la temperatura del agua de alimentación en consumo de combustible



Nota. Imagen obtenida de Tesis de Pacheco & Vargas.

El condensado se forma a medida que el vapor transfiere su calor y se condensa. Es irresponsable desperdiciar este subproducto. El condensado se encuentra limpio y sin sólidos disueltos ni gases y está listo para ser usado nuevamente en su caldera. El agua ya está caliente y, por lo tanto, requiere mucho menos combustible para convertirla en vapor nuevamente. La reutilización del condensado también reduce la cantidad de agua de reposición fría, los productos químicos y el tratamiento que se requiere para su caldera. Por último, redirigir el condensado de regreso al sistema de agua de alimentación puede reducir el tratamiento de aguas residuales y los costos de alcantarillado. (Master SI, 2021)

Para un aumento aún mayor de la eficiencia de la caldera, considere un sistema de retorno de condensado de alta presión en sus usuarios de vapor más grandes. Esto mantiene su condensado a una presión más alta. El condensado no se evapora, por lo que devuelve más agua a una temperatura significativamente más alta directamente a su caldera. (Master SI, 2021)

El quemador debe calentar el aire de combustión entrante con la llama. Si el aire introducido en el quemador es más cálido, se requiere menos combustible para producir la misma cantidad de vapor en la caldera. Un modesto aumento de 40° F

en la temperatura del aire fresco puede ahorrar un 1% en la factura de combustible. Si utiliza grandes calderas durante todo el día, esto realmente puede representar un importante ahorro. En algunos casos, un precalentador de aire puede amortizarse en menos de un año. (Master SI, 2021)

El mantenimiento de calderas industriales junto con la constante supervisión de dichos equipos, son acciones que ayudan a minimizar los costos operativos y evitar los fallos o daños irreparables tanto en los dispositivos como en los procesos de producción de una empresa. De igual forma, estas inspecciones permiten optimizar la eficiencia energética de las calderas y las posibles pérdidas de calor que se pueden generar si no se revisa regularmente cada uno de los elementos que la componen. El objetivo de estos mantenimientos es alargar la vida útil de las calderas industriales y la de sus sistemas de combustión. (Gelmsa, 2020)

De igual forma, para garantizar el rendimiento de los dispositivos, es indispensable mantener registros concretos y organizados, ejecutando a la par mantenimientos preventivos constantes para identificar los factores que pueden estar afectando la producción de vapor. Ahora bien, otras características importantes de estas operaciones son:

En el mantenimiento de calderas industriales se efectúan limpiezas que remueven residuos generados cuando la caldera ejecuta sus procesos de combustión, tales como la cal y el hollín. Con estas actividades, se eliminan los desechos y materiales que pueden estar al interior de los tubos a causa de la transferencia de calor, debido a que estos elementos llegan a reducir su diámetro y la eficiencia en la generación de vapor, aumentando paralelamente la probabilidad de dañar toda la caldera. (Gelmsa, 2020)

En los mantenimientos para calderas se pretende remover los residuos sólidos que están disueltos en los dispositivos. Cuando estos desechos se acumulan, pueden llegar a taponar por completo las válvulas o tubos y dañar de esta forma todo el sistema. En este caso, se ejecutan purgas para drenar el agua de la caldera con el fin de evitar las altas concentraciones de sólidos. (Gelmsa, 2020)

En las labores de inspección se monitorea y revisa la calidad del agua, ya que es un elemento fundamental para el rendimiento de la caldera industrial. Asimismo, se presta atención a los minerales que son disueltos en el líquido y a los procesos de condensación del equipo. Para asegurar la funcionalidad de los sistemas, se realizan distintos tipos de mantenimientos de calderas industriales, los cuales pueden categorizarse en predictivos, correctivos, preventivos, reglamentarios, en uso y a cero horas. Seguidamente, te compartiremos más detalles de estos tipos de operaciones. (Gelmsa, 2020)

VI. Organización y sistematización.

Las actividades realizadas en el desarrollo del presente trabajo de experiencia profesional fueron las siguientes mencionadas en la tabla 2.

Tabla 2

Actividades desarrolladas asociadas al informe

Inicio	Fin	Actividad
03.10.2022	15.11.2022	Recopilación de informacion referente a la eficiencia de calderos
17.11.2022	07.01.2023	Evaluación de la informacion inicial obtenida
09.01.2023	27.02.2022	Planificación de matriz, objetivos y planes energéticos de acción
01.03.2023	25.04.2023	Presentación, revisión, correcciones y aprobación de matriz, objetivos y planes energéticos de acción
01.05.2023	28.05.2023	Elaboracion de los instrumentos de recojo de informacion
01.06.2023	30.05.2024	Ejecución y monitoreo de planes energéticos de acción
03.06.2024	30.06.2024	Evaluación de las metas y objetivos
02.07.2024	27.07.2024	Acciones futuras para la mejora continua

Nota. Elaboracion propia.

VII. Ubicación de las experiencias en el marco del sustento teórico.

6.1 Diagnóstico de calderos. Se presentan los valores promedios de operación:

Tabla 3

Parámetros de eficiencia de Calderos de planta

Descripción	Caldero 1	Caldero 2
Marca	Cleaver Brooks	Distral
Potencia (BHP)	700	700
Presión de operación (bar)	7	7
Eficiencia (%)	82,5	83,0
Consumo R500 (Gal/h)	105	110
%CO ₂	8,5	8,4
%O ₂	5,4	5,4
Temperatura de agua(°C)	90	90
Temperatura R500(°C)	85	85
Temperatura gases (°C)	200	205

Nota. Información obtenida de la Empresa.

Se presentan los valores de consumo de Petróleo R500 asociado a la producción de harina de pescado y los valores de producción de 7 meses.

Tabla 4

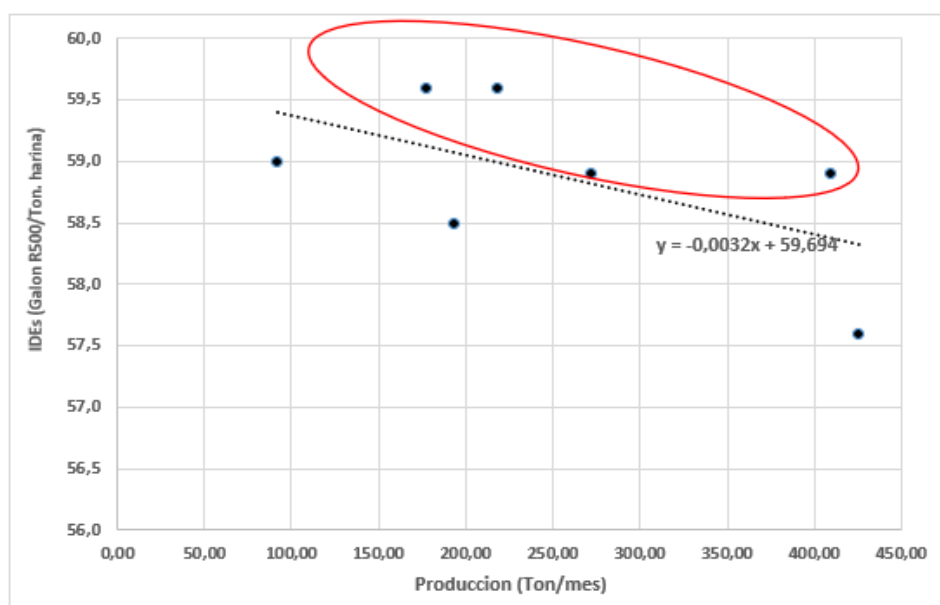
Contabilidad energética térmica de planta

Mes	Consumo de Petróleo R500 (Gal/mes)	Producción (Ton/mes)	IDEs (Gal R500/Ton harina)
Feb-22	5425	92,00	59,0
Abr-22	13020	218,50	59,6
May-22	10550	177,10	59,6
Jun-22	11300	193,20	58,5
Jul-22	15990	271,40	58,9
Ago-22	24510	425,50	57,6
Oct-22	24100	409,40	58,9

Nota. Elaboración propia con Información obtenida de la Empresa.

Del mismo modo se ha construido la línea base energética con la información obtenida de la tabla 4, para los 7 meses de operación realizados el año 2022, como parte de la actividad “evaluación de la información obtenida”. Se observa así mismo la ecuación característica de la línea base energética aplicada al área de calderos. Donde todos los valores que se encuentren sobre la línea base energética construida requieren una mejora con respecto al valor meta (valores encerrados con la elipse color rojo), siendo tres meses en los cuales los IDEs reales superaron los valores IDEs meta.

Figura 16
Línea base energética inicial periodo 2022



Nota. Elaboración propia.

Para determinar el exceso de combustible consumido en el área de calderos mes por mes se determinó según el siguiente procedimiento.

Por ejemplo, para el mes abril-2022.

$$IDES\ Meta = (-0,0032 * Produccion) + 59,694$$

$$IDES\ Meta = (-0,0032 * 218,50) + 59,694 = 59,0 \frac{Galon\ Petroleo\ R500}{Tonelada\ de\ harina}$$

$$Exceso\ de\ Petroleo\ R500 = (IDES - IDEs\ META) * Produccion$$

$$Exceso\ de\ Petroleo\ R500 = (59,6 - 59) * 218,50$$

$$Exceso\ de\ Petroleo\ R500 = 131,1 \frac{Galones\ Petroleo\ R500}{mes}$$

Tabla 5

Determinación del exceso de combustible consumido 2022

Mes	Consumo de Petroleo R500 (Gal/mes)	IDES (Gal R500/Ton harina)	IDES META (Gal R500/Ton harina)	Exceso de Petroleo R500 consumido (Gal/mes)
Feb-22	5425	59,0	59,4	
Abr-22	13020	59,6	59,0	131,1
May-22	10550	59,6	59,1	88,6
Jun-22	11300	58,5	59,1	
Jul-22	15990	58,9	58,8	27,1
Ago-22	24510	57,6	58,3	
Oct-22	24100	58,9	58,4	204,7

Nota. Elaboracion propia.

Se determino un exceso de consumo de combustible para el periodo analizado de 451,5 galones de petróleo R500, aun precio promedio puesto en planta del petróleo de S/12 el galón significa un exceso en la facturación de 5 418,00 Soles en el periodo analizado.

Del mismo modo se plantearon los principales temas que deberían abordarse para la mejora de la eficiencia de los calderos de la empresa, identificándose los siguientes aspectos de mejora propuesto, cada uno con su respectivo código:

- Ajuste de la eficiencia de calderos. (AEC)
- Compra de calderos nuevos. (CCN)
- Cambio de combustible de petróleo R500 a gas natural. (CCP-GN)
- Incremento de temperatura de agua y petróleo. (ITAP)
- Mantenimiento interno de banco de tubos de calderos. (MIBT)
- Generación de vapor flash. (GVF)

Se realizó una matriz de enfrentamiento entre los aspectos de mejora propuestos, para ello se asigna un peso 1 cuando el aspecto de mejora es más relevante a implementar con respecto a otro, a este último se le asigna el valor de 0.

Por ejemplo, al realizar el análisis entre AEC y CCN: Se tiene en cuenta que el ajuste de la eficiencia de los calderos tendrá mejores resultados que la compra de calderos nuevos en el objetivo que es el incremento de la eficiencia de calderos. En el sentido de que es mucho más económico el alquiler de una empresa consultora para realizar el ajuste de la eficiencia (medición de gases de la chimenea y regulación del aire combustible del modulador del quemador), mientras que se la inversión de la compra de 2 nuevos calderos es mucho más elevada.

Asignándose el valor de 1 a AEC y un valor de 0 a CCN, tal como se detalla en la figura 17, en la asignación de puntajes.

En El Anexo 1 se detalla el análisis de los puntajes asignados en la figura 17.

