



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Mezcla de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6, para
reducir costos del proceso de combustión en caldero 1800BHP,
COPEINCA”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Lezcano Cossio, Kristhofer Alfredo (ORCID: 0000-0002-4655-5736)

Zavaleta Sánchez, Julio Cesar (ORCID: 0000-0002-2261-2337)

ASESOR:

Mg. Sifuentes Inostroza, Teófilo Martín (ORCID: 0000-0001-8621-236X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución.

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

*La presente investigación de tesis se lo dedicamos primero **A Dios** por cada detalle de gratitud y momento durante la realización de nuestros estudios universitarios.*

Nosotros los autores: Kristhofer y Julio, queremos dedicar el presente trabajo a nuestras familias: padres y hermanos por ser los principales promotores de este sueño exitoso, gracias a ellos por confiar y creer cada día en nuestras expectativas.

AGRADECIMIENTO

Nosotros los autores queremos agradecer al MSc. Ing. Teófilo Martín Sifuentes Inostroza, por su direccionamiento en la investigación de tesis y por su rectitud en su profesión como Ingeniero especialista en el tema, los cuales contribuyeron a la investigación científica.

Un agradecimiento al Dr. Jorge Eduardo Luján López, por su orientación como Ingeniero en el tema metodológico y por su visión crítica en varios aspectos técnicos del estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	11
2.1. Tipo y diseño de investigación	11
2.2. Operacionalización de variables	12
2.3. Población y muestra	13
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
2.5. Procedimiento	13
2.6. Método de análisis de datos	15
2.7. Aspectos éticos	15
III. RESULTADOS	16
IV. DISCUSIÓN	43
V. CONCLUSIONES	47
VI. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS	52

Indice de Tablas

Tabla 01: Operacionalización de las variables de la investigación	12
Tabla 02: Técnicas e instrumentos de la investigación	13
Tabla 03: Entalpías de procesos (Anexo A1 y A2).	16
Tabla 04: Entalpia de procesos (Anexo A.3)	16
Tabla 05: Consumos de productos en los procesos de la planta	17
Tabla 6: Vapor total producido por el caldero meses: Marzo – octubre	19
Tabla 7: Consumos de combustible (petróleo N°6) del caldero de 1800 BHP	22
Tabla 8: Relación aire/combustible del caldero de 1800 BHP. Meses: Marzo a octubre 2019.	22
Tabla 9: Rendimiento del caldero de 1800 BHP. Meses: Marzo a octubre 2019.	24
Tabla 10: Parámetros de proporción de la mezcla óptima de los combustibles	28
Tabla 11: Condiciones óptimas de funcionamiento de la mezcla	28
Tabla 12: Composición másicas del petróleo industrial N°6	34
Tabla 13: Número de moles de los compuestos	34
Tabla 14: Composición másica de la mezcla de los combustibles	35
Tabla 15: Número de moles de la mezcla de los combustibles	36
Tabla 16: Contaminantes CO2 y SO2 en condiciones actuales y mejora	37
Tabla 17: Costos de mantenimiento	39
Tabla 18: Costos operativos del personal de mantenimiento	39
Tabla 19: Inversión en activos fijos del proyecto	40
Tabla 20: Análisis financiero del estudio	42

Índice de gráficos y figuras

Figura N° 01: Distribución actual de Planta COPEINCA	04
Figura N° 02: Distribución propuesta de Planta COPEINCA	05
Figura N° 03: Procedimiento del proyecto de investigación	14
Figura N° 04: Parámetros de funcionamiento del caldero utilizando petróleo N°6	20
Figura N° 05: PCI de los combustibles petróleo industrial N°6 y aceite residual de pescado	25
Figura N° 06: Poderes caloríficos de los combustibles y de la mezcla óptima	29
Figura N° 07: Consumos de combustible en condiciones de mejora	30
Figura N° 08: Comparativo de consumos de combustible	31
Figura N° 09: Rendimiento energético del caldero actual y mejora	32
Figura N°10: Costos del proceso de combustión.	33
Figura N°11: Análisis ambiental de los combustibles	37

RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en la mezcla de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6, para reducir costos del proceso de combustión en caldero 1800BHP de la empresa COPEINCA, para el análisis inicial determinó que los equipos: Cocinadores, prensas, secadores, caldo de separadoras, sanguaza y evaporador de agua de cola consumen en promedio 24502.325 Kg/h de vapor saturado del caldero de 1800 BHP. Asimismo, el balance de masa y energía realizado al caldero determinó que consume en promedio 1861.72 Kg/h de petróleo industrial N°6 con un rendimiento energético de 79.42% y costo del proceso de combustión de 17244079.11 S/. /año. El análisis fisicoquímico mediante una bomba calorimétrica al petróleo industrial N°6 y aceite residual de pescado ultimó que la proporción óptima de la mezcla de los combustibles es 60% de petróleo industrial N°6 y 40% de aceite residual de pescado para obtener un PCI de 11344 Kcal/Kg el cual se debe regular con un exceso de aire a 1.414 y relación de aire/combustible a 21.20. En condiciones de mejora el consumo de combustible se reduce a 1111.10 Kg/h, el cual está dividido en 40% de aceite residual de pescado (444.44 Kg/h) y 60% de petróleo industrial N°6 (666.66 Kg/h), incrementando el rendimiento energético del caldero a 87.27% y reduciendo el costo del proceso de combustión a 9778454.437 S/. /año, significando un ahorro del 43.30% del costo de combustión inicial. Se seleccionó un quemador específico para mezcla de combustibles líquidos pesados con una capacidad calorífica nominal de 28000 BTU/lb-m. Se realizó un impacto ambiental comparativo entre el petróleo industrial N°6 y la mezcla, obteniendo una reducción en la masa de dióxido de carbono CO₂ de 14986.73 TM/año y en la masa de dióxido de azufre SO₂ de 360.62 TM/año. El proyecto tiene una inversión de 825367.4 U\$\$ y un beneficio de 2037332.764 U\$\$/año, con un periodo retorno de la inversión de 5 meses. El análisis financiero indicó que el estudio es viable con un valor actual neto de 9885066.00 U\$\$ y una tasa interna de rentabilidad del 247% con un periodo de préstamo de 10 años y una tasa de interés de 13.80%.

Palabras Claves: *mezcla de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6, proceso de combustión en caldero, análisis fisicoquímico de combustibles.*

ABSTRACT

The present investigation is based on the mixture of residual fish oil and industrial oil No. 6, to reduce the costs of the combustion process in the 1800BHP cauldron of COPEINCA, for the initial analysis determined that the equipment: cookers, presses, dryers, broth of separators, sanguaza and evaporator of tail water consume on average 24502.325 Kg / h of saturated steam from the 1800 BHP cauldron. Likewise, the mass and energy balance made to the boiler determined that it consumes an average of 1861.72 Kg / h of industrial oil No. 6 with an energy efficiency of 79.42% and the cost of the combustion process of 17244079.11 S / . /year. The physicochemical analysis by means of a calorimetric pump to industrial oil No. 6 and residual fish oil concluded that the optimum proportion of the fuel mixture is 60% of industrial oil No. 6 and 40% of residual fish oil to obtain a PCI 11344 Kcal / Kg which must be regulated with an excess of air at 1,414 and air / fuel ratio at 21.20 Under conditions of improvement, fuel consumption is reduced to 1111.10 Kg / h, which is divided into 40% of residual fish oil (444.44 Kg / h) and 60% of industrial oil No. 6 (666.66 Kg / h), increasing the energy efficiency of the boiler to 87.27% and reducing the cost of the combustion process to 9778454.437 S / . / Year, meaning a saving of 43.30% of the initial combustion cost. A specific burner was selected for mixing heavy liquid fuels with a nominal heat capacity of 28000 BTU / lb-m. A comparative environmental impact was made between industrial oil No. 6 and the mixture, obtaining a reduction in the mass of CO₂ carbon dioxide of 14986.73 MT / year and in the mass of sulfur dioxide SO₂ of 360.62 MT / year. The project has an investment of 825367.4 U \$\$ and a profit of 2037332.764 U \$\$ / year, with a return period of the investment of 5 months. The financial analysis indicated that the study is viable with a net present value of 9885066.00 U \$\$ and an internal rate of return of 247% with a loan period of 10 years and an interest rate of 13.80%.

Keywords: *mixture of residual fish oil and industrial oil No. 6, cauldron combustion process, physicochemical analysis of fuels.*

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial una de las acciones de medida de gestión energética en el ahorro de combustible en las industrias pesqueras que utilizan al vapor saturado como fuente principal para sus procesos de intercambio de calor, lo establece el uso del aceite residual de pescado, el cual es un sub producto valioso para la combustión en calderas piro tubulares, siempre y cuando se le mezcle con un petróleo industrial; dicha mezcla puede aumentar el poder calorífico inferior en un promedio del 90%, minimizando de esta manera el gasto de combustible en calderos (Sánchez, 2015).

En el Perú, las empresas pesqueras desde hace 10 años, han visto en el aceite de pescado residual un sub producto de sus procesos, comercializándolo para la industria de margarinas, grasas alimenticias, shortenings (aceite hidrogenado para pastelería), comida para mascotas, farmacéuticos y aceites compuestos; pero no siempre fue así, esto se logró con la regulación ambiental del ANA (Autoridad Nacional del Agua), que mediante la Ley N° 29338, prohibió que este recurso sea desechado al mar, obligando a las empresas pesqueras a darle un valor secundario, cabe indicar que con esta regulación las empresas han visto sobre todo un cumplimiento de la norma y no enteramente un beneficio el procesar este sub producto, ya que el producto principal es la harina de pescado (Luñosa, 2014).

La Corporación Pesquera Inca S.A.C, conocida como COPEINCA, fue establecida principalmente para la extracción de diversas especies hidrobiológicas para ser transformadas en harina de pescado y aceite de pescado, para consumo humano y animal respectivamente. Para lograr la transformación de sus productos, desde el inicio se ha utilizado como fuente primaria, al vapor saturado a una presión de 110 Psi manométricos, el cual es producido por calderas piro tubulares que consumen petróleo industrial N°6 (Departamento de producción COPEINCA, 2019).

COPEINCA adquirió un caldero Johnston Boiler de una potencia de 1800BHP, con una producción de vapor saturado de 28188 Kg/h para el consumo de los procesos de prensado, cocción, secado, tanque de caldo de separadoras, tanque de sanguaza y evaporador de agua de cola (figura 1), radicando su

problemática en el elevado consumo de petróleo industrial N°6, cuyo consumo en promedio representa 2'773183 gal/año, que ha obligado a la empresa comprar el petróleo industrial a un costo fijo de 6.10 S//gal, generando un gasto de 16'916416.30 S//año (Departamento de mantenimiento COPEINCA, 2019).

Asimismo, las embarcaciones de la empresa COPEINCA, transportan el pescado (anchoveta) por medio de un sistema de bombeo (pescado, aceite y agua) a la planta de procesos, donde el pescado puro pasa a las etapas de prensado, cocción y secado para producir 250 TM/h de harina y el aceite y el agua pasan a la etapa de centrifugación para separarlos, donde se generan 4500 lt/h de aceite de pescado crudo y la otra parte denominada agua de cola pasa por un tratamiento para su posterior reutilización y desecho (figura 2) (Departamento de producción COPEINCA, 2019).

En la investigación, materia del presente estudio se ha buscado reducir el consumo de petróleo industrial N°6, realizando una mezcla de éste con el aceite de pescado que, como se ha dicho en el párrafo anterior, es un subproducto de la empresa COPEINCA, logrando un ahorro económico para el caldero de 1800 BHP, demostrados mediante el análisis termo-económico (balances de materia y energía, balances de combustión, balances físico químicos y análisis económicos) centrados en esta máquina térmica. En tal sentido, se ha propuesto minimizar el gasto de combustible del caldero, mediante la mezcla del petróleo con el aceite residual de pescado, otorgando a este último un valor económico más alto que el que se obtiene actualmente con su comercialización, vendiéndolo actualmente a un costo de 1.411 S//litro de aceite residual de pescado (Departamento de mantenimiento COPEINCA, 2019).

Por lo anteriormente expresado, la formulación del problema de la investigación es el siguiente: ¿En qué medida el uso de aceite residual de pescado mezclado con petróleo industrial N°6 reduce los costos del proceso de combustión del caldero de 1800 BHP de la empresa COPEINCA?

El informe de investigación se ha justificado desde el punto de vista *económico* porque el análisis termo-económico de la mezcla de aceite residual de

pescado y petróleo industrial reducirá los costos de combustible del caldero pirotubular de 1800 BHP, siendo este un gran beneficio para la planta pesquera, que recibirá una mayor utilidad en el sub producto de pescado (aceite residual). Asimismo, desde la relevancia *social* la utilización de combustibles (hidrocarburos) en mezcla con combustibles residuales (aceite de pescado), ayudará a las empresas pesqueras a mejorar su eficiencia de combustión, con un mejor costo en la generación de vapor saturado. Desde el carácter de relevancia *institucional* el estudio de implementación de nuevas tecnologías de combustibles hace que estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo aprendan y extiendan su conocimiento en la Institución y en el campo laboral y finalmente se justifica desde la relevancia *ambiental* porque se reducirá la masa de los gases residuales del caldero pirotubular cumpliendo con las normas de impacto medio ambiental, para una mejor calidad de vida para habitantes que rodeen esta empresa.

Basándose en la formulación del problema, la investigación plantea la siguiente hipótesis: El uso de aceite residual de pescado en una proporción de 30% mezclado con 70% de petróleo industrial N°6 reducirá los costos del proceso de combustión del caldero 1800 BHP de la empresa COPEINCA, entre 40% a 50%.

Ahora bien, para dar respuesta al problema, se ha planteado el siguiente objetivo general: Evaluar el uso de la mezcla de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6 como combustible para reducir el costo del proceso de combustión del caldero 1800 BHP de la empresa COPEINCA; y, para llegar a ello se tuvieron en cuenta como objetivos específicos, los siguientes: i) Realizar un balance de masa y energía a la planta COPEINCA S.A en condiciones actuales, para determinar así consumos de vapor, combustible, eficiencia térmica de la caldera y costo del proceso de combustión; ii) Determinar mezcla idónea de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6, y su poder calorífico inferior; iii) Realizar un balance de masa y energía a la planta COPEINCA S.A en condiciones de mejora, para evaluar consumo de combustible, eficiencia térmica de la caldera y costo del proceso de combustión; iv) Realizar un análisis de impacto ambiental con la mezcla de los combustibles; v) Realizar un análisis económico (Beneficio e inversión) y financiero (VAN y TIR), fundamentado en la reducción de consumo de combustible y aumento del rendimiento energético.