Figura 17

Matriz de enfrentamiento entre los aspectos de mejora para el incremento de la eficiencia de calderos

Aspecto	AEC	CCN	CCP-GN	ITAP	MIBT	GVF	Puntaje
AEC		1	1	1	1	1	5
CCN	0		0	0	0	1	1
CCP-GN	0	1		0	0	0	1
ITAP	0	1	1		1	1	4
MIBT	0	1	1	0		1	3
GVF	0	0	1	0	0		1
Total							15

Nota. Elaboración propia.

Seguidamente se presenta la determinación de los porcentajes de participación para cada aspecto de mejora y su porcentaje acumulado para graficar el diagrama de Pareto y el 80-20 para identificar los principales aspectos de mejora a implementar y la construcción de la matriz de objetivos, metas y planes energéticos de acción.

Tabla 6

Determinación del porcentaje acumulado

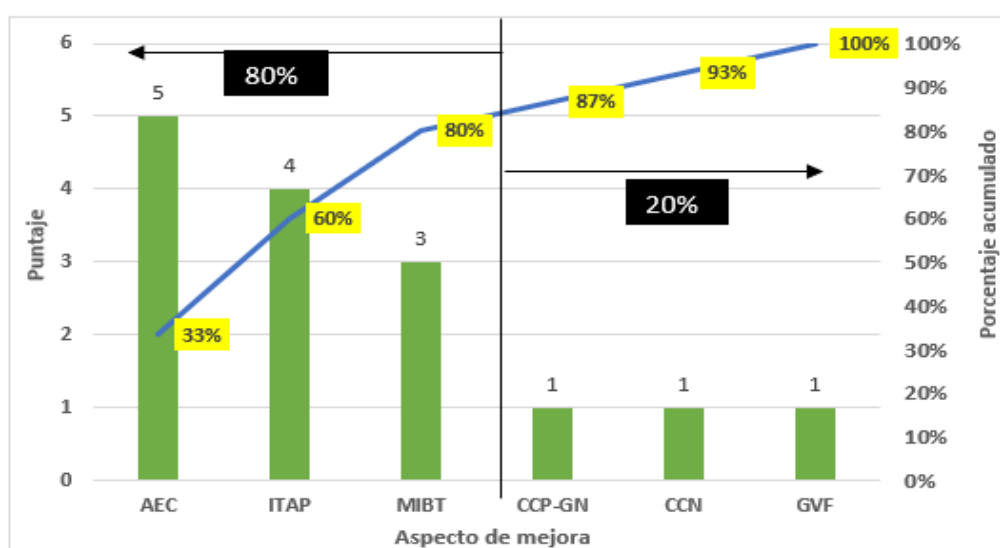
Aspecto de mejora	Puntaje	%	% Acumulado
AEC	5	33%	33%
ITAP	4	27%	60%
MIBT	3	20%	80%
CCP-GN	1	7%	87%
CCN	1	7%	93%
GVF	1	7%	100%
Total	15	100%	

Nota. Elaboracion propia.

Se presenta el diagrama de Pareto de los aspectos de mejora considerados para el incremento de la eficiencia de calderos y su respectivo análisis 80-20 para la toma de decisiones.

Figura 18

Diagrama de Pareto y análisis 80-20 para determinar los aspectos de mejora relevantes para incrementar de la eficiencia de calderos



Nota. Elaboracion propia.

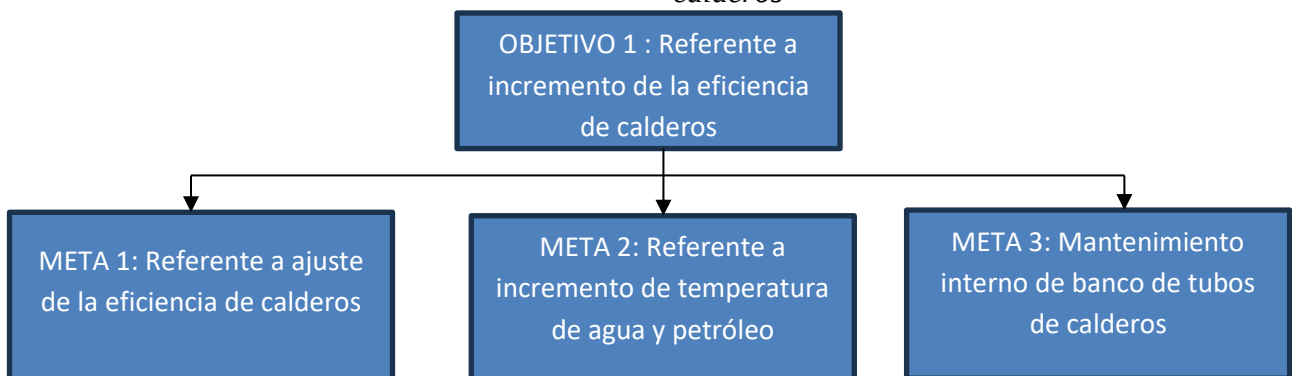
En el análisis de la figura 18, entre los 03 aspectos de mejora: Ajuste de la eficiencia de calderos (AEC), incremento de temperatura de agua y petróleo (ITAP) y mantenimiento interno de banco de tubos de calderos (MIBT), se concentra el 80% de los potenciales problemas que deben corregirse para el incremento de la eficiencia de calderos, con lo cual se garantiza de que al implementarse los 03 aspectos de mejora de los 06 planteados, se asegura conseguir el objetivo que es incrementar la eficiencia de calderos, tal como se define el análisis 80-20 para la toma de decisiones. Mientras que el 20% de los aspectos de mejora restante no se considera relevante para el objetivo que se persigue, tal como se determinó en la matriz de enfrentamiento.

6.2. Elaboración de la matriz de objetivos, metas y planes energéticos de acción.

Se plantea 1 objetivo y para ello tres metas.

Figura 19

Identificación de objetivo y metas energéticas para incrementar de la eficiencia de calderos



Nota. Elaboracion propia.

Se plantea el siguiente objetivo, tomando como referencia la NTP ISO 50001.2020 Requisitos y criterios de uso de la norma.

OBJETIVO: Incrementar la eficiencia de calderos de la Empresa ANDECORP S.A.C en los próximos 12 meses aplicando técnicas de eficiencia y mantenimiento en los equipos.

Tabla 7
Matriz 1-Meta 1

OBJETIVO	Incrementar la eficiencia de calderos de la Empresa ANDECORP S.A.C en los próximos 12 meses aplicando técnicas de eficiencia y mantenimiento en los equipos.					
META 1	Obtener una mejora de la eficiencia energética en calderos en 2% luego de realizar el ajuste de la eficiencia de calderos					
Plan de acción	Descripción	Responsable	Indicador	Frecuencia de revisión	Tipo de control	Fecha de revisión
Plan de mejoras de acción de ajuste de eficiencia de calderas	Selección de la empresa consultora para medición de la eficiencia de calderos	Jefe de Planta	Cumplimiento	Al inicio de la acción	Matriz de selección	Luego de culminar los 12 meses de ejecución del plan de actividades
	Medición de eficiencia energética de calderos	Jefe de Planta	Porcentaje	Trimestral	Formato de evaluación de eficiencia	
	Monitoreo de eficiencia de calderos	Coordinación de mantenimiento	Cumplimiento	Trimestral	Cuadros de control	
	Cuantificación de ahorro de combustible y mejoras	Coordinación de mantenimiento	Cumplimiento	Mensual	Registro de reducción de combustible	

Nota. Elaboracion propia.

Tabla 8
Matriz 1-Meta 2

OBJETIVO	Incrementar la eficiencia de calderos de la Empresa ANDECORP S.A.C en los próximos 12 meses aplicando técnicas de eficiencia y mantenimiento en los equipos.					
META 2	Incrementar los valores de temperatura de agua en 95°C y petróleo en 90°C para incrementar la eficiencia energética de calderos					
Plan de acción	Descripción	Responsable	Indicador	Frecuencia de revisión	Tipo de control	Fecha de revisión
Plan de mejoras de acción de ajuste de eficiencia de calderas	Revisión de operatividad de suministro de agua a calderos	Coordinación de mantenimiento	Cumplimiento	Al inicio de la acción	Cuadro de control	Luego de culminar los 12 meses de ejecución del plan de actividades
	Revisión de operatividad de suministro de petróleo R500 a calderos	Coordinación de mantenimiento	Cumplimiento	Al inicio de la acción	Cuadro de control	
	Evaluación de los valores de temperaturas de suministro de agua y petróleo R500	Jefe de Planta	Cumplimiento	2° mes	Formato de analisis	
	Montaje de activos de componentes para mejora de suministro de agua y petróleo R500	Coordinación de mantenimiento	Cumplimiento	3° mes	Check list	
	Monitoreo de temperatura de agua y petróleo R500	Coordinación de mantenimiento	°C	Mensual	Cuadro de control	
	Cuantificación de ahorro de combustible y mejoras	Coordinación de mantenimiento	Cumplimiento	Mensual	Registro de reducción de combustible	

Nota. Elaboracion propia.

Tabla 9
Matriz 1-Meta 3

OBJETIVO	Incrementar la eficiencia de calderos de la Empresa ANDECORP S.A.C en los próximos 12 meses aplicando técnicas de eficiencia y mantenimiento en los equipos.					
META 3	Realizar un plan de mantenimiento preventivo en el banco de tubos de calderos y quemadores para la conservación de activos					
Plan de acción	Descripción	Responsable	Indicador	Frecuencia de revisión	Tipo de control	Fecha de revisión
Plan de mejoras de acción de ajuste de eficiencia de calderas	Selección de la empresa consultora para mantenimiento preventivo interno de calderos	Jefe de Planta	Cumplimiento	Al inicio de la acción	Matriz de selección	Luego de culminar los 12 meses de ejecución del plan de actividades
	Mantenimiento planificado de quemadores	Coordinación de mantenimiento	Cumplimiento	Mensual	Check list	
	Implementación de mantenimiento interno de calderos, revisión interna	Coordinación de mantenimiento	Cumplimiento	Al 4 mes	Check list	
	Implementación de mantenimiento interno de calderos, limpieza interna	Coordinación de mantenimiento	Cumplimiento	Al 4 mes	Check list	

Nota. Elaboración propia.

6.3 Monitoreo de la implementación.

6.3.1 Con respecto a la Meta 1.

Se presentan los resultados de mediciones para la evaluación de la eficiencia de calderos.

1° medición realizada:03.07.2023

2° medición realizada:07.10.2023

3° medición realizada:06.01.2024

4° medición realizada:15.04.2024

Para el caldero 1 se presentan los valores de eficiencia evaluada, con lo cual se evidencia una mejora desde 82,5% hasta un valor entre 85 a 85,5%. Alcanzándose un incremento de la eficiencia entre 2,5 a 3%, superándose el valor de 2% plantado en la Meta 1. Referente a la temperatura de los gases de la combustión se ha reducido desde un valor de 200°C hasta un valor oscilante de 185°C a 180 °C. Consiguiéndose con ello una mejor utilización del flujo de calor suministrado por el combustible y una reducción del consumo de petróleo R500. Por otro lado se ha alcanzado valores medidos de exceso de aire entre 36,0% a 42,0%, con lo cual aun se puede seguir mejorando más la eficiencia (siendo el valor meta para la combustión de petróleo R500 el valor de 30%)

Tabla 10
Parámetros de eficiencia de Caldero 1

Parámetro	Numero de medición			
	1	2	3	4
Eficiencia	85,5%	85,0%	85,5%	85,0%
Exceso de aire	36,0%	38,0%	42,0%	39,0%
% CO ₂	9,4%	9,7%	9,9%	9,1%
% O ₂	3,6%	3,7%	3,5%	3,8%
Tgases (°C)	184	185	180	182
CO (ppm)	10	15	8	12
T aire (°C)	20	21	19	24
T exterior (°C)	69	66	67	65

Nota. Elaboracion propia.