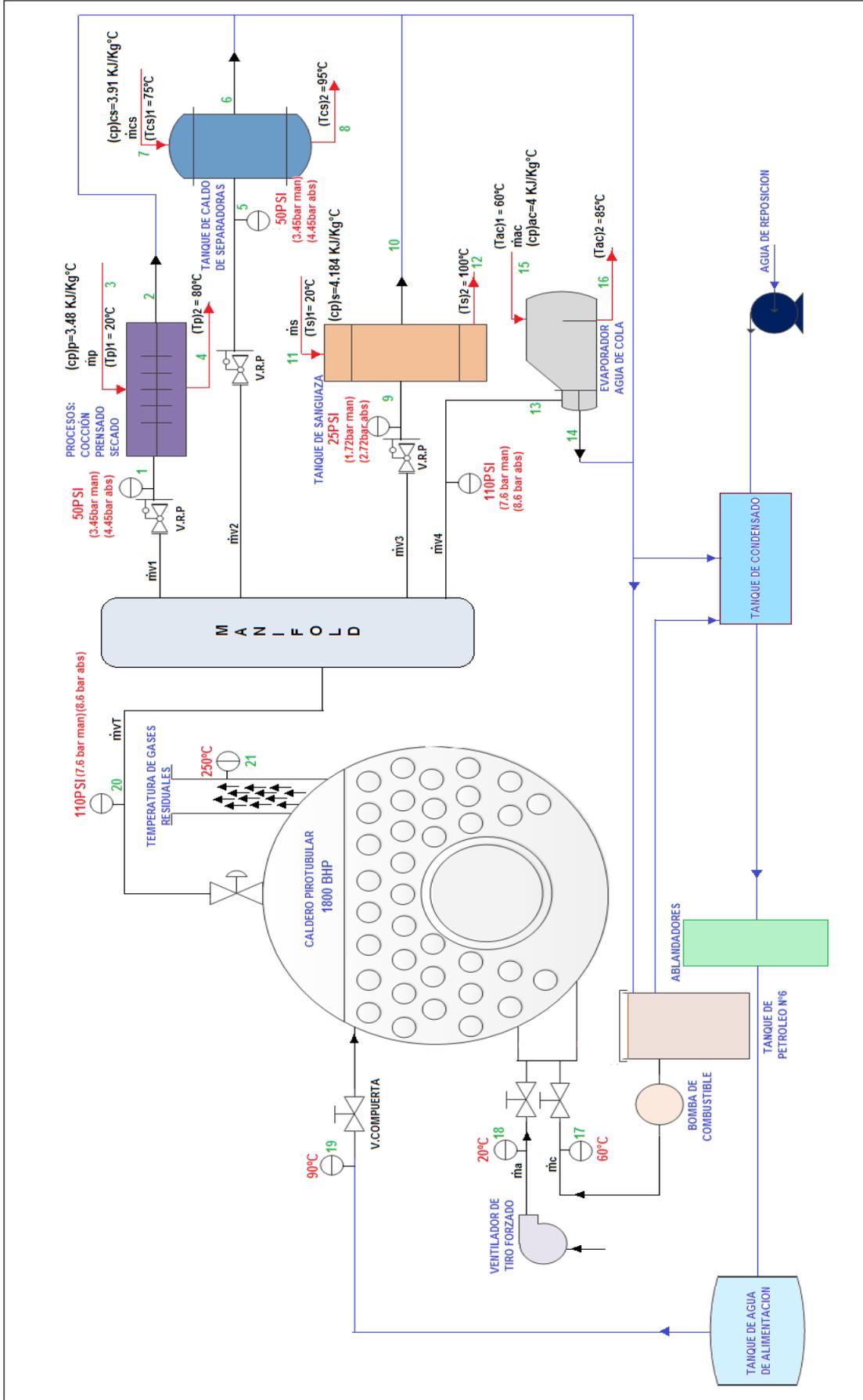


Figura 01: Planta COPEINCA en condiciones de operación actual

Fuente COPEINCA, 2019

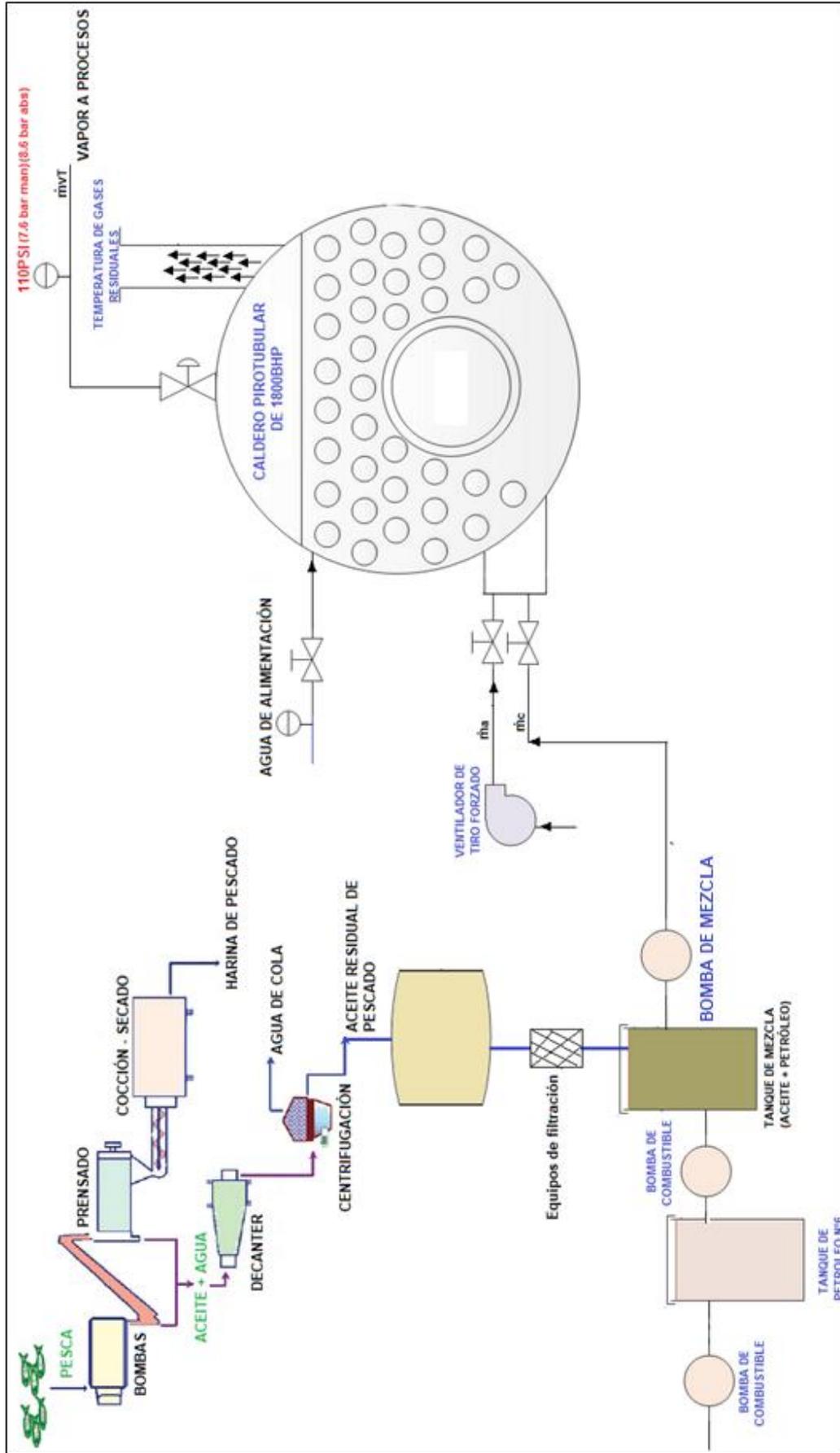


Figura 02: Planta COPEINCA en condiciones de mejora

Fuente COPEINCA, 2019

II. MARCO TEÓRICO.

Para dar sustento a la investigación, se han considerado algunos referentes al tema. Así, (Culquipoma, 2018) explicó que el consumo de combustible y rendimiento energético de la caldera sin precalentador de aire con diésel-2 sería 216 gal/h y 78.45%, con gas licuado de petróleo 156.53 gal/h y 89.5%. Asimismo, con el uso de un precalentador para calentar el aire a una temperatura de 140°C con diésel-2 sería 176 gal/h y 88.42%, con gas licuado de petróleo 142.6 gal/h y 94.13%. El diseño del precalentador consto de 144 tubos de ASTM A36 cédula 40 con un diámetro nominal de 2 ½ in, con un diámetro de coraza de 68 in y una longitud de 3.3 m con aislamiento térmico de lana mineral de roca de espesor de 1 in localizado a una altura de 6 m y soportado por una viga W310x21. Concluyendo que para la implementación del GLP se debe instalar un quemador dual con una capacidad máxima de 27500 BTU/lb-m, Concluyendo que el proyecto conlleva a un beneficio en referencia al calentamiento del aire para la combustión con diésel-2 de 136060.71 \$/año y con GLP 48139.40 \$/año. Con una inversión con diésel-2 de 23778.5 \$ y con GLP 45179.15 \$, obteniendo un PRI con diésel-2 de 5 mes y con GLP 11 meses.

En forma similar, (Medina, 2018) evaluaron el poder calorífico (inferior y superior) de la mezcla de aceite residual de pescado y petróleo R-500, en proporciones de 10/90%, 30/70%, 50/50% de aceite y petróleo respectivamente, mediante la utilización de una bomba calorimétrica. La metodología se realizó mediante un estudio aplicado, preexperimental comparativo. Se obtuvo como resultado que la proporción adecuada para la mezcla fue 30% de aceite y 70% de petróleo con un tiempo de ignición de 4 minutos y 27°C, dónde el PCS del aceite de pescado puro es 9189.50 Kcal/Kg y el PCI 8323.85 Kcal/Kg y el PCS del petróleo alcanzó los 9625 Kcal/Kg con un PCI de 9027 Kcal/Kg. Concluyendo que la mezcla optima tiene un poder calórico superior de 17600 Kcal/Kg y un poder calorífico inferior de 16739.7 Kcal/Kg, beneficioso para la utilización del sector industrial pesquero.

Asimismo, (Montesinos, 2018) demostró que la implementación de un plan de gestión térmica en la empresa reduciría en un 94% el calor perdido, el cual

supone una reducción del 2.5% del costo de producción. Menciona que se realizarán las siguientes mejoras: mantenimiento preventivo de la caldera, reemplazo de instrumentos de medición, aislamiento de tuberías y capacitación del personal, cambio de quemador de GLP, mejorando la eficiencia en la gestión térmica en un 8 %. Concluye que la inversión necesaria es de 48500 soles, la cual se recuperará a partir del 10 mes. Recomienda implementar su plan de gestión, pues el ahorro del primer año será de 15,890 soles y en el segundo año de 74,872.08 soles.

Por otro lado, (Alcántara, 2017) explicaron que las mezclas de aceites residuales de pescados con petróleos industriales en combinaciones porcentuales en los rangos de 22% hasta 45% para el aceite residual de pescado y de 78% hasta 55% para los petróleos industriales, generan mezclas aceptables para obtener un poder calorífico inferior óptimo. La investigación fue cuantitativa, descriptiva – preexperimental. Asimismo, se especificó el análisis para una caldera de 80BHP que consumía petróleo donde su rendimiento era 76.56%, pero con la mezcla tuvo un incremento del 78%. También el consumo de petróleo N°6 de la caldera era de 25 galones/hora, pero con mezcla (acetite 25% y 75% petróleo bunker) se redujo a 20 galones/hora, con un ahorro de 5 galones/hora. Concluyendo que la inversión para la implementación de este tipo de tecnologías de combustión asciende a 50344.00 soles, con un beneficio de 80954.77 soles/año, lo que permite un retorno operacional de la inversión de 8 meses.

También, (Lamas, 2016) evaluó la mezcla de diésel 2 con aceite residual en proporciones de 50/50% como combustibles para un horno de fundición de metales mediante la utilización de una bomba calorimétrica. La metodología se realizó en base a un estudio descriptivo, experimental longitudinal. Se obtuvieron como resultados, un tiempo de ignición de 6.33 minutos y 29°C para la mezcla correcta en la proporción 50% de diesel-2 y 50% para aceite residual, dónde el PCS del aceite residual tuvo un valor de 8333.13 Kcal/Kg y el PCI 7230.10 Kcal/Kg y el PCS del petróleo alcanzó los 9203.00 Kcal/Kg con un PCI de 9000.22 Kcal/Kg. Concluyendo que la mezcla optima tiene un poder calórico superior de 15600 Kcal/Kg y un poder calorífico inferior de 13900 Kcal/Kg, con un periodo de retorno

de la inversión de 1 año, valor actual neto de 45656.77 U\$\$, con una tasa interna de retorno del 88% y un costo/beneficio de 3.12.

Finalmente, (Gobernado, 2015) demostró que el poder calorífico inferior del gasóleo o diésel tienen un mayor grado de concentración de CO₂ y SO₂ frente a los agentes contaminantes de los aceites residuales de animales y vegetales. La metodología utilizada fue aplicada – descriptiva, preexperimental. Obteniendo como resultado que para la mezcla del gasóleo y un aceite se utiliza un menor porcentaje de exceso de aire en la combustión de 1.33, lo que permite un incremento del rendimiento del caldero en un aproximado máximo de 4.50%, con una proporción de 34% de aceite y 66% de gasóleo. Concluyendo que el PCI en todos los aceites presenta menos contenido de carbono en comparación al gasóleo, donde los aceites tienen en su composición mayor concentración oxígeno, requiriendo menor flujo de aire para la combustión, lo cual es un beneficio en el impacto ambiental ya que se reduce la masa de dióxido de carbono y dióxido de azufre en un 60 y 65% respectivamente.

Por lo tanto, a fin de respaldar la investigación es necesario establecer conceptos afines que refuercen la formulación, desarrollo y comprensión del trabajo, iniciando por definir a *la caldera piro-tubular* como la máquina térmica que produce vapor saturado a una determinada presión requerida por los procesos de intercambio de calor de una planta, para la generación de vapor. La caldera cuenta con un quemador para la reacción del aire en conjunto con un combustible (petróleo, gas natural, gas licuado de petróleo, otros), originando los gases calientes que son transportados por tubos, los cuales mediante un intercambio de calor por convección y conducción transfieren su energía al agua de alimentación que se encuentra alrededor de estos tubos, originando la presión requerida por el sistema a condiciones de vapor saturado. La *eficiencia energética* de una caldera es de mucha relevancia ya que es la proporción del calor total en combustión utilizado por el proceso de transformación del agua en estado líquido a estado de vapor saturado, traducido calor útil de generación de vapor, donde la *potencia total de combustión* depende del calor aportado por el combustible y el calor del aire para producir los gases calientes para el calentamiento del agua de alimentación al estado de vapor saturado (Donald, 2016).

Asimismo, el *poder calorífico* es la cantidad de energía liberada en una reacción de combustión, es decir es la cantidad de calor que entrega un kilogramo de combustible al oxidarse en su totalidad, se puede dividir en poder calorífico: inferior y superior. El *poder calorífico inferior* es la cantidad de energía desprendida en la combustión completa, pero que no incluye la entalpia de vaporización del agua, asimismo depende de las aportaciones másicas de carbono, hidrógeno, oxígeno y azufre (Beltrán, 2012). Las participaciones o fracciones de masa del combustible, nos permiten *realizar balances de materia en procesos de combustión*, cuyo objetivo es evaluar el exceso de aire para establecer un adecuado "ratio" de combustión (relación aire/combustible), el cual define el consumo de combustible de un caldero y su impacto medioambiental mediante la evacuación de CO₂ y SO₂ (Broatch, 2015).

La experiencia nos ha enseñado que los balances de combustión se dividen en *balances de combustión teórica*, que reflejan la mezcla de los reactantes aire y combustible con la cantidad de flujo másico de aire exacto o suficiente para generar la oxidación química de los átomos del dióxido de carbono, dióxido de azufre, agua y nitrógeno (Charles, 2014) y que, para un correcto balance de combustión es relevante la dosificación, que es la mezcla óptima que permite establecer proporciones adecuadas entre dos a más combustibles, pero en el mismo estado ya sean líquidos, sólidos o gaseosos, con la finalidad de obtener un elevado poder calorífico inferior (Broatch, 2015). De la misma manera los *balances en combustión real*, especifican también la mezcla de los reactivos combustible y aire, pero con una cantidad de flujo másico de aire libre o sobrante en los productos de combustión (Martínez, 2015).

Una vez realizado los balances de combustión, se establece la correcta *relación de aire/combustible* o también llamado ratio de combustión de un caldero, que expresa la masa de aire necesario en el hogar respecto a la oxidación de un kilogramo de combustible (Kenneth, 2014).

Por otro lado, los *balances energéticos* nos permiten cuantificar los flujos másicos y entalpia en un maquina térmica ya sea en sistemas abiertos o cerrados (Bulla, 2015), tenemos los *balances de masa o materia*, que indican que la cantidad

de masa que ingresa a un sistema estable es la misma que la evacuada y puede estar a condiciones diferentes de presión o temperatura (Cengel, 2016). Adicionalmente, la *conservación de la energía*, expresa que la cantidad de energía que ingresa a un determinado sistema, es la misma a la salida, pero con transformaciones termodinámicas, sin variar la cantidad de la energía, ya que solo se transforma (Shapiro, 2015).

Otro tema relevante constituye *los costos del proceso de combustión*, que son costos operativos relacionados a la implementación de un proyecto, con la finalidad de minimizarlos y aumentar la capacidad útil o beneficio económico de una máquina térmica, estos costos están relacionados específicamente con el gasto de combustible (Mankiw, 2017). La evaluación económica de un proyecto de investigación, está definido por el *periodo de retorno de la inversión*, que es el tiempo inicial de recuperación de los activos fijos invertidos para la planificación/ejecución de un proyecto. Asimismo, el *valor actual neto* o también llamado valor presente neto es una herramienta financiera que expresa la tasa de cambios de un proyecto, es decir es la resta económica entre la cantidad monetaria útil inicial y la final o actualizada, para entender cuanto se puede llegar a ganar o perder en una inversión (Mankiw, 2017).

Por otro lado, la herramienta financiera *tasa interna de retorno*, o también llamada tasa de descuento, genera que todos los valores monetarios económicos actuales de una inversión sean iguales a cero, para obtener el porcentaje de viabilidad de un proyecto (Mankiw, 2017).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación ha sido de tipo *aplicada*, según (Hernández, 2014), explica: “Son estudios que se centran en resolver un problema en específico para el conocimiento, contribuyendo a nuevos estudios científicos”, ya que la esta tesis ha pretendido determinar la viabilidad de la mezcla del aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6 como combustible para calderas pirotubulares y su impacto en la reducción de sus costos operativos, para el conocimiento científico o contribución en el sector de plantas pesqueras.

Asimismo, la investigación ha sido enfocada desde el diseño experimental, de tipo *preexperimental* (O1 X O2), según (Legrá, 2018) explica: “Los diseños preexperimentales, son el inicio de la solución del problema de una investigación, donde se analiza el dominio de una variable sobre otras, es decir se analiza la influencia de la variable independiente en la dependiente, para determinar la factibilidad de un estudio”, porque se busca en la variable independiente “mezcla de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6”, un cambio en la variable dependiente “Costos de combustible” para la viabilidad de la investigación.

3.2. Variables, operacionalización

3.2.1. Variables

Variable independiente:

- Mezcla de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6

Variable dependiente:

- Costos del proceso de combustión

2.1.1. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables de la investigación

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Mezcla de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6.	Variable Independiente	Es la mezcla óptima que permite establecer proporciones adecuadas entre dos a más combustibles pero en el mismo estado ya sean líquidos, sólidos o gaseosos, con la finalidad de obtener un elevado poder calorífico inferior (Broatch, 2015).	La mezcla de los combustibles como uso en el caldero pirotubular, depende principalmente de las proporciones de los combustibles y de los poderes caloríficos.	% Petróleo N°6 % Aceite de pescado residual.	Proporciones de los combustibles para la mezcla	De Razón
				Energía calorífica (KJ/Kg)	Poder calorífico de la mezcla de los combustibles	De Razón
Costos del proceso de combustión	Variable Dependiente	Son los costos operativos relacionados a la implementación de un proyecto, con la finalidad de minimizarlos y aumentar la capacidad útil o beneficio económico (Mankiw, 2017).	Es el beneficio útil (correspondiente a la reducción del consumo de petróleo industrial N°6) e inversión (correspondiente a los costos de los activos fijos que involucrará la nueva tecnología para la mezcla del aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6).	Beneficios anuales (S./año)	Beneficio económico	De Razón
				Precios de los activos fijos (S./.)	Inversión	De Razón

Fuente: Elaborada por los autores

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Proceso de combustión en las calderas de las empresas pesqueras de Chimbote.

3.3.2. Muestra

Proceso de combustión en la caldera pirotubular de 1800 BHP – COPEINCA.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de la investigación

Técnica	Instrumento
Análisis documental	Fichas de Registro
Guía documentaria	Fichas bibliográficas
Observación	Ficha de resultados de bomba calorimétrica

Fuente: Elaborado por los autores

3.5. Procedimientos

El análisis documental mediante las fichas de registro, permitió obtener datos para la variable independiente como: flujo másico de vapor, consumo de petróleo, temperatura del aire, capacidad del quemador, temperatura del petróleo, tiempo de operación del caldero pirotubular, costos de petróleo, presión del vapor saturado, consumos de vapor en procesos térmicos, temperatura del agua de alimentación, % de vapor condensado y presión de servicio en equipos.

La guía documentaria mediante las fichas bibliográficas, permitió obtener una base teórica científica de estudios previos realizados en similitud al estudio, como guía y como comparación de los resultados, siendo útil para la elaboración de las teorías relacionadas al tema y trabajos previos.