Para el caldero 2 se presentan los valores de eficiencia evaluada luego del ajuste de la eficiencia, con lo cual se evidencia una mejora desde 83,0% hasta un valor entre 85,3 a 85,9%. Alcanzándose un incremento de la eficiencia entre 2,3 a 2,9%, superándose el valor de 2% plantado en la Meta 1. Referente a la temperatura de los gases de la combustión se ha reducido desde un valor de 205°C hasta un valor oscilante de 185°C a 190 °C. Consiguiéndose con ello una mejor utilización del flujo de calor suministrado por el combustible y una reducción del consumo de petróleo R500. Por otro lado, se ha alcanzado valores medidos de exceso de aire entre 35,0% a 40,0%, con lo cual aún se puede seguir mejorando más la eficiencia (siendo el valor meta para la combustión de petróleo R500 el valor de 30%)

Tabla 11
Parámetros de eficiencia de Caldero 2

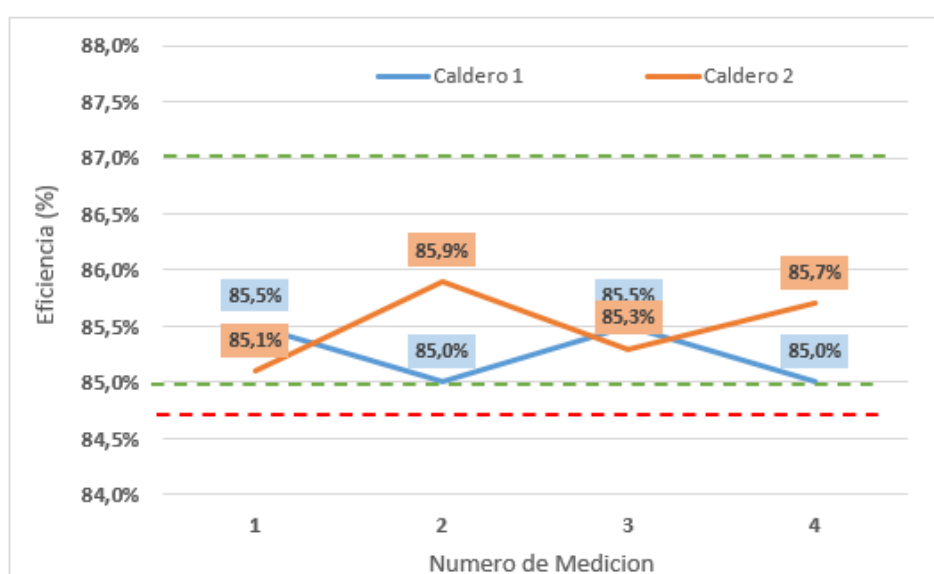
Parámetro	Numero de medición			
	1	2	3	4
Eficiencia	85,5%	85,9%	85,3%	85,7%
Exceso de aire	42,0%	35,0%	39,0%	40,0%
% CO ₂	9,7%	9,3%	10,2%	9,5%
% O ₂	4,1%	3,7%	3,4%	4,2%
Tgases (°C)	190	188	187	185
CO (ppm)	7	12	12	9
T aire (°C)	20	21	19	24
T exterior (°C)	71	60	74	66

Nota. Elaboracion propia.

Se presenta así mismo los cuadros de control del monitoreo de los principales parámetros de eficiencia de calderos.

Para el caso de la eficiencia del caldero 1 y del Caldero 2 , luego del ajuste de la eficiencia realizada , esta se mantiene dentro de los rangos máximos de una caldera moderna cuyo valor es de 87%, y se ha mantenido con un valor superior a 85% puesto como límite mínimo de operación

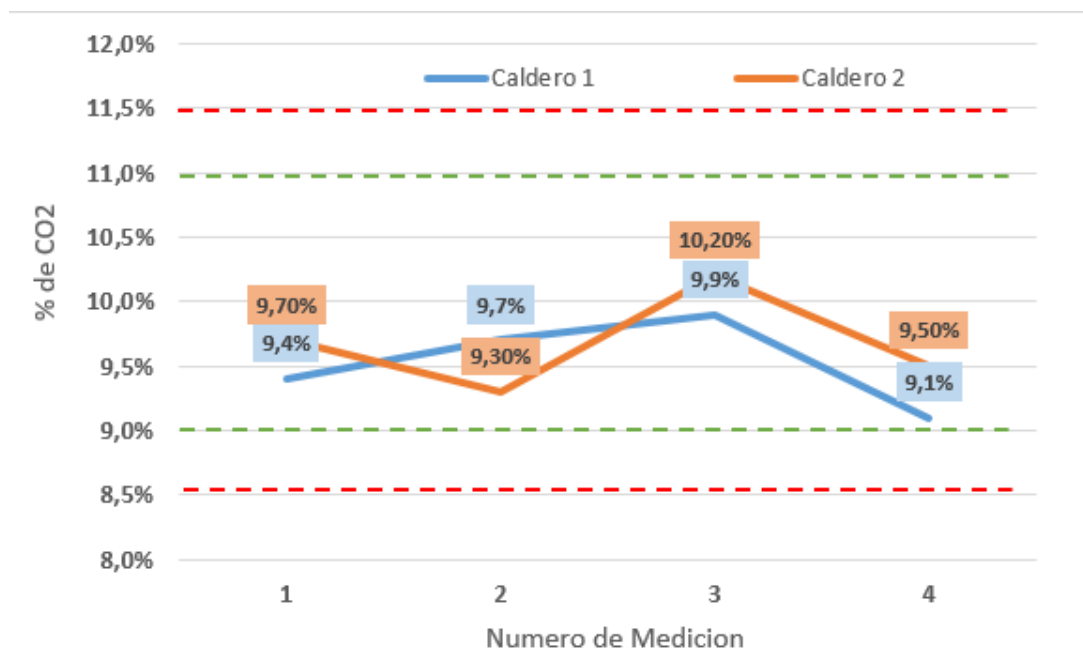
Figura 20
Cuadro de control eficiencia de calderos



Nota. Elaboracion propia.

Para el caso del comportamiento del % de CO₂ del caldero 1 y del Caldero 2 , luego del ajuste de la eficiencia realizada , esta se mantiene dentro de los rangos máximos de una caldera moderna, el cual es entre 11% a 9,0%, manteniéndose el Caldero 1 entre 9,1 a 9,% desde un valor inicial de 8,5% , mientras que para el caldero 2 el rango del % de CO₂ se ha mantenido entre 9,3 a 10,2% desde un valor inicial de 8,4%..

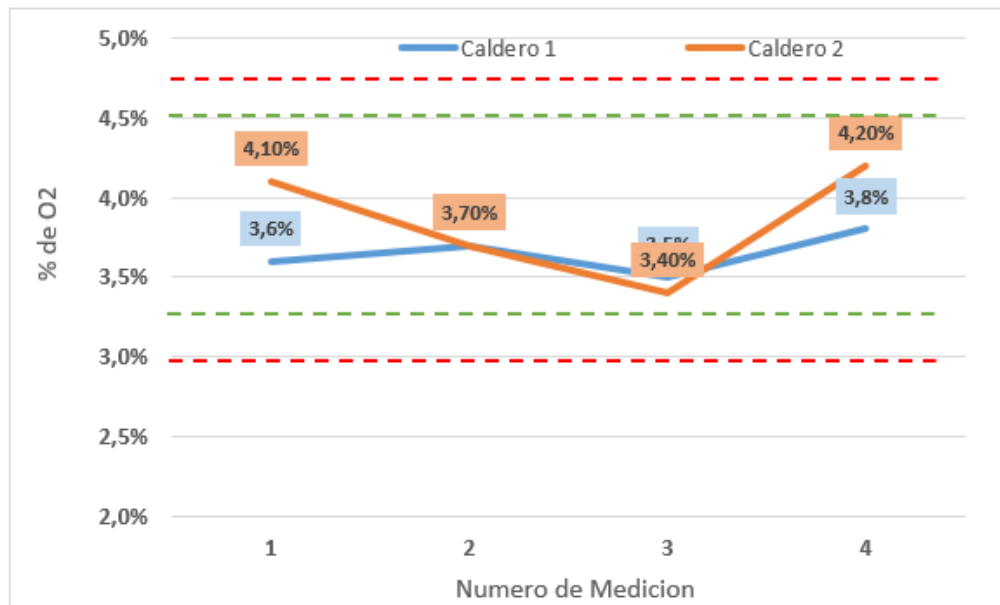
Figura 21
Cuadro de % de CO₂



Nota. Elaboracion propia.

Para el caso del comportamiento del % de O₂ del caldero 1 y del Caldero 2, luego del ajuste de la eficiencia realizada, esta se mantiene dentro de los rangos máximos de una caldera moderna, el cual es entre 3,25% a 4,0%, manteniéndose el Caldero 1 entre 3,5 a 3,8% desde un valor inicial de 5,4%, mientras que para el caldero 2 el rango del % de O₂ se ha mantenido entre 3,4 a 4,2% desde un valor inicial de 5,4%.

Figura 22
Cuadro de % de O₂



Nota. Elaboracion propia.

Teniendo en cuenta las condiciones iniciales de operación para el caldero 1 y caldero 2 se han estimado las reducciones de consumo de combustible y facturación unitaria. La cual se determina según las siguientes ecuaciones:

Reduccion unitaria de consumo de combustible

$$= (\text{eficiencia inicial} - \text{eficiencia final}) * \text{Consumo inicial}.. (3)$$

Reduccion de costos unitarios

$$= \text{Reduccion unitaria de consumo de combustible} \\ * \text{Costo unitario de petroleo} \dots \dots (4)$$

Reduccion de consumo mensual de combustible

$$= \text{Reduccion unitaria de consumo de combustible} \\ * \text{horas de operacion} \dots \dots (5)$$

Reduccion mensual de costos

$$= \text{Reduccion de costos unitarios} * \text{horas de operacion} \dots (6)$$

Tabla 12

Efecto del ajuste de la eficiencia en Caldero 1

Consumo (Gal/h)	Eficiencia inicial	Eficiencia final	Reducción unitaria de consumo de combustible (Gal/h)	Reducción de costos unitarios (S//hora	Horas de Operación (hora/mes)	Reducción de consumo de combustible (Gal/mes)	Reducción de costos (S//mes)
105	82,5%	85,5%	3,15	37,8	70	220,5	2 646,0
105	82,5%	85,5%	3,15	37,8	110	346,5	4 158,0
105	82,5%	85,5%	3,15	37,8	60	189,0	2 268,0
105	82,5%	85,0%	2,625	31,5	120	315,0	3 780,0
105	82,5%	85,0%	2,625	31,5	100	262,5	3 150,0
105	82,5%	85,0%	2,625	31,5	76	199,5	2 394,0
105	82,5%	85,5%	3,15	37,8	75	236,3	2 835,0
105	82,5%	85,5%	3,15	37,8	130	409,5	4 914,0
105	82,5%	85,5%	3,15	37,8	20	63,0	756,0
105	82,5%	85,0%	2,625	31,5	104	273,0	3 276,0
105	82,5%	85,0%	2,625	31,5	89	233,6	2 803,5
105	82,5%	85,0%	2,625	31,5	140	367,5	4 410,0
Total anual						3115,9	37 390,5

Nota. Elaboracion propia.

Tabla 13

Efecto del ajuste de la eficiencia en Caldero 2

Consumo (Gal/h)	Eficiencia inicial	Eficiencia final	Reducción unitaria de consumo de combustible (Gal/h)	Reducción de costos unitarios (S//hora	Horas de Operación (hora/mes)	Reducción de consumo de combustible (Gal/mes)	Reducción de costos (S//mes)
110	83,0%	85,5%	2,75	33	60	165,0	1980,0
110	83,0%	85,5%	2,75	33	50	137,5	1650,0
110	83,0%	85,5%	2,75	33	100	275,0	3300,0
110	83,0%	85,0%	2,2	26,4	40	88,0	1056,0
110	83,0%	85,0%	2,2	26,4	60	132,0	1584,0
110	83,0%	85,0%	2,2	26,4	80	176,0	2112,0
110	83,0%	85,5%	2,75	33	40	110,0	1320,0
110	83,0%	85,5%	2,75	33	20	55,0	660,0
110	83,0%	85,5%	2,75	33	80	220,0	2640,0
110	83,0%	85,0%	2,2	26,4	40	88,0	1056,0
110	83,0%	85,0%	2,2	26,4	30	66,0	792,0
110	83,0%	85,0%	2,2	26,4	30	66,0	792,0
Total anual						1578,5	18942,0

Nota. Elaboracion propia.