En la observación del análisis fisicoquímico, mediante una bomba calorimétrica permitió obtener los resultados de cada proporción de la mezcla de petróleo y aceite de pescado hasta obtener la proporción óptima donde se consiguió el mayor PCI, pudiendo evaluar también su concentración de gases.

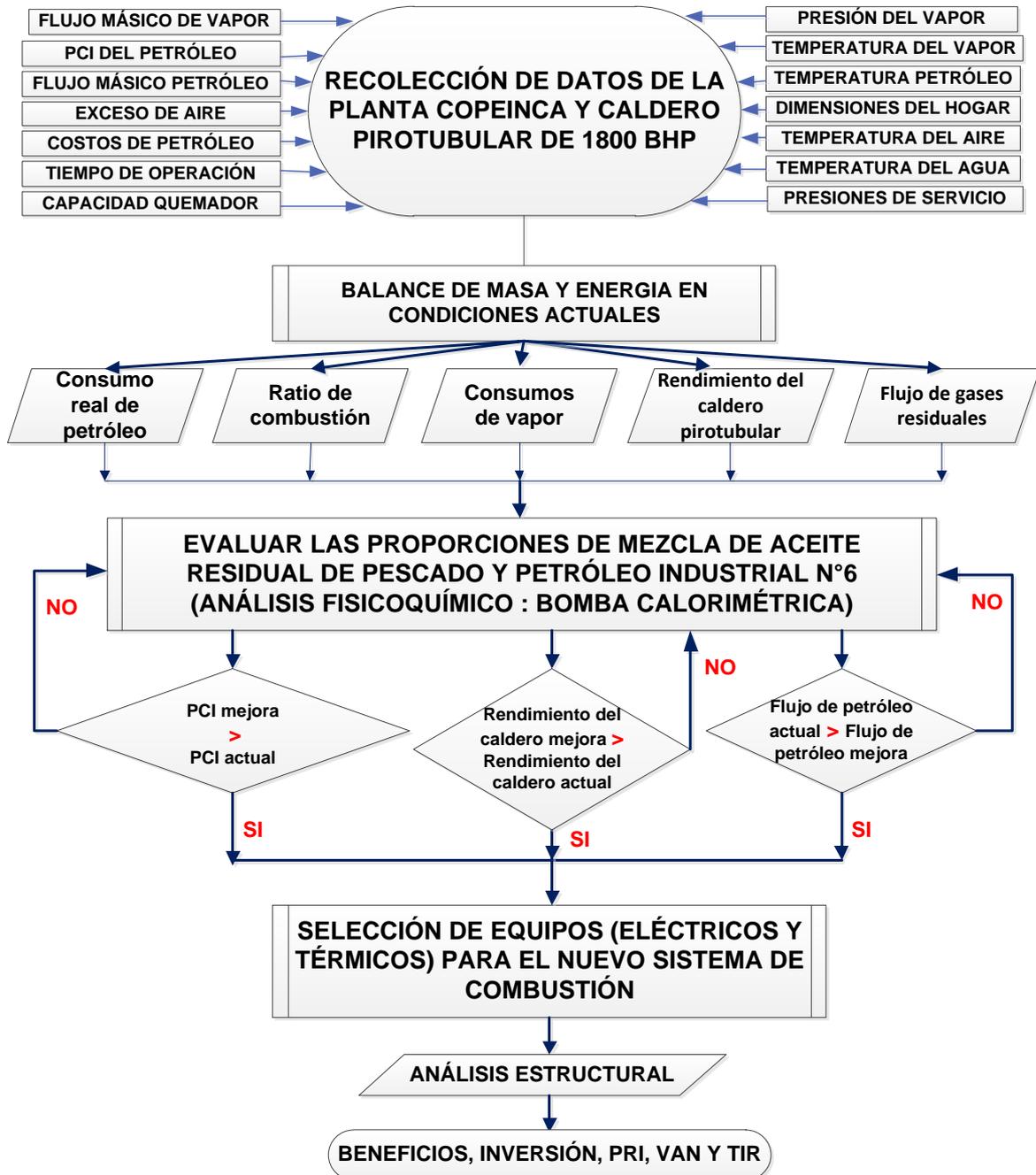


Figura 03: Procedimiento del proyecto de investigación

Fuente: Elaborado por los autores

3.6. Método de análisis de datos

El procesamiento de la información del análisis documental y análisis fisicoquímico, se realizó mediante tablas y gráficos de dispersión de puntos estadísticos, utilizando el software Excel, asimismo para evaluar el análisis financiero mediante las herramientas VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de rentabilidad), consiguiendo determinar los objetivos específicos de la investigación y su comparación con el estado actual de la planta pesquera.

3.7. Aspectos éticos

Los autores de la investigación, especifican que la recolección de datos es original y veraz, sin incurrir en el plagio, asimismo se protege la información otorgada por la empresa con el único fin del estudio y la identidad de las personas involucradas en la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA A LA PLANTA COPEINCA S.A EN CONDICIONES ACTUALES

4.1.1. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA DE LOS PROCESOS

El balance de masa y energía se realizó basándose en los meses desde marzo a octubre, para lo cual se tomaron como referencia datos de operación y mantenimiento independientes para cada mes.

a) Determinación de entalpías de ingreso y salida de los puntos principales de la planta térmica.

Tabla 03.

Entalpías de procesos. (Anexo A1 y A2)

Punto	Temperatura [°C]	Calor específico a presión constante [KJ/Kg°C]	Entalpia $h=C_p*T$ [KJ/Kg]	Simbología
3	20		69.6	h_{p1}
4	80	3.48	278.4	h_{p2}
7	75		293.25	h_{cs1}
8	95	3.91	371.45	h_{cs2}
11	20		83.68	h_{s1}
12	100	4.184	418.4	h_{s2}
15	60		240	h_{ac1}
16	85	4	340	h_{ac2}
17	60	1.92	115.20	h_c
18	20	1.006	20.12	h_a
19	90	4.187	376.83	h_{agua}
21	250	1.1095	277.375	h_{GR}

Tabla 04.

Entalpia de procesos (Anexo A.3)

Punto	Presión [bar abs]	Entalpia [KJ/Kg]	Simbología
1	4.45	2742.4	h_1
2	4.45	621.4	h_2
5	4.45	2742.4	h_5
6	4.45	621.4	h_6
9	2.72	2720.2	h_9

10	2.72	547.3	h_{10}
13	8.6	2770.4	h_{13}
14	8.6	734.2	h_{14}
20	8.6	2770.4	h_v

Tabla 05.

Consumos de productos en los procesos de la planta COPEINCA S.A

Mes	Cocinadores/Prensa /Secadores	Caldo de separadoras	Sanguaza	Evaporador agua de cola
Marzo	144309.12	97027.76	39355.07	18647.90
Abril	140100.10	88294.57	40860.45	18940.06
Mayo	150322.16	90235.11	43011.00	19866.91
Junio	139799.46	87324.30	40989.48	18819.17
Julio	141302.68	89070.79	40688.41	19665.42
Agosto	138296.24	90914.30	39097.00	18222.76
Septiembre	137544.63	94407.27	42494.87	20149.85
Octubre	137405.77	93566.3	40389.6	19770.44

Fuente: Elaboración propia.

b) Determinación del flujo másico de vapor en cada proceso en el mes de MARZO

b.1) Flujo másico de vapor consumido por los secadores (cocción y prensado):

$$\sum \dot{m}_e * h_e = \sum \dot{m}_s * h_s$$

$$\dot{m}_p * h_{p1} + \dot{m}_{v1} * h_1 = \dot{m}_p * h_{p2} + \dot{m}_{v1} * h_2$$

$$\dot{m}_{v1} * (h_1 - h_2) = \dot{m}_p * (h_{p2} - h_{p1})$$

$$\dot{m}_{v1} = \frac{\dot{m}_p * (h_{p2} - h_{p1})}{(h_1 - h_2)}$$

$$\dot{m}_{v1} = \frac{144309.12 * (278.4 - 69.6)}{(2742.4 - 621.4)}$$

$$\dot{m}_{v1} = 14206.386 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

b.2) Flujo másico de vapor consumido por el tanque de caldo de separadoras:

$$\sum \dot{m}_e * h_e = \sum \dot{m}_s * h_s$$

$$\dot{m}_{cs} * h_{cs1} + \dot{m}_{v2} * h_5 = \dot{m}_{cs} * h_{cs2} + \dot{m}_{v2} * h_6$$

$$\dot{m}_{v2} * (h_5 - h_6) = \dot{m}_{cs} * (h_{cs2} - h_{cs1})$$

$$\dot{m}_{v2} = \frac{\dot{m}_{cs} * (h_{cs2} - h_{cs1})}{(h_5 - h_6)}$$

$$\dot{m}_{v2} = \frac{97027.76 * (371.45 - 293.25)}{(2742.4 - 621.4)}$$

$$\dot{m}_{v2} = 3577.355 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

b.3) Flujo másico de vapor consumido por el tanque de sanguaza:

$$\sum \dot{m}_e * h_e = \sum \dot{m}_s * h_s$$

$$\dot{m}_s * h_{s1} + \dot{m}_{v3} * h_9 = \dot{m}_s * h_{s2} + \dot{m}_{v3} * h_{10}$$