6.3.2 Con respecto a la Meta 2.

a. Con respecto al suministro de agua.

Se presentan los resultados iniciales de control de temperatura del agua, la cual es evaluada en los siguientes puntos:

T1 = Temperatura de agua de alimentación.

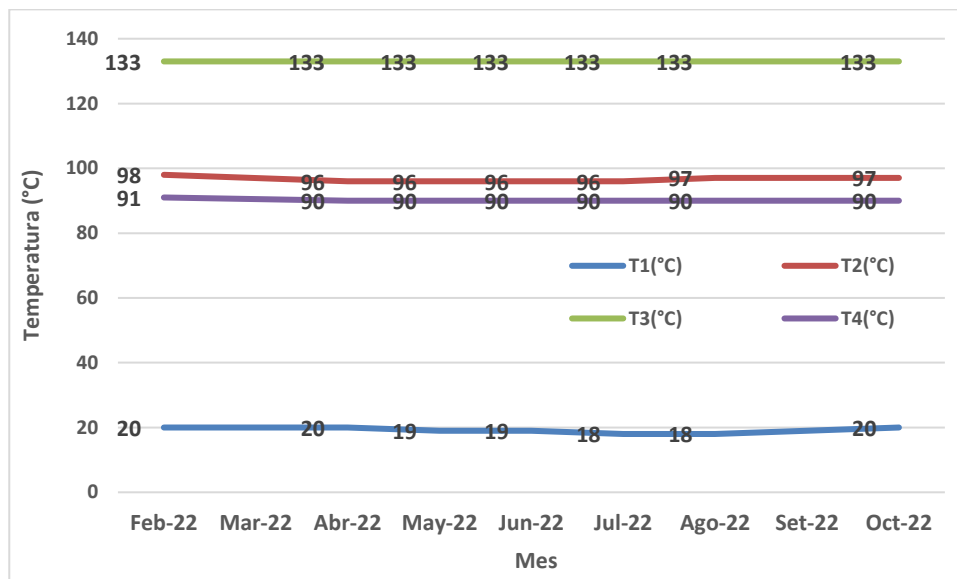
T2= Temperatura de agua saliente del desareador. (ubicado a una altura de 12 metros sobre el nivel de la bomba)

T3= Temperatura de retorno de condensado (evaluado a la presión de retorno del condensado el cual es igual a la presión de saturación de líquido saturado de retorno igual a 2 bar man)

T4= Temperatura de ingreso de agua a los calderos. (a una presión de bombeo de 15 bar)

Figura 23

Cuadro de control de temperaturas de suministro de agua-estado inicial



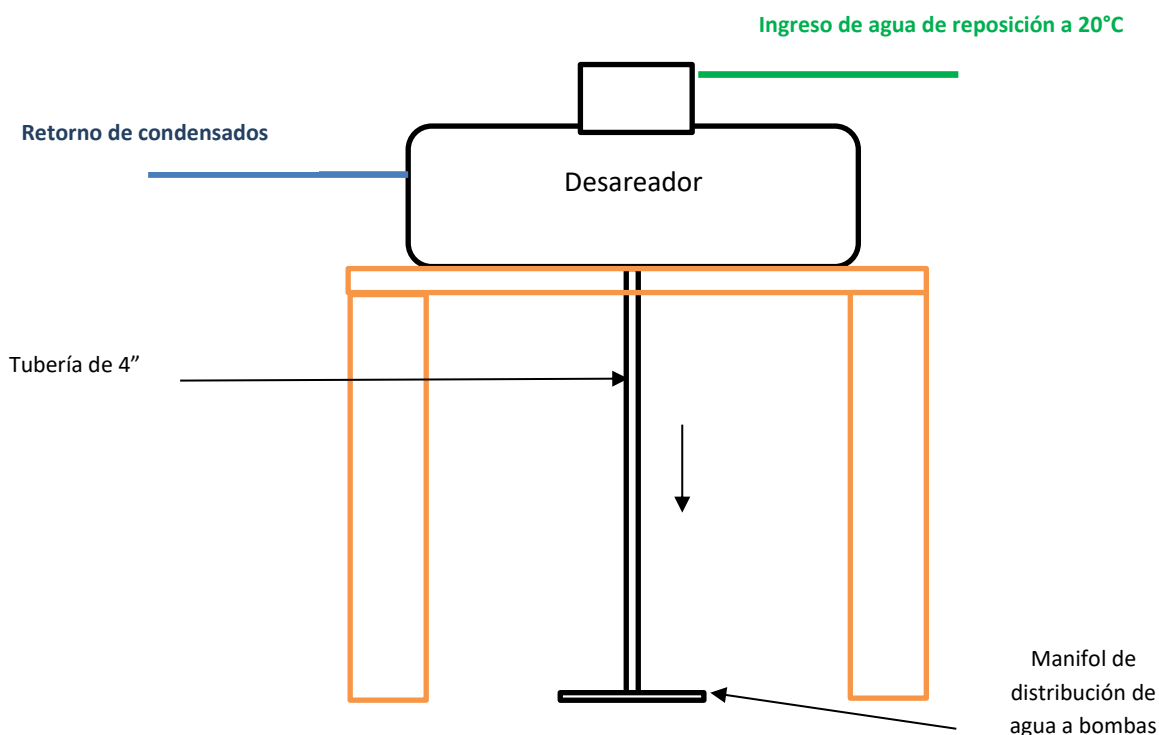
Nota. Elaboracion propia.

Se realizo la evaluación del cuadro de control de la figura 23 de valores de temperatura de suministro de agua, detectándose la caída del valor de la temperatura del agua saliente del desareador con el valor de la temperatura de ingreso a los calderos luego de la impulsión de la bomba, en un promedio de 6,4 °C. Se opta por realizar el aislamiento de una tubería de 4” con lana de vidrio mineral.

Seguidamente se presenta el presupuesto de la actividad realizada que tuvo por finalidad de reducir las pérdidas por transferencia de calor desde la salida del desareador hasta antes de la tubería de conexión a las bombas de agua de los calderos.

Figura 24

Ubicación de tubería de 4" saliente del desareador hacia bombas de calderos



Nota. Elaboracion propia.

Se realizo la evaluación para el montaje de 2" de lana de vidrio mineral en un total de 12 metros de tubería de 4" saliente del desareador hasta el manifold que suministra agua a las bombas de agua de los calderos.

La actividad fue valorizada en material y mano de obra y ejecutada por personal de planta (mecánico de turno y operador de calderos) en periodos de tiempo en los cuales no hay producción en una jornada de 10 horas hombre de trabajo.

Tabla 14

Presupuesto para aislamiento de tubería de salida desde el desareador a manifold de suministro de agua a bombas de calderos

N°	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(S/)	Precio Total(S/)
1	Material				
1,1	Lana de vidrio	metro lineal	12	220,00	2640,00
1,2	Malla metálica 1/8"	Rollo	1	550,00	550,00
1,3	Plancha de hojalata (3m)	Plancha	4	65,00	260,00
1,4	Uniones	Global	1	250,00	250,00
	Sub Total Material				3700,00
2	Mano de Obra				
2,1	Supervisión	HH	4	25,00	100,00
2,2	Operadores (2)	HH	20	20,00	400,00
	Sub Total Mano de Obra				500,00
3	Gastos Generales				
3,1	5% de (1+2)				210,00
	Subtotal Gastos generales				210,00
4	Sub Total global				4410,00
5	Total(Incluido IGV)				5203,80

Nota. Elaboracion propia.

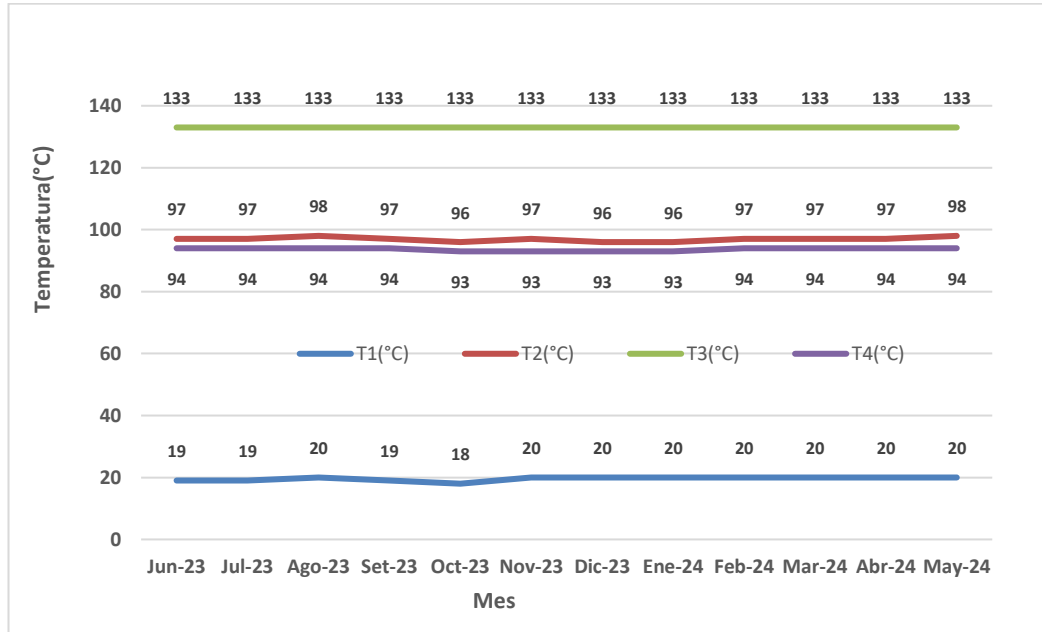
Se presenta los resultados del control, de temperatura del suministro de agua de calderos, donde se puede observar que en los meses luego de implementarse el sistema de aislamiento de la tubería de 4" desde la salida del desareador hasta el manifold de suministro de agua caliente a las bombas 1 y 2 de los calderos se ha conseguido incrementar el valor de la temperatura de suministro de agua a los calderos entre 93°C a 94°C.

El valor promedio de la temperatura del agua de suministro a calderos en los meses de evaluación es de 93,7°C, siendo el valor promedio de la temperatura saliente desde el desareador de 96,9°C.

Del mismo modo el valor promedio de la temperatura del agua suministrada a calderos antes de implementarse el aislamiento de la tubería era de 90,1°C, con lo cual se ha mejorado el incremento de la temperatura de alimentación de agua a calderos en $= 93,7-90,1= 3,6^{\circ}\text{C}$.

Figura 25

Cuadro de control de temperaturas de suministro de agua-estado final



Nota. Elaboracion propia.

Seguidamente se presenta la valorización del efecto del incremento de la temperatura del agua de suministro a calderos, el cual no incide sobre la eficiencia de los calderos, sino sobre la reducción de consumo de combustible petróleo R500, al mantenerse constante la producción de vapor en lo referente a flujo masico y presión de operación del caldero.

Se presenta el cálculo del porcentaje de reducción de combustible, en función a las ecuaciones 1 y 2.

$$\eta_{inicial} = \eta_{final}$$

$$\frac{\dot{m}_v * (h_2 - h_1)}{\dot{m}_c inicial * Pci} = \frac{\dot{m}_v * (h_2 - h_1)}{\dot{m}_c final * Pci}$$

$$\frac{(h_2 - h_{1 inicial})}{\dot{m}_c inicial} = \frac{(h_2 - h_{1 final})}{\dot{m}_c final}$$

Dónde:

$h_{1 inicial}$ (evaluado a 15 bar y 90,1°C) =378,5 kJ/kg

$h_{1\text{ final}}$ (evaluado a 15 bar y 93,6°C) = 393,2 kJ/kg

h_2 (evaluado como vapor saturado a 7 bar) = 2 762 kJ/kg

Reemplazando en la ecuación anterior:

$$\frac{(2\,762 - 378,5)}{\dot{m}_{c\text{ inicial}}} = \frac{(2\,762 - 393,2)}{\dot{m}_{c\text{ final}}}$$

$$\frac{\dot{m}_{c\text{ final}}}{\dot{m}_{c\text{ inicial}}} = 0,9935$$

Con lo cual el ahorro de combustible asociado al incremento de la temperatura de suministro de agua al caldero es de $1 - 0,9935 = 0,0065 = 0,65\%$

b. Con respecto al suministro de combustible.

Se presentan los resultados iniciales de control de temperatura del agua, la cual es evaluada en los siguientes puntos:

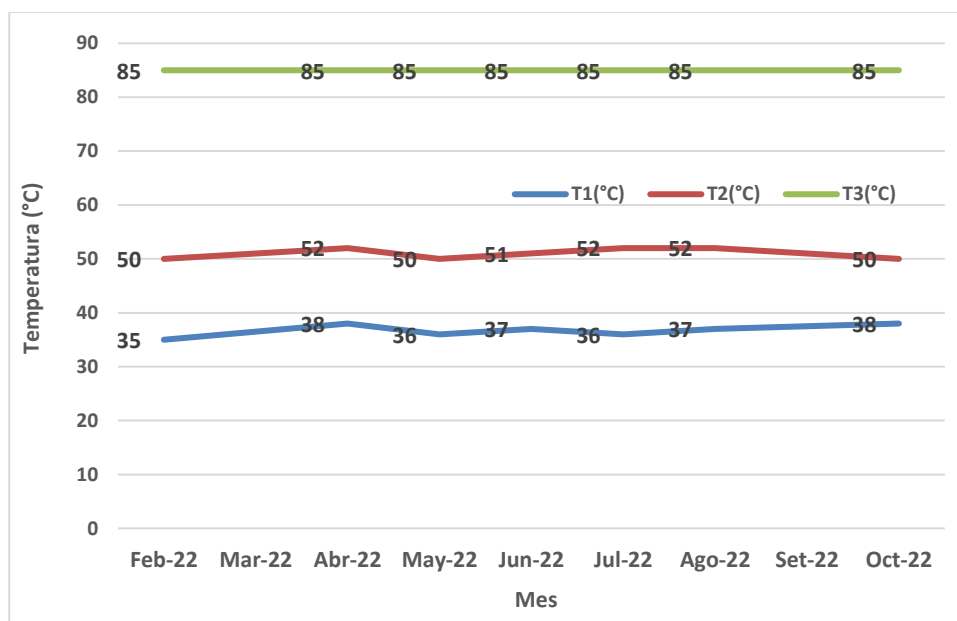
T1 = Temperatura de petróleo en el tanque de recepción de petróleo

T2 = Temperatura de petróleo en el tanque de suministro de petróleo a calderos.

T3 = Temperatura de petróleo luego del calentador de petróleo antes del quemador.

Figura 26

Cuadro de control de temperaturas de suministro de petróleo R500-estado inicial



Nota. Elaboracion propia.

Se tiene un valor promedio de 85°C.

Se realizaron las siguientes actividades de ajuste de la temperatura de petróleo R500 suministrado a calderos:

- Cambio de trampas de vapor de tanque de recepción de combustible y tanque de suministro diario de combustible R500.
- Limpieza de filtros de petróleo cada mes.
- Cambio de válvula de globo de ingreso de vapor saturado a calentador con vapor del petróleo R500.

Tabla 15

Presupuesto para control de temperatura para suministro de petróleo R500 a calderos

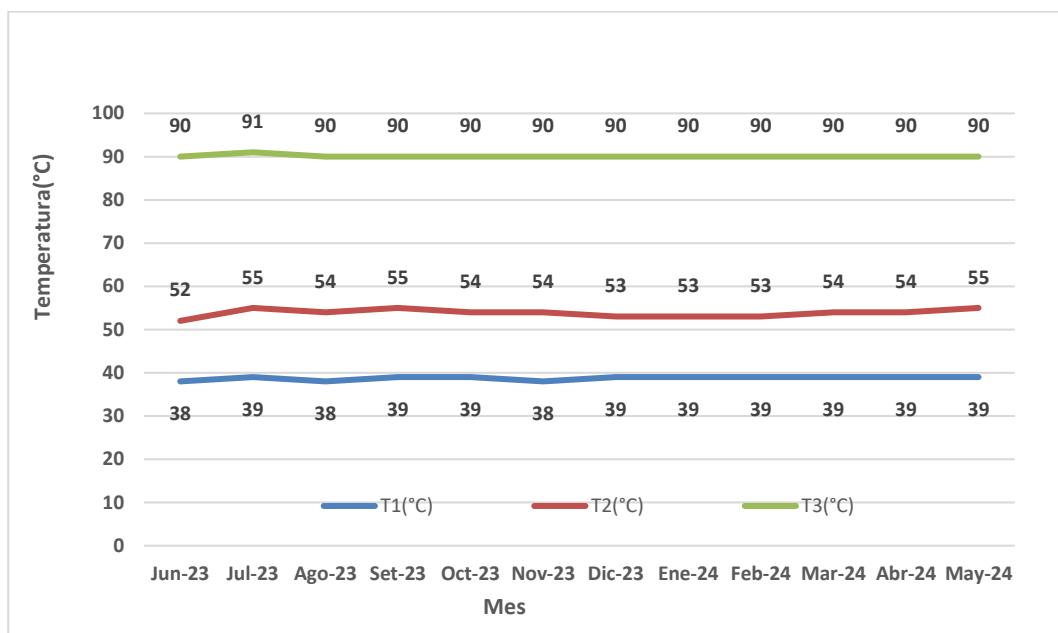
N°	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(S/)	Precio Total(S/)
1	Material				
1,1	Trampas de vapor de 1/2" VYC termostáticas	Unidad	2	1200,00	2400,00
1,2	Válvula de globo de 1/2" VYC	Unidad	1	275,00	275,00
	Sub Total Material				2675,00
2	Mano de Obra				
2,1	Supervisión	HH	1	25,00	25,00
2,2	Operadores (1)	HH	3	20,00	60,00
	Sub Total Mano de Obra				85,00
3	Gastos Generales				
3,1	5% de (1+2)				138,00
	Subtotal Gastos generales				138,00
4	Sub Total global				2898,00
5	Total(Incluido IGV)				3419,64

Nota. Elaboracion propia.

Se presentan los resultados del control de temperatura del suministro de petróleo R500 en el periodo de análisis. El cual se ha mantenido en una temperatura de 90 °C como mínimo, mejorando desde un valor promedio de 85°C (evaluado antes de la implementación de la matriz de metas, objetivos y plan de actividades. Este valor permite la adición de calor sensible por parte del petróleo R500 durante el proceso de combustión en el quemador.

Figura 27

Cuadro de control de temperaturas de suministro de petróleo R500-estado final



Nota. Elaboracion propia.

6.3.3 Con respecto a la Meta 3.

Se presenta el cronograma de implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el banco de tubos de calderos y quemadores para la conservación de activos. La cual incluye actividades, distribucion de horas de trabajo y un plan de mantenimiento autónomo para el operador de turno.

Figura 28

Plan de mantenimiento preventivo propuesto

Plan de distribución de actividades de Mantenimiento Preventivo-Meta 3																																												
Codigo	Actividad	Jun-23			Jul-23			Ago-23			Set-23			Oct-23			Nov-23			Dic-23			Ene-24			Feb-24			Mar-24			Ab-24			May-24			Total						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4							
MP1	Limpieza de quemador-C1	x				x				x				x				x				x				x				x				x				12						
	Limpieza de quemador C-2		x				x				x				x				x				x				x				x				x		12							
MP2	Envarillado de C-1															x																					1							
	Envarillado de C-2																x																				1							
MP3	Revisión de línea de abastecimiento de R500 C-1			x				x					x				x					x				x					x				x		12							
	Revisión de línea de abastecimiento de R500 C-2				x				x					x				x					x				x					x				x	12							
Plan de distribución de horas de Mantenimiento Preventivo-Meta 3																																												
Codigo	Actividad	Jun-23			Jul-23			Ago-23			Set-23			Oct-23			Nov-23			Dic-23			Ene-24			Feb-24			Mar-24			Ab-24			May-24			Total						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4							
MP1	Limpieza de quemador-C1	1				1				1				1				1				1				1				1				1			12							
	Limpieza de quemador C-2		1				1				1				1				1				1				1				1				1		12							
MP2	Envarillado de C-1														12																						12							
	Envarillado de C-2															12																					12							
MP3	Revisión de línea de abastecimiento de R500 C-1			2				2					2				2				2				2				2				2				2	24						
	Revisión de línea de abastecimiento de R500 C-2				2				2					2				2				2				2				2				2			24							
Plan de distribución de presupuesto de Mantenimiento Preventivo-Meta 3 (Realizado por servicio externo)																																												
Codigo	Actividad	Jun-23			Jul-23			Ago-23			Set-23			Oct-23			Nov-23			Dic-23			Ene-24			Feb-24			Mar-24			Ab-24			May-24			Total						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4							
MP1	Limpieza de quemador-C1	Actividad de mantenimiento autonomo realizado por operador de caldero. No involucra un presupuesto adicional.																																						0				
	Limpieza de quemador C-2	Actividad de mantenimiento autonomo realizado por operador de caldero. No involucra un presupuesto adicional.																																						0				
MP2	Envarillado de C-1														8000																						8000							
	Envarillado de C-2															8000																					8000							
MP3	Revisión de línea de abastecimiento de R500 C-1	Actividad de mantenimiento autonomo realizado por operador de caldero. No involucra un presupuesto adicional.																																						0				
	Revisión de línea de abastecimiento de R500 C-2	Actividad de mantenimiento autonomo realizado por operador de caldero. No involucra un presupuesto adicional.																																						0				

Nota. Elaboracion propia.

Figura 29

Plan de mantenimiento preventivo ejecutado

Plan de distribucion de actividades de Mantenimiento Preventivo-Meta 3																																																		
Codigo	Actividad	Jun-23				Jul-23				Ago-23				Set-23				Oct-23				Nov-23				Dic-23				Ene-24				Feb-24				Mar-24				Ab-24				May-24				Total
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4									
MP1	Limpieza de quemador-C1	x				x				x				x							x				x					x					x					x							12			
	Limpieza de quemador C-2		x				x				x				x						x					x					x						x					x				12				
MP2	Envarillado de C-1																																														1			
	Envarillado de C-2																																														1			
MP3	Revison de linea de abastecimiento de R500 C-1				x					x					x						x					x					x							x					x				12			
	Revison de linea de abastecimiento de R500 C-2					x					x					x						x					x						x						x					x			12			
Plan de distribucion de horas de Mantenimiento Preventivo-Meta 3																																																		
Codigo	Actividad	Jun-23				Jul-23				Ago-23				Set-23				Oct-23				Nov-23				Dic-23				Ene-24				Feb-24				Mar-24				Ab-24				May-24				Total
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4									
MP1	Limpieza de quemador-C1	1							1												1																										12			
	Limpieza de quemador C-2		1							1								1								1																				12				
MP2	Envarillado de C-1																																														10			
	Envarillado de C-2																																														11			
MP3	Revison de linea de abastecimiento de R500 C-1				2						1					1					2					1					1															17				
	Revison de linea de abastecimiento de R500 C-2					2						1					2					1						1																	1			16		
Plan de distribucion de presupuesto de Mantenimiento Preventivo-Meta 3 (Realizado por servicio externo)																																																		
Codigo	Actividad	Jun-23				Jul-23				Ago-23				Set-23				Oct-23				Nov-23				Dic-23				Ene-24				Feb-24				Mar-24				Ab-24				May-24				Total
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4									
MP1	Limpieza de quemador-C1	Actividad de mantenimiento autonomo realizado por operador de caldero. No involucra un presupuesto adicional.																																														0		
	Limpieza de quemador C-2	Actividad de mantenimiento autonomo realizado por operador de caldero. No involucra un presupuesto adicional.																																														0		
MP2	Envarillado de C-1																				7500																										7500			
	Envarillado de C-2																																															7500		
MP3	Revison de linea de abastecimiento de R500 C-1	Actividad de mantenimiento autonomo realizado por operador de caldero. No involucra un presupuesto adicional.																																														0		
	Revison de linea de abastecimiento de R500 C-2	Actividad de mantenimiento autonomo realizado por operador de caldero. No involucra un presupuesto adicional.																																														0		

Nota. Elaboracion propia.