$$\dot{m}_{v3} * (h_9 - h_{10}) = \dot{m}_s * (h_{s2} - h_{s1})$$

$$\dot{m}_{v3} = \frac{\dot{m}_s * (h_{s2} - h_{s1})}{(h_9 - h_{10})}$$

$$\dot{m}_{v3} = \frac{39355.07 * (418.4 - 83.68)}{(2720.2 - 547.3)}$$

$$\dot{m}_{v3} = 6062.372 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

b.4) Flujo másico de vapor consumido por el evaporador:

$$\sum \dot{m}_e * h_e = \sum \dot{m}_s * h_s$$

$$\dot{m}_{ac} * h_{ac1} + \dot{m}_{v4} * h_{13} = \dot{m}_{ac} * h_{ac2} + \dot{m}_{v4} * h_{14}$$

$$\dot{m}_{v4} * (h_{13} - h_{14}) = \dot{m}_{ac} * (h_{ac2} - h_{ac1})$$

$$\dot{m}_{v4} = \frac{\dot{m}_{ac} * (h_{ac2} - h_{ac1})}{(h_{13} - h_{14})}$$

$$\dot{m}_{v4} = \frac{18647.90 * (340 - 240)}{(2770.4 - 734.2)}$$

$$\dot{m}_{v4} = 915.819 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

El flujo másico de vapor total producido por el caldero piro-tubular promedio en el mes de marzo, sería:

$$\dot{m}_{vT} = \dot{m}_{v1} + \dot{m}_{v2} + \dot{m}_{v3} + \dot{m}_{v4}$$

$$\dot{m}_{vT} = 14206.386 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} + 3577.355 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} + 6062.372 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} + 915.819 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$\dot{m}_{vT} = 24761.932 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Utilizando la misma metodología del balance masa y energía, se muestra a continuación los resultados del consumo de vapor producido por el caldero desde los meses abril - octubre:

Tabla 06:

Vapor total producido por el caldero meses: Marzo – Octubre

Mes	Cocinadores/ Prensa/Secadores (Kg/h)	Caldo de separadoras	Sanguaza	Evaporador agua de cola	Total (Kg/h)
Marzo	14206.386	3577.355	6062.372	915.819	24761.932
Abril	13792.033	3255.368	6294.266	930.167	24271.833
Mayo	14798.334	3326.914	6625.543	975.686	25726.477
Junio	13762.436	3219.595	6314.142	924.230	24220.403
Julio	13910.419	3283.987	6267.763	965.790	24427.960
Agosto	13614.453	3351.956	6022.618	894.939	23883.967
Septiembre	13540.461	3480.740	6546.036	989.581	24556.818
Octubre	13526.792	3449.733	6221.735	970.948	24169.207
PROMEDIO	13893.914	3368.206	6294.309	945.895	24502.325

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA DEL CALDERO PIROTUBULAR

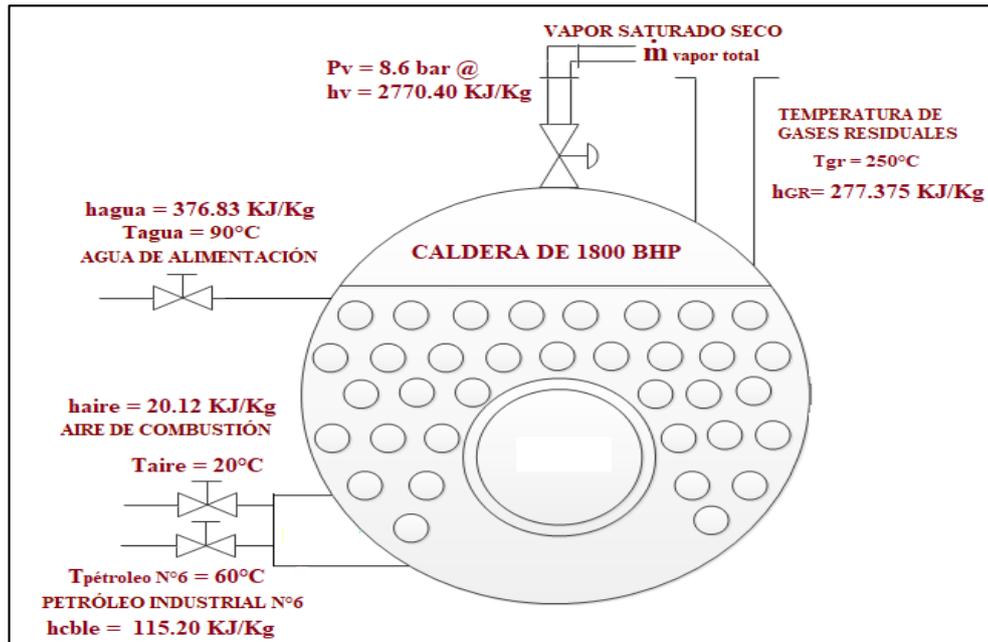


Figura 04: Parámetros de funcionamiento del caldero utilizando petróleo N°6

Se evaluó el rendimiento del caldero pirotubular de 1800 BHP, basándose en los meses desde marzo hasta octubre. Por lo consiguiente, primero se tuvo que determinar la relación aire/combustible a la cual operaba el caldero.

En el hogar de la caldera, se verificó que el calor total (Balance en el quemador), obedece a la siguiente formulación:

$$\dot{Q}_{\text{total}} = \dot{Q}_{\text{aire}} + \dot{Q}_{\text{cble}}$$

Y la siguiente expresión, también cumple con el calor total (Balance general):

$$\dot{Q}_{\text{total}} = \dot{Q}_{\text{util}} + \dot{Q}_{\text{GR}}$$

Por lo tanto, Igualando ambas expresiones:

$$\dot{Q}_{\text{util}} + \dot{Q}_{\text{GR}} = \dot{Q}_{\text{aire}} + \dot{Q}_{\text{cble}}$$

Dónde:

- $\dot{Q}_{\text{aire}} = \dot{m}_{\text{aire}} * h_a$
- $\dot{Q}_{\text{cble}} = \dot{m}_{\text{cble}} * (\text{PCI} + h_c)$
- $\dot{Q}_{\text{GR}} = \dot{m}_{\text{GR}} * h_{\text{GR}}$
- $\dot{Q}_{\text{util}} = \dot{m}_v * (h_v - h_{\text{agua}})$

- $\dot{m}_{\text{aire}} = R_{\text{aire}} * \dot{m}_{\text{cble}}$
- $\dot{m}_{\text{GR}} = \left(1 + R_{\text{aire}}\right) * \dot{m}_{\text{cble}}$

Reemplazando:

$$\dot{m}_v * (h_v - h_{\text{agua}}) + \dot{m}_{\text{GR}} * h_{\text{GR}} = (\dot{m}_{\text{aire}} * h_a) + (\dot{m}_{\text{cble}} * (\text{PCI} + h_c))$$

$$\dot{m}_v * (h_v - h_{\text{agua}}) + \left(1 + R_{\text{aire}}\right) * \dot{m}_{\text{cble}} * h_{\text{GR}} = R_{\text{aire}} * \dot{m}_{\text{cble}} * h_a + \dot{m}_{\text{cble}} * (\text{PCI} + h_c)$$

Despejando la relación aire/combustible, tenemos:

$$R_{\text{aire}} = \frac{\dot{m}_{\text{cble}} * (\text{PCI} + h_c - h_{\text{GR}}) - \dot{m}_v * (h_v - h_{\text{agua}})}{\dot{m}_{\text{cble}} * (h_{\text{GR}} - h_a)}$$

Dónde:

- h_c : Es la entalpia del combustible (petróleo industrial N°6),
 $h_c = 115.20 \text{ KJ/kg}$
- h_{GR} : Entalpia de gases residuales, $h_{\text{GR}} = 277.375 \text{ KJ/Kg}$
- h_v : Entalpia del vapor saturado producido por el caldero,
 $h_v = 2770.40 \text{ KJ/Kg}$
- h_a : Entalpia del aire de combustión, $h_a = 20.12 \text{ KJ/Kg}$
- h_{agua} : Entalpia del agua de alimentación a la caldera,
 $h_{\text{agua}} = 376.83 \text{ KJ/Kg}$
- \dot{m}_{cble} : Flujo másico de combustible,
 \dot{m}_{cble} , es un valor variable por cada mes (Tabla 07)
- \dot{m}_v : Flujo másico de vapor saturado, $\dot{m}_v =$
Es un valor variable por cada mes (Tabla 06)
- PCI: Poder calorífico inferior del combustible, el análisis fisicoquímico mediante una bomba calorimétrica determinó que el poder calorífico inferior del petróleo N°6, tiene el valor (Anexo A.4):

$$\text{PCI (petróleo N°6)} = 9.321 \text{ Kcal/g}$$

Convirtiendo a KJ/Kg

$$\text{PCI}_{\text{petróleo N°6}} = 9.321 \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} * \frac{4.184 \text{ KJ}}{1 \text{ Kcal}} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 38999.064 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

En la tabla 07, se detallan los consumos de petróleo industrial N°6 del caldero de 1800 BHP registrados desde los meses de marzo hasta octubre del año 2019.