Se presenta la comparación y desvío del plan de mantenimiento preventivo planificado y ejecutado.

Con respecto al cumplimiento del número de actividades planificadas. Se ejecutaron el 100% de las actividades planificadas.

%de cumplimiento del numero de actividades planificadas

$$= \frac{50}{50} * 100\%$$

%de cumplimiento del numero de actividades planificadas = 100%

Con respecto al cumplimiento del número de horas de mantenimiento preventivo planificadas. De las actividades planificadas se ejecutaron todas , siendo tan solo necesarias el 81,25 % de las horas planificadas para cumplir con las tareas de mantenimiento preventivo planteadas.

%de cumplimiento del numero de horas de mantenimiento preventivo planificadas

$$= \frac{78}{96} * 100\%$$

%de cumplimiento del numero de horas de mantenimiento preventivo planificadas

$$= 81,25 * 100\%$$

Con respecto al cumplimiento del presupuesto de mantenimiento preventivo planificado. Tan solo las actividades de mantenimiento preventivo MP3 y MP4 requirieron presupuesto adicional, ya que se ejecutaron a través de una empresa de servicios. Para ello se cumplió con las actividades propuestas, siendo tan solo necesarios el 93,75% del presupuesto planificado.

%de cumplimiento del presupuesto de mantenimiento preventivo planificadas

$$= \frac{15\ 000}{16\ 000} * 100\%$$

%de cumplimiento del presupuesto de mantenimiento preventivo planificadas

$$= 93,75\%$$

En los anexos se presenta el presupuesto de las actividades de Mantenimiento Preventivo MP3 y MP4 como parte de la Meta 3.

6.4 Evaluación de la matriz.

Seguidamente se presenta la evaluación del cumplimiento de la matriz de metas, objetivos y planes energéticos.: “Incrementar la eficiencia de calderos de la Empresa ANDECORP S.A.C en los próximos 12 meses aplicando técnicas de eficiencia y mantenimiento en los equipos”. Planteándose tres metas, con la siguiente evaluación:

Meta 1:

Obtener una mejora de la eficiencia energética en calderos en 2% luego de realizar el ajuste de la eficiencia de calderos.

Evaluación: Se realizó para un periodo de 12 meses entre junio 2023 a mayo 2024 las actividades de mejora consiguiéndose incrementar la eficiencia del Caldero 1 desde un valor inicial de 82,5% hasta un valor entre 85 a 85,5%, mejorando la eficiencia en un porcentaje absoluto de 3 a 2,5% superándose el valor previsto en la presente meta.

Mientras que para el Caldero 2 desde un valor inicial de 83% hasta un valor entre 85 a 85,5%, mejorando la eficiencia en un porcentaje absoluto de 2 a 2,5% superándose el valor previsto en la presente meta.

De forma global para el Caldero 1 se superó en 0,5 a 1 % el valor previsto en la meta energética 1.

De forma global para el Caldero 2 se alcanzó el valor previsto de 2% y superó en ciertas ocasiones 0,5% el valor previsto en la meta energética 1.

Meta 2:

Incrementar los valores de temperatura de agua en 95°C y petróleo en 95°C para incrementar la eficiencia energética de calderos

Evaluación: Se realizó para un periodo de 12 meses entre junio 2023 a mayo 2024 las actividades de mejora consiguiéndose incrementar el valor de la temperatura del agua de alimentación a los calderos desde un valor promedio de 90,1°C (90 a 91°C) hasta un valor final promedio de 93,7°C (entre 93 y

94°C), aunque no se ha alcanzado en valor previsto de 95°C se ha superado en 3,6 °C con respecto al valor final.

En el caso del incremento de la temperatura del combustible Petroleo R500 este incremento desde 85 a 90°C, alcanzándose el valor previsto de 95°C planteado en la presente meta.

Meta 3:

Realizar un plan de mantenimiento preventivo en el banco de tubos de calderos y quemadores para la conservación de activos.

Evaluación: Se planifico para un periodo de 12 meses entre junio 2023 a mayo 2024 las actividades de un plan de mantenimiento preventivo en los bancos de tubos de los calderos 1 y 2, ejecutándose el 100% de las actividades planificadas, del mismo modo solo fue necesario la ejecución del 81,25% de las horas planificadas para cumplir con el 100% de las actividades planificadas y ejecutadas.

Del mismo modo solo empleo tan solo 93,75% del presupuesto planificado para la limpieza interna de las tuberías de los calderos 1 y 2, debido a que el estudio de mercado indico un costo por caldero de S/ 9 000,00, siendo el valor de l servicio adjudicado de S/ 8 500,00.

VIII. Aportes logrados para el desarrollo del centro laboral.

Se presentan los valores de consumo de Petroleo R500 asociado a la producción de harina de pescado y los valores de producción luego de la ejecución de la matriz de objetivo, metas y planes energéticos para el periodo junio 2023 y mayo 2024, como parte de la evaluación de esta última, tal como lo estipula la norma ISO 50001 y la mejora continua.

Tabla 16

Contabilidad energética térmica de planta-junio 2023 a mayo 2024

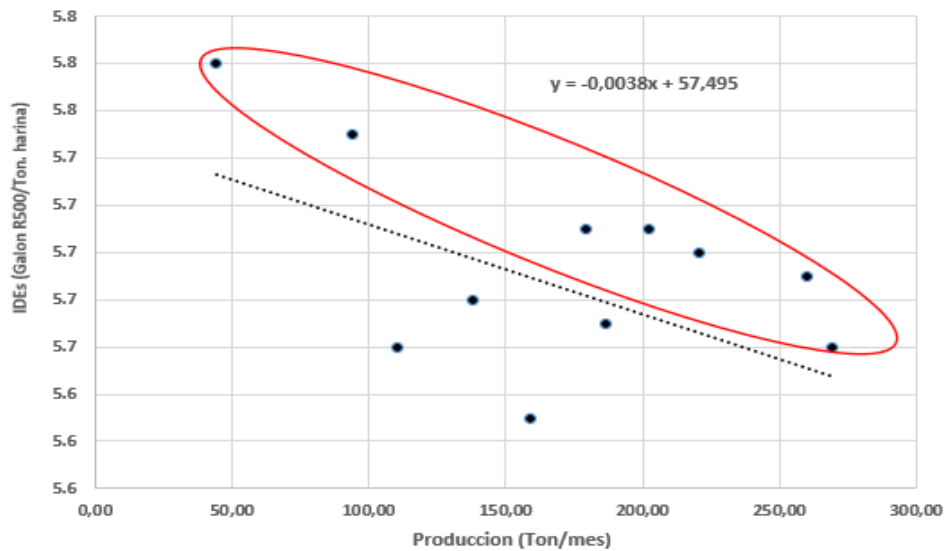
Mes	Consumo de Petroleo R500 (Gal/mes)	Producción (Ton/mes)	IDEs (Gal R500/Ton harina)
Jun-23	6235	110,20	56,6
Jul-23	5426	94,30	57,5
Ago-23	11200	201,10	55,7
Set-23	10560	186,30	56,7
Oct-23	2562	44,30	57,8
Nov-23	15236	269,40	56,6
Dic-23	8956	159,20	56,3
Ene-24	7856	138,20	56,8
Feb-24	12589	220,91	57,0
Mar-24	14788	259,90	56,9
Abr-24	11562	202,50	57,1
May-24	10256	179,50	57,1

Nota. Elaboracion propia.

Del mismo modo se ha construido la línea base energética con la informacion obtenida de la tabla 16, para los 12 meses de operación realizados el año 2023-2024, como parte de la actividad “evaluación de la matriz ejecutada”. Se observa así mismo la ecuación característica de la línea base energética aplicada al área de calderos. Donde todos los valores que se encuentren sobre la línea base energética construida requieren una mejora con respecto al valor meta (valores encerrados con la elipse color rojo), siendo siete meses en los cuales los IDEs reales superaron los valores IDEs meta.

Figura 30

Línea base energética periodo 2023-2024



Nota. Elaboracion propia.

Para determinar el exceso de combustible consumido en el área de calderos luego de la aplicación de la matriz energética de metas, objetivos y planes energéticos se comparó para cada mes en evaluación la diferencia de IDEs actual conseguido con la aplicación de la meta restando al IDEs con la línea base anterior antes de aplicar la matriz, para ello se presenta el ejemplo del mes de junio 2023.

Por ejemplo, para el mes junio-2023.

$$IDEs \text{ Junio } 2023 = 56,6 \frac{\text{Galon Petroleo R500}}{\text{Tonelada de harina}}$$

$$\begin{aligned} IDEs \text{ con LBE inicial} &= (-0,0032 * 110,20) + 59,694 \\ &= 59,3 \frac{\text{Galon Petroleo R500}}{\text{Tonelada de harina}} \end{aligned}$$

$$\text{Petroleo R500 no consumido} = (59,3 - 56,6) * \text{Produccion}$$

$$\text{Petroleo R500 no consumido} = (59,3 - 56,6) * 110,20$$

$$\text{Petroleo R500 no consumido} = 2697,54 \frac{\text{Galones Petroleo R500}}{\text{mes}}$$

Tabla 17

Determinación del combustible dejado de consumir 2023-2024

Mes	Consumo de Petroleo R500 (Gal/mes)	IDEs actual (Gal R500/Ton harina)	IDEs con LBE inicial (Gal R500/Ton harina)	Combustible R500 dejado de consumir (Gal/mes)
Jun-23	6 235	56,60	59,30	297,54
Jul-23	5 426	57,50	59,40	179,17
Ago-23	11 200	55,70	59,10	683,74
Set-23	10 560	56,70	59,10	447,12
Oct-23	2 562	57,80	59,60	79,74
Nov-23	15 236	56,60	58,80	592,68
Dic-23	8 956	56,30	59,20	461,68
Ene-24	7 856	56,80	59,30	345,50
Feb-24	12 589	57,00	59,00	441,82
Mar-24	14 788	56,90	58,90	519,80
Abr-24	11 562	57,10	59,00	384,75
May-24	10 256	57,10	59,10	359,00
Total				4 792,54

Nota. Elaboracion propia.

Dentro de los beneficios obtenidos por la empresa el principal es del tipo económico asociado al combustible dejado de consumir, debido al incremento de la eficiencia energética de los calderos y por la ejecución de las Metas 2 y 3 que contribuyen significativamente en la reducción de costos por facturación de petróleo R500. Así tenemos lo siguiente:

A un precio unitario de 12 Soles/galón puesto en planta.

$$\begin{aligned}
 \text{Reduccion de costos por Petroleo R500 no consumido} &= 4\,792,54 * 12 \\
 &= 57\,510,48 \text{ Soles}
 \end{aligned}$$

IX. Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones.

- Se realizo el diagnostico inicial de la eficiencia de los calderos pirotubulares, obteniéndose valores de 82,5% para el Caldero 1 con un consumo medio de 105 galones/hora y 83% para el Caldero 2 con un consumo medio de 110 galones/hora, con temperaturas promedio de 90°C para la temperatura del agua de alimentacion y 85°C para la temperatura de alimentacion del combustible hacia los calderos.
- Se elaboro una matriz de metas, objetivos y planes energéticos para incrementar la eficiencia de los calderos pirotubulares-Empresa Andecorp SAC para el periodo de ejecución de 1 año, planteándose 1 objetivo con 3 metas energéticas en función al análisis de un análisis 80-20.
- Se realizo la evaluación de la matriz energética planificada alcanzándose el cumplimiento de las metas 1 y 3, e incluso la meta 1 fue superado con respecto a la eficiencia energética; mientras que la meta 2 fue alcanzada en forma parcial (en lo referente a la temperatura del agua de alimentacion a los calderos 1 y 2).
- Par el Caldero 1 se incrementó la eficiencia desde 82,5% hasta un valor entre 85 a 85,5%, mejorando la eficiencia en un porcentaje absoluto de 3 a 2,5% superándose el valor previsto en la presente meta. Así mismo el Caldero 2 desde un valor inicial de 83% hasta un valor entre 85 a 85,5%, mejorando la eficiencia en un porcentaje absoluto de 2 a 2,5%.

Recomendaciones.

- Según el análisis 80-20 se identificaron 3 actividades relevantes que se tuvieron en cuenta en la realización de la matriz planificada y ejecución, pero una actividad aún pendiente que debería tenerse en cuenta a futuro es el cambio de matriz energética desde Petróleo R500 a Gas Natural, la cual requiere una fuerte inversión, siendo una actividad aún pendiente.
- Se incrementó la temperatura del agua de alimentación hasta 93°C en promedio, el cual básicamente puede mejorar si se hubiese contemplado en las actividades ejecutadas el aislamiento de las tuberías de agua de alimentación, por lo tanto, se presenta como recomendación la mencionada actividad para aumentar la temperatura del agua de alimentación a calderos.
- Se recomienda realizar una segunda gestión para implementar un adecuado sistema de recuperación de condensados a través del vapor flash, lo cual puede realizarse con una inversión a tenerse en cuenta.

X. Referencias bibliográficas

- Atia Consultores, Ltda. (2022). Guía de Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía basados en ISO 50001:2018. Primera Edición: Octubre 2022. Agencia de Sostenibilidad Energética. Chile. Disponible en:
https://www.agenciase.org/wp-content/uploads/2022/11/SISTEMA_ISO_50001_2022.pdf
- Barreto, F. & Castillo, F. (2014). Optimización de los indicadores de productividad de la empresa pesquera Ribaudo s.a. mediante el uso de gas natural licuado en el área de calderos.
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/1933>
- Campos, J, Castrillón, R., Prias, O. & Rojas, D. (2019).
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA GUIA CON BASE EN LA NORMA ISO 50001. RED COLOMBIANA DE CONOCIMIENTO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA – RECIEE. Disponible en:
https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Guia_estructura_ISO50001.pdf
- Carranza, M. & Rivera, C. (2020). DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA NORMA ISO 50001 PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO – TRUJILLO. Tesis de título profesional. Universidad Particular Antenor Orrego. Perú. Disponible en:
https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/6928/REP_ING.IND_MARKO.CARRANZA_CARMEN.RIVERA_DESARROLLO.SISTEMA.GESTI%c3%93N.ENERG%c3%89TICA.BASADO.NORMA.ISO.50001.REDUCIR.CONSUMO.ENERG%c3%8dA.EL%c3%89CTRICA.UPAO.TRUJILLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía (2020). Guía de Eficiencia Energética en Sistemas de Vapor. Grupo de Trabajo de Eficiencia Energética de la Comunidad Ejecutiva de Líderes Energéticos del PFLE. Disponible en:
https://www.eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/05221623_GuiaSistemasdevaporFINAL.pdf

- Distral (2019). CATÁLOGO DE CALDERAS PIROTUBULARES. Colmaquinas. Peru. Disponible en:
<https://www.delgadoyasociados.net/images/Distral%202019.pdf>
- Echeandia, R. (2016). DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO. Tesis de título profesional. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Perú. Disponible en:
file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/TL_EcheandiaDiezRodrigoFernando.pdf
- García, A. (2024). Efecto de la inyección de condensado presurizado en los indicadores de desempeño energético de generadores de vapor pirotubulares. Tesis de título profesional. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en:
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4669>
- Gelmsa (2020). Mantenimiento de calderas industriales: ¡Conoce sus características y beneficios! Blog de Gelmsa. Colombia. Disponible en:
<https://www.gelmsa.com/mantenimiento-de-calderas-industriales-conoce-sus-caracteristicas-y-beneficios>
- Guevara, R. (2023). Diagnósticos energéticos en sistemas térmicos. Universidad Nacional del Santa. Disponible en:
http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/002_modulo_ii_unidad.pdf
- Guevara, R. (2023). Diagnósticos energéticos-Manual de Auditorias Energeticas. Universidad Nacional del Santa. Disponible en:
http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/001_modulo_i_unidad.pdf
- Flores, L. & Jáuregui, I. (2020) Guía de implementación e interpretación de requisitos del estándar ISO 50001:2018. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Conuee México. Disponible ven:
https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/SGEn/manuales/Guia_ISO_50001_2018_paginas_web1.pdf
- Huamanchumo, A. & Moreno C. (2020) Mejora de la eficiencia térmica en calderas pirotubulares mediante la regulación de sus parámetros de

combustión para una empresa pesquera. Tesis de título. Universidad Cesar Vallejo. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/99531/Huamanchumo_CAY-Moreno_ACA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Master SI (2021). 12 MANERAS DE AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LA CALDERA. Blog de Master SI. Perú. Disponible en:

<https://www.mastersi.com.pe/mastersi/blog/228-11-maneras-de-aumentar-la-eficiencia-de-la-caldera>

Nonalaya, M. (2020). Modelo de gestión de la energía, para disminuir los costos productivos del horno N° 3, en la Empresa UNACEM S.A.A. Tesis de Maestría. Universidad Nacional del Centro. Perú. Disponible en:

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5723/T010_41806126_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quezada, P. (2020). Arreglo del suministro de energía para optimizar la línea base energética en Empresa Isadora S.A.C. Tesis de título profesional. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en:

<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3552>

Rehkopf, M. (2024). ¿Qué es la mejora continua? Portal Atlassian. España. Disponible en:

<https://www.atlassian.com/es/agile/project-management/continuous-improvement>

Zanabria, A. (2020). POTENCIA FIRME EN LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES. Artículo de opinión Habitat Verde. Perú. Disponible en:

<https://habitatverde.pe/wp-content/uploads/2020/09/Potencia-firme-en-las-RER.pdf>

XI. ANEXOS

Anexo 1: Interpretación de matriz de enfrentamiento

Anexo 2 : Matriz de selección para empresa consultora para evaluación de eficiencia de calderos.

Anexo 3: Formato de evaluación de eficiencia de calderas

Anexo 4: Check list revisión de operatividad de suministro de agua a calderos

Anexo 5: Check list revisión de operatividad de suministro de petróleo R500 a calderos

Anexo 6: Check list Montaje de activos de componentes para mejora de suministro de agua y petróleo R500

Anexo 7: Check list Monitoreo de temperatura de agua

Anexo 8: Check list Monitoreo de temperatura de petróleo R500

Anexo 9: Matriz de selección para empresa consultora para mantenimiento preventivo interno de calderos.

Anexo 10: Check list mantenimiento planificado de quemadores

Anexo 11: Check list Implementación de mantenimiento interno de calderos, revision interna

Anexo 12: Check list Implementación de mantenimiento interno de calderos , limpieza interna

Anexo 1: Interpretación de matriz de enfrentamiento

ENFRENTAMIENTO		Discusion
AEC	CCN	El ajuste de la eficiencia de calderos se considera de mejor viabilidad tecnica y de menor costo de implementacion con respecto a la adquisicion de nuevos calderos, esta ultima alternativa requiere la inversion de U\$ 150 000.
AEC	CCP-GN	El ajuste de la eficiencia de calderos se considera de mejor viabilidad tecnica y de menor costo de implementacion con respecto al cambio de la matriz energetica en los calderos que radica la implementacion del gas natural como combustible. Aunque existen redes de distribucion de gas natural cerca na a las instalaciones, se requiere un ainversion de U\$ 40 000.
AEC	ITAP	Se considera mucho mas efectivo para el incremento de la eficiencia de los calderos , el ajuste del exceso de la relacion aire combustible, sobre el incremento de la temperatura del agua de alimentacion y suministro de combustible.
AEC	MIBT	Se considera mucho mas efectivo para el incremento de la eficiencia de los calderos el ajuste del exceso de la relacion aire combustible, sobre la implementacion de un plan de mantenimiento preventivo en quemadores y banco de tubos.
AEC	GVF	Se considera mucho mas efectivo para el incremento de la eficiencia de los calderos el ajuste del exceso de la relacion aire combustible, mientras que la generacion de vapor requiere tan solo el aprovechamiento de los condensados.
CCN	CCP-GN	La compra de nuevo calderos requiere una fuerte inversion economica cercana a los 150 000 U\$, lo cual resulta mas costoso que el cambio de matriz energetica a gas natural que representa un costo de U\$ 40 000
CCN	ITAP	Es mucho mas economico regular los valores de la temperatura del agua de alimentacion y de la temperatura del Petroleo R500 suministrado a calderos, ya que la adquisicion de nuevos calderos requieren un alta inversion.
CCN	MIBT	La compra de nuevo calderos requiere una fuerte inversion economica cercana a los 150 000 U\$, siendo mas prioritario la implementacion de un plan de mantenimiento preventivo de quemadores y banco de tubos
CCN	GVF	La compra de nuevo calderos requiere una fuerte inversion economica cercana a los 150 000 U\$, es preferible que la implementacion de la recuperacion de vapor flash.
CCP-GN	ITAP	Debido a su alto costo de implementacion el cambio de matriz energetica no se prefiere en comparacion al control de la temperatura del agua de alimentacion del agua y del combustible.
CCP-GN	MIBT	Debido a su alto costo de implementacion el cambio de matriz energetica no se prefiere en comparacion a la implementacion de un plan de mantenimiento preventivo aplicado alos quemadores y banco de tubos de los calderos.
CCP-GN	GVF	Debido a su alto costo de implementacion el cambio de matriz energetica no se prefiere en comparacion a la implementacion de un sistema de recuperacion de condensados para la generacion de vapor flash.
ITAP	MIBT	Se selecciona como viable tecnica economicamente factible el control de la temperatura dela gua de alimentacion y combustible al caldero, con respecto a un plan de mantenimiento preventivo aplicado alos quemadores y banco de tubos de los calderos.
ITAP	GVF	Se selecciona como viable tecnica economicamente factible el control de la temperatura dela gua de alimentacion y combustible al caldero, con respecto a la implementacion de un sistema de recuperacion de condensados para la generacion de vapor flash.
MIBT	GVF	Se prioriza la implementacion de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a los quemadores y banco de tubos de los calderos, con respecto a la implementacion de un sistema de recuperacion de condensados para la generacion de vapor flash.

Nota. Elaboracion propia.

Anexo 2: Matriz de selección para empresa consultora para evaluación de eficiencia de calderos.

N°	Detalle	Criterio de selección			
		0	1	2	3
1	Experiencia en trabajos similares (años)	Sin experiencia	Menor a 1	1 año	Mas de 1 año y menos de 2
2	Garantia del trabajo	Sin garantia	Hasta 6 meses	Hasta 1 año	de 1 a 2 años
3	Propuesta economica	10000	9000	8000	7500
4	Personal Clave : Ingeniero supervisor con experiencia entrabajos similares	0	6 meses	1 año	Mas de 1 año
5	Personal Clave : Supervisor con experiencia en trabajos similares	0	6 meses	1 año	Mas de 1 año
6	Personal calificado para operación con experiencia	0	6 meses	1 año	Mas de 1 año
7	Certificacion de la empresa con normatividad o ISOS asociadas al trabajo a realizar	No cuenta	1	2	mas de 2
Puntaje					

Nota. Elaboracion propia.

Anexo 3: Formato de evaluación de eficiencia de calderas.