Tabla 07:

Consumos de combustible (petróleo N°6) del caldero de 1800 BHP

MES	CONSUMO: Gal/Mes	Horas de operación del caldero/Me s	CONSUMO: O: Gal/h	CONSUMO: Kg/h (1 gal= 3.62 Kg)
MARZO	382688.64	711	538.24	1948.43
ABRIL	347737.69	680	511.38	1851.19
MAYO	383459.76	709	540.85	1957.86
JUNIO	338817.21	670	505.70	1830.62
JULIO	354006.13	690	513.05	1857.25
AGOSTO	326280.33	665	490.65	1776.14
SEPTIEMBRE	366060.82	705	519.24	1879.63
OCTUBRE	330298.57	667	495.20	1792.62
PROMEDIO	353668.64	687.125	514.29	1861.72

Fuente: Elaboración propia

a) Determinación de la relación aire/combustible del caldero de 1800 BHP en funcionamiento en el mes de MARZO.

Reemplazando los valores encontrados en la ecuación aire/combustible, tenemos:

$$R_{\text{aire}} = \frac{\frac{1948.43}{3600} * (38999.064 + 115.20 - 277.375) - \frac{24761.932}{3600} * (2770.40 - 376.83)}{\frac{1948.43}{3600} * (277.375 - 20.12)}$$

$$R_{\text{aire}} = 32.72 \frac{\text{Kg(aire)}}{\text{Kg(combustible)}}$$

En la tabla 08, se muestran los resultados de la relación aire/combustible del caldero desde los meses: marzo – octubre 2019.

Tabla 08:

Relación aire/combustible del caldero de 1800 BHP. Meses: Marzo a octubre 2019

MES	RELACIÓN AIRE/COMBUSTIBLE
MARZO	32.72

ABRIL	28.97
MAYO	28.71
JUNIO	27.86
JULIO	28.59
AGOSTO	25.85
SEPTIEMBRE	29.41
OCTUBRE	25.52
PROMEDIO	28.45

Fuente: Elaboración propia.

b) Evaluación del rendimiento energético actual del caldero pirotubular de 1800 BHP – mes de MARZO

El rendimiento energético de una caldera se determina, según la siguiente expresión:

$$\eta_{\text{cald}} = \frac{\dot{m}_v * (h_v - h_{\text{agua}})}{\dot{m}_{\text{cble}} * \left(R_{\text{aire}} * h_a + \text{PCI} + h_c \right)} * 100\%$$

Dónde:

\dot{m}_v : Flujo másico de vapor (Tabla 06), para el mes de MARZO → $\dot{m}_v = 24761.932 \text{ Kg/h}$

- \dot{m}_{cble} : Consumo de combustible (Tabla 07), mes de MARZO
→ $\dot{m}_{\text{cble}} = 1948.43 \text{ Kg/h}$
- h_c : Es la entalpia del combustible (petróleo industrial N°6),
 $h_c = 115.20 \text{ KJ/kg}$
- h_{GR} : Entalpia de gases residuales,
 $h_{\text{GR}} = 277.375 \text{ KJ/Kg}$
- h_v : Entalpia del vapor saturado producido por el caldero,
 $h_v = 2770.40 \text{ KJ/Kg}$
- h_a : Entalpia del aire de combustión,
 $h_a = 20.12 \text{ KJ/Kg}$
- h_{agua} : Entalpia del agua de alimentación a la caldera,
 $h_{\text{agua}} = 376.83 \text{ KJ/Kg}$
- PCI: Poder calorífico inferior del combustible,
PCI (petróleo N°6) = 38999.064 KJ/Kg

$$R_{\text{aire}}: \text{Relación aire/combustible, } R_{\text{aire}} = 32.72 \frac{\text{Kg(aire)}}{\text{Kg(combustible)}}$$

Reemplazando:

$$\eta_{\text{cald}} = \frac{\frac{24761.932}{3600} * (2770.40 - 376.83)}{\frac{1948.43}{3600} * (32.72 * 20.12 + 38999.064 + 115.20)} * 100\%$$

$$\eta_{\text{cald}} = 76.48\%$$

En la tabla 09, se muestran los resultados del rendimiento energético en condiciones actuales del caldero de 1800 BHP desde los meses: marzo – octubre 2019.

Tabla 09:

Rendimiento del caldero de 1800 BHP. Meses: Marzo a octubre 2019

MES	RENDIMIENTO ENERGÉTICO
MARZO	76.48%
ABRIL	79.06%
MAYO	79.24%
JUNIO	79.82%
JULIO	79.32%
AGOSTO	81.21%
SEPTIEMBRE	78.76%
OCTUBRE	81.44%
PROMEDIO	79.42%

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. COSTO DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN ACTUAL

La caldera pirotubular de 1800 BHP de la empresa COPEINCA, materia de la investigación, se ha caracterizado por un consumo de petróleo industrial N°6, cuyo gasto másico promedio de 1861.72 Kg/h, a un precio unitario de 6.10 Soles/galón, ha representado un costo de 1.685 S//Kg. Asimismo la empresa en sus labores operativas ha desempeñado un promedio 5497 horas/año; por lo tanto el costo del proceso de combustión ha sido:

$$C_{\text{petróleo N}^\circ 6} = \dot{m}_{\text{cble}_{\text{actual}}} * C_{\text{petróleo}} * T_{\text{Operación}}$$

$$\rightarrow C_{\text{petróleo N}^\circ 6} = 1861.72 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 1.685 \frac{\text{S/}}{\text{Kg}} * 5497 \frac{\text{h}}{\text{año}} = 17244079.11 \frac{\text{S/}}{\text{año}}$$

4.2. EVALUACIÓN DE LAS PROPORCIONES DE LA MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DE PESCADO Y PETRÓLEO INDUSTRIAL N°6, Y SU PODER CALORÍFICO INFERIOR.

Para evaluar las proporciones de la mezcla de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6, se realizó un análisis fisicoquímico con una bomba calorimétrica (Anexo A.4), obteniendo los siguientes resultados:

4.2.1. PODER CALORÍFICO INFERIOR DE LOS COMBUSTIBLES

Para determinar el poder calorífico inferior del petróleo industrial N°6 y del aceite residual de pescado, se realizaron 5 ensayos en un laboratorio de fisicoquímica mediante el uso de una bomba calorimétrica, donde el PCI del petróleo industrial resultó 9.321 Kcal/g y el PCI del aceite residual de pescado 7.983 Kcal/g.

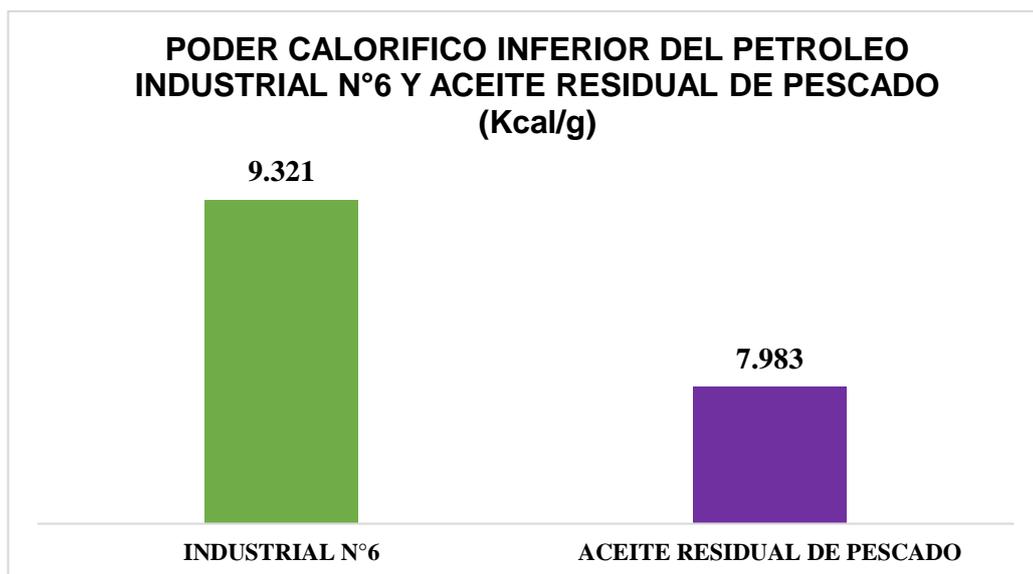


Figura 05: PCI de los combustibles petróleo industrial N°6 y aceite residual de pescado

4.2.2. PROPORCIÓN ÓPTIMA DE LA MEZCLA: TEMPERATURA DE INFLAMABILIDAD Y TIEMPO DE PRECALENTAMIENTO.

Para determinar la proporción o fracción óptima de la mezcla (petróleo industrial N°6 y aceite residual de pescado) se analizó mediante una bomba calorimétrica PARR 6200, las condiciones de estos combustibles mediante 3 puntos de inflamabilidad (60°C, 70°C y 75°C), obteniendo los siguientes resultados:

- A la temperatura de 60°C (Temperatura de mezclado de ambos combustibles) se evaluaron las proporciones 10/90%, 20/80%, 30/70%, 40/60% y 50/50% respecto al aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6 y, dónde:
 - ⇒ La proporción 10% aceite y 90% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 5.12 minutos y 4.10 minutos respectivamente con una diferencia de 1.02 minutos, no siendo viable para la combustión.
 - ⇒ La proporción 20% aceite y 80% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 5.22 minutos y 4.14 minutos respectivamente con una diferencia de 1.08 minutos, no siendo viable para la combustión.
 - ⇒ La proporción 30% aceite y 70% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 5.42 minutos y 4.33 minutos respectivamente con una diferencia de 1.09 minutos, no siendo viable para la combustión.
 - ⇒ La proporción 40% aceite y 60% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 5.33 minutos y 4.42 minutos respectivamente con una diferencia de 0.91 minutos, siendo de condición moderada para la combustión.
 - ⇒ La proporción 50% aceite y 50% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 5.45 minutos y 4.26 minutos respectivamente con una diferencia de 1.19 minutos, no siendo viable para la combustión.