FORMATO DE EVALUACION DE EFICIENCIA DE CALDEROS						
OBJETIVO:	Evaluar la eficiencia termica del Caldero N°..... Empleando un analizador de gases					
ENFOQUE:	La eficiencia mide el grado de aprovechamiento del calor suministrado por el combustible					
EQUIPO EMPLEADO: Analizador de gases TESTO 340						
FECHA:				HORA:		
INGENIERO RESPONSABLE DE LA MEDICION:						
INGENIERO DE PLANTA ANDECORP SAC:						
LECTURAS						
N°	Parametro		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
1	Eficiencia					
2	CO2					
3	O2					
4	CO2					
5	Temperatura de gases (°C)					
6	Temperatura ambiente(°C)					
CONDICIONES DE SEGURIDAD						
1	Riesgo por trabajo en altura para colocar sonda de analizador.					
2	Riesgo por trabajos en caliente					
3	Riesgo por trabajo en zonas a mayores de 80 dB					
4	Emplear casco, guantes de asbesto, protector auditivo, lentes y arnes y linea de vida					
REVISION :						
FECHA DE REVISION:						

Nota. Elaboracion propia.

Anexo 4: Check list revisión de operatividad de suministro de agua a calderos

CHECK LIST DE VERIFICACION DE OPERATIVIDAD DE SUMINISTRO DE AGUA DE ALIMENTACION A CALDEROS				
OBJETIVO:	Verificacion de operatividad de suministro de agua de alimentacion a calderos			
ENFOQUE:	La linea de suministro de agua de alimentacion de calderos debe reunir las condiciones de operación y seguridad para un suministro confiable			
DETALLE	Verificacion visual			
FECHA:		TURNO		
OPERADOR DE TURNO:				
JEFE DE TURNO:				
DETALLES (Colocar con una X donde corresponda)				
N°	Temperatura (°C)	En buenas condiciones	En malas condiciones	Anotaciones
1	Estado de bomba de agua			
2	Estado de motor electrico de bomba			
3	Estado de termometro de agua desde el desareador			
4	Estado de termometro de alimentacion al caldero			
5	Fugas de agua			
6	Valvulas en mal estado			
CONDICIONES DE SEGURIDAD				
1	Riesgo por trabajos en caliente			
2	Riesgo por trabajo en zonas a mayores de 80 dB			
3	Emplear casco, guantes de asbesto, protector auditivo, lentes y arnes y linea de vida			
REVISION :				
FECHA DE REVISION:				

Nota. Elaboracion propia.

Anexo 5: Check list revisión de operatividad de suministro de petróleo R500 a calderos

CHECK LIST DE VERIFICACION DE OPERATIVIDAD DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE PETROLEO R500 A CALDEROS				
OBJETIVO: Verificación de operatividad de suministro de combustible a calderos				
ENFOQUE: La línea de suministro de combustible garantiza el flujo de calor suministrado al caldero en condiciones de operación y seguridad para un suministro confiable				
DETALLE		Verificación visual		
FECHA:		TURNO		
OPERADOR DE TURNO:				
JEFE DE TURNO:				
DETALLES (Colocar con una X donde corresponda)				
N°	Temperatura (°C)	En buenas condiciones	En malas condiciones	Anotaciones
1	Estado de bomba de petróleo			
2	Estado de motor eléctrico de bomba			
3	Estado de termómetro de petróleo (bodega)			
4	Estado de termómetro de petróleo (tanque diario)			
5	Estado de termómetro de petróleo (antes de quemador)			
6	Calentador de petróleo			
7	Valvulas en mal estado			
CONDICIONES DE SEGURIDAD				
1	Riesgo por trabajos en caliente			
2	Riesgo por trabajo en zonas a mayores de 80 dB			
3	Emplear casco, guantes de asbesto, protector auditivo, lentes y arnes y línea de vida			
REVISION :				
FECHA DE REVISION:				

Nota. Elaboración propia.

Anexo 6: Check list Montaje de activos de componentes para mejora de suministro de agua y petróleo R500

CHECK LIST DE VERIFICACION DE MONTAJE DE ACTIVOS PARA SUMINISTRO DE AGUA Y COMBUSTIBLE PARA CALDEROS				
OBJETIVO:	Verificacion de montaje de activos para suministro de combustible y agua a calderos			
ENFOQUE:	El correcto montaje garantiza la operatividad de activos de la red de suministro de agua y combustible al caldero.			
DETALLE		Verificacion visual		
FECHA:		HORA		
MECANICO DE TURNO:				
JEFE DE TURNO:				
DETALLES (Colocar con una X donde corresponda)				
N°	Temperatura (°C)		En malas condiciones	Anotaciones
1	Instalacion de termometro de agua de alimentacion a calderos			
2	Instalacion de termometro de agua saliente del desareador			
3	Cambio de empaquetaduras de bridas de tuberias de succion y descarga de agua desde la bomba			
4	Instalacion de termometro de ingreso de petroleo hacia quemadores			
5	Instalacion de termometro de petroleo desde tanque diario			
CONDICIONES DE SEGURIDAD				
1	Riesgo por trabajos en caliente			
2	Riesgo por trabajo en zonas a mayores de 80 dB			
3	Emplear casco, guantes de asbesto, protector auditivo, lentes y arnes y linea de vida			
REVISION :				
FECHA DE REVISION:				

Nota. Elaboracion propia.

Anexo 7: Check list Monitoreo de temperatura de agua

CHECK LIST DE VERIFICACION TEMPERATURAS DE AGUA DE ALIMENTACION A CALDEROS				
OBJETIVO:	Lectura de valores de temperatura de agua de alimentacion			
ENFOQUE:	La temperatura del agua de alimentacion juega un rol de relevante importancia en el empleo de combustible			
DETALLE	Verificacion visual			
FECHA:		TURNO		
OPERADOR DE TURNO:				
JEFE DE TURNO:				
LECTURAS				
N°	Temperatura (°C)	Inicio de Turno	Fin de Turno	Promedio
1	Temperatura de agua de repocision			
2	Temperatura saliente desareador			
3	Temperatura ingreso a caldero			
4	Temperatura de condensados			
CONDICIONES DE SEGURIDAD				
1	Riesgo por trabajos en caliente			
2	Riesgo por trabajo en zonas a mayores de 80 dB			
3	Emplear casco, guantes de asbesto, protector auditivo, lentes y arnes y linea de vida			
REVISION :				
FECHA DE REVISION:				

Nota. Elaboracion propia.

Anexo 8: Check list Monitoreo de temperatura de petróleo R500

CHECK LIST DE VERIFICACION TEMPERATURAS DE PETROLEO R500 DE ALIMENTACION A CALDEROS				
OBJETIVO:	Lectura de valores de temperatura de Petroleo R500 de alimentacion			
ENFOQUE:	La temperatura del combustible juega un rol de relevante importancia en el empleo de combustible			
DETALLE	Verificacion visual			
FECHA:		TURNO		
OPERADOR DE TURNO:				
JEFE DE TURNO:				
LECTURAS				
N°	Temperatura (°C)	Inicio de Turno	Fin de Turno	Promedio
1	Temperatura de petroleo antes de quemadores			
2	Temperatura de petroleo frente al calentador			
3	Temperatura de petroleo en el tanque diario de combustible			
4	Temperatura de petroleo en la boveda de recepcion			
CONDICIONES DE SEGURIDAD				
1	Riesgo por trabajos en caliente			
2	Riesgo por trabajo en zonas a mayores de 80 dB			
3	Emplear casco, guantes de asbesto, protector auditivo, lentes.			
REVISION :				
FECHA DE REVISION:				

Nota. Elaboracion propia.

Anexo 9: Matriz de selección para empresa consultora para mantenimiento preventivo interno de calderos.

MATRIZ DE SELECCIÓN DE EMPRESAS PARA REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN CALDEROS					
N°	Detalle	Criterio de selección			
		0	1	2	3
1	Experiencia en trabajos similares (años)	Sin experiencia	Menor a 1	1 año	Mas de 1 año y menos de 2
2	Garantia del trabajo	Sin garantia	Hasta 6 meses	Hasta 1 año	de 1 a 2 años
3	Propuesta economica	10000	9000	8000	7500
4	Personal Clave : Ingeniero supervisor con experiencia en trabajos similares	0	6 meses	1 año	Mas de 1 año
5	Personal Clave : Supervisor con experiencia en trabajos similares	0	6 meses	1 año	Mas de 1 año
6	Personal calificado para operación con experiencia	0	6 meses	1 año	Mas de 1 año
7	Certificacion de la empresa con normatividad o ISOS asociadas al trabajo a realizar	No cuenta	1	2	mas de 2
Puntaje					

Nota. Elaboracion propia.

Anexo 10: Check list mantenimiento planificado de quemadores

CHECK LIST DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO EN QUEMADORES DE CALDEROS				
OBJETIVO: Verificación de actividades de mantenimiento preventivo en quemadores				
ENFOQUE: El correcto mantenimiento de quemadores garantiza la operatividad del caldero				
DETALLE: Verificación visual				
FECHA:		HORA:		
MECANICO DE TURNO:				
JEFE DE TURNO:				
DETALLES (Colocar con una X donde corresponda)				
N°	Temperatura (°C)	Realizado	No realizado	Anotaciones
1	Destape de tapa de quemador			
2	Retiro de quemador desde alojamiento			
3	Desmontaje de quemador			
4	Lavado de quemador con gasolina			
5	Limpieza con aire comprimido			
6	Montaje de quemador			
7	Limpieza de deflectores			
8	Tapado de quemador			
CONDICIONES DE SEGURIDAD				
1	Riesgo por trabajos en caliente			
2	Riesgo por trabajo en zonas a mayores de 80 dB			
3	Emplear casco, guantes de asbesto, protector auditivo, lentes.			
REVISION :				
FECHA DE REVISION:				

Nota. Elaboración propia.

Anexo 11: Check list Implementación de mantenimiento interno de calderos, revision interna

Check list Implementación de mantenimiento interno de calderos, revision interna					
OBJETIVO:		Revisar la parte interna del caldero: espejos, banco de tubos y refractarios			
ENFOQUE:		Una revision exhaustiva de la parte interna permite una planificacion del mantenimiento			
DETALLE		Verificacion visual			
FECHA:		HORA			
INGENIERO DE SERVICIO:					
JEFE DE TURNO:					
DETALLES (Colocar con una X donde corresponda)					
N°	Detalle	Realizado	No realizado	Anotaciones	
1	Estado del flue				
2	Revision de tuberias lado anterior con presion hidrostatica				
3	Revision de tuberias lado posterior con presion hidrostatica				
4	Verificacion de uniones de espejo posterior				
5	Verificacion de uniones de espejo frontal				
6	Revision de pared anterior (refractarios)				
7	Aspecto interior de tubos de fuego				
CONDICIONES DE SEGURIDAD					
1	Riesgo por trabajos en caliente				
2	Riesgo por trabajo en zonas a mayores de 80 dB				
3	Emplear casco, guantes de asbesto, protector auditivo, lentes, protector nasal.				
REVISION :					
FECHA DE REVISION:					

Nota. Elaboracion propia.

Anexo 12: Check list Implementación de mantenimiento interno de calderos, limpieza interna

Check list Implementación de mantenimiento interno de calderos, limpieza interna				
OBJETIVO:	Reaizar el envarillado interno de tubería de calderos			
ENFOQUE:	La limpieza interna de las tuberías de calderos mejora el área de transferencia de calor y conductividad térmica			
DETALLE	Empleo de varillas de limpieza de tuberías			
FECHA:		HORA		
INGENIERO DE SERVICIO:				
JEFE DE TURNO:				
DETALLES (Colocar con una X donde corresponda)				
N°	Detalle	Realizado	No realizado	Anotaciones
1	Destapado correcto de tapa anterior			
2	Destapado correcto de tapa posterior			
3	Limpieza de espejo anterior			
4	Limpieza de espejo posterior			
5	Limpieza interna de tuberías de primer paso			
6	Limpieza interna de tuberías de segundo paso			
7	Limpieza de flue			
CONDICIONES DE SEGURIDAD				
1	Riesgo por trabajos en caliente			
2	Trabajo sobre andamios			
3	Emplear casco, guantes de asbesto, protector auditivo, lentes, protector nasal.			
REVISION :				
FECHA DE REVISION:				

Nota. Elaboración propia.