- A la temperatura de 70°C (Temperatura de mezclado de ambos combustibles) se evaluaron las proporciones 10/90%, 20/80%, 30/70%, 40/60% y 50/50% respecto al aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6, dónde:
 - ⇒ La proporción 10% aceite y 90% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 4.88 minutos y 3.78 minutos respectivamente con una diferencia de 1.10 minutos, no siendo viable para la combustión.

- ⇒ La proporción 20% aceite y 80% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 4.92 minutos y 3.81 minutos respectivamente con una diferencia de 1.11 minutos, no siendo viable para la combustión.
 - ⇒ La proporción 30% aceite y 70% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 5.01 minutos y 4.00 minutos respectivamente con una diferencia de 1.01 minutos, no siendo viable para la combustión.
 - ⇒ La proporción 40% aceite y 60% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 5.21 minutos y 4.79 minutos respectivamente con una diferencia de 0.42 minutos, siendo de condición moderada para la combustión.
 - ⇒ La proporción 50% aceite y 50% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 5.28 minutos y 4.27 minutos respectivamente con una diferencia de 1.01 minutos, no siendo viable para la combustión.
- A la temperatura de 75°C (Temperatura de mezclado de ambos combustibles) se evaluaron las proporciones 10/90%, 20/80%, 30/70%, 40/60% y 50/50% respecto al aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6, dónde:
- ⇒ La proporción 10% aceite y 90% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 4.76 minutos y 3.69 minutos respectivamente con una diferencia de 1.07 minutos, no siendo viable para la combustión.
 - ⇒ La proporción 20% aceite y 80% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 4.77 minutos y 3.72 minutos respectivamente con una diferencia de 1.05 minutos, no siendo viable para la combustión.
 - ⇒ La proporción 30% aceite y 70% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 4.85 minutos y 3.81 minutos respectivamente con una diferencia de 1.04 minutos, no siendo viable para la combustión.
 - ⇒ La proporción 40% aceite y 60% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 5.01 minutos y 4.98 minutos respectivamente con una diferencia nula de 0.03 minutos, siendo de condición **ACEPTABLE** para la combustión.

- ⇒ La proporción 50% aceite y 50% petróleo tuvieron un tiempo de ignición de 5.11 minutos y 4.16 minutos respectivamente con una diferencia de 0.95 minutos, no siendo viable para la combustión.

Por consiguiente, el análisis fisicoquímico determinó que la mezcla óptima debe ser 40/60% (aceite/ petróleo) donde los combustibles deben mezclarse a una temperatura de 75°C la cual ingresará al quemador del caldero. Asimismo, el tiempo de precalentamiento es de 5 minutos

*Tabla 10:
Parámetros de proporción de la mezcla óptima de los combustibles*

COMBUSTIBLES LÍQUIDOS	ÓPTIMO	
	T (°C)	t (min.)
INFLAMABILIDAD INDUSTRIAL N°6	75	5.01
ACEITE R. PESCADO	75	4.98
DIFERENCIADO	-	0.03
PROPORCIONALIDAD (RESIDUAL PESCADO/INDUSTRIAL N°6)	40/60	
CONDICIÓN	ACEPTABLE	

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. PODER CALORIFICO INFERIOR DE LA MEZCLA, EXCESO DE AIRE Y RATIO DE COMBUSTIBLE

Como mezcla óptima de los combustibles se ha considerado en la proporción: 40% de aceite de pescado y 60% de petróleo industrial N°6, ello permitió obtener un PCI de 11.344 Kcal/g, dónde se debe regular el exceso de aire a 1.414 y la relación de aire a 21.20

*Tabla 11:
Condiciones óptimas de funcionamiento de la mezcla*

MEZCLA DE COMBUSTIBLES	MEDIO Kcal/g
INDUSTRIAL N°6 + ACEITE RESIDUAL DE PESCADO	11.344
EXCESO DE AIRE	1.414
RATIO (AIRE/COMBUSTIBLE)	21.20

Fuente: Elaboración propia

En la figura 06, se muestran las diferencias de los poderes caloríficos inferiores de los combustibles individualmente y en mezcla.

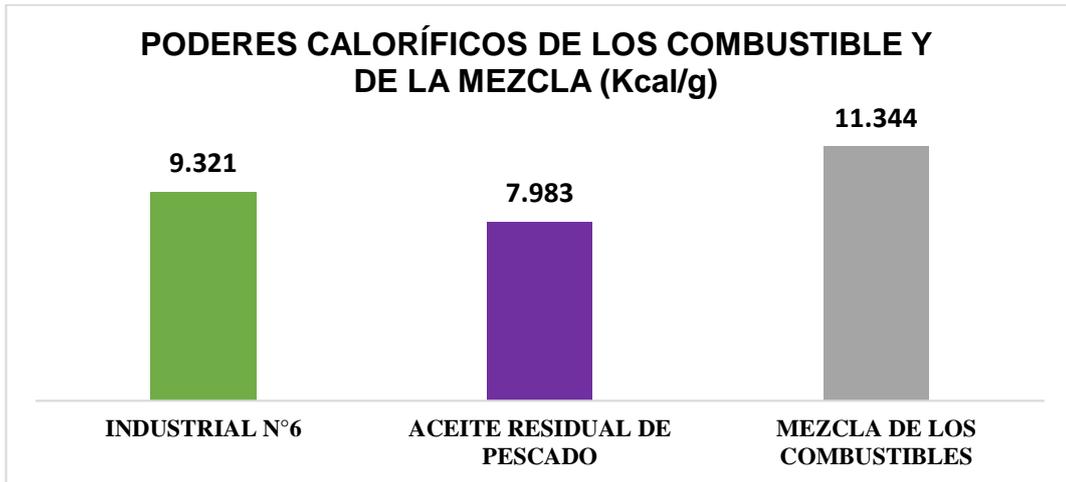


Figura 06: Poderes caloríficos de los combustibles y de la mezcla óptima

4.3. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA A LA PLANTA COPEINCA S.A EN CONDICIONES DE MEJORA

4.3.1. FLUJO MÁSICO DE COMBUSTIBLE EN CONDICIONES DE MEJORA

De la ecuación de la relación aire/combustible, se ha despejado el flujo másico de combustible:

$$R_{\text{aire}} = \frac{\dot{m}_{\text{cble}} * (\text{PCI} + h_c - h_{\text{GR}}) - \dot{m}_v * (h_v - h_{\text{agua}})}{\dot{m}_{\text{cble}} * (h_{\text{GR}} - h_a)}$$

$$\rightarrow \dot{m}_{\text{cble}_2} = \frac{\dot{m}_v * (h_v - h_{\text{agua}})}{\text{PCI}_{\text{mezcla}} + h_c - h_{\text{GR}} + R_{\text{aire}} * (h_{\text{GR}} - h_a)}$$

\dot{m}_v : Flujo másico de vapor promedio producido por el caldero

$$\rightarrow \dot{m}_v = 24502.325 \text{ Kg/h}$$

$\text{PCI}_{\text{mezcla}}$: Poder calorífico inferior de la mezcla

$$\rightarrow \text{PCI}_{\text{mezcla}} = 11.344 \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} = 47463.3 \text{ KJ/Kg}$$

R_{aire} : Relación aire/combustible de la mezcla, $R_{\text{aire}} = 21.20 \frac{\text{Kg(aire)}}{\text{Kg(combustible)}}$

h_c : Es la entalpia del combustible, $h_c = 1.92 * 75 = 144 \text{ KJ/kg}$

h_{GR} : Entalpia de gases residuales, $h_{GR} = 277.375 \text{ KJ/Kg}$

h_v : Entalpia del vapor saturado producido por el caldero,
 $\rightarrow h_v = 2770.40 \text{ KJ/Kg}$

h_a : Entalpia del aire de combustión, $h_a = 20.12 \text{ KJ/Kg}$

h_{agua} : Entalpia del agua de alimentación a la caldera, $h_{agua} = 376.83 \text{ KJ/Kg}$

Reemplazando:

$$\dot{m}_{cble_2} = \frac{24502.325 * (2770.40 - 376.83)}{47463.3 + 144 - 277.375 + 21.20 * (277.375 - 20.12)}$$

$$\dot{m}_{cble_2} = 1111.10 \text{ Kg/h}$$

Cabe indicar que se ha determinado el flujo másico de 1111. 10 kg/h, el mismo que se ha dividido en 40% de aceite residual de pescado (444.44 Kg/h) y 60% de petróleo industrial N°6 (666.66 Kg/h), tal como se indica en la siguiente figura 07.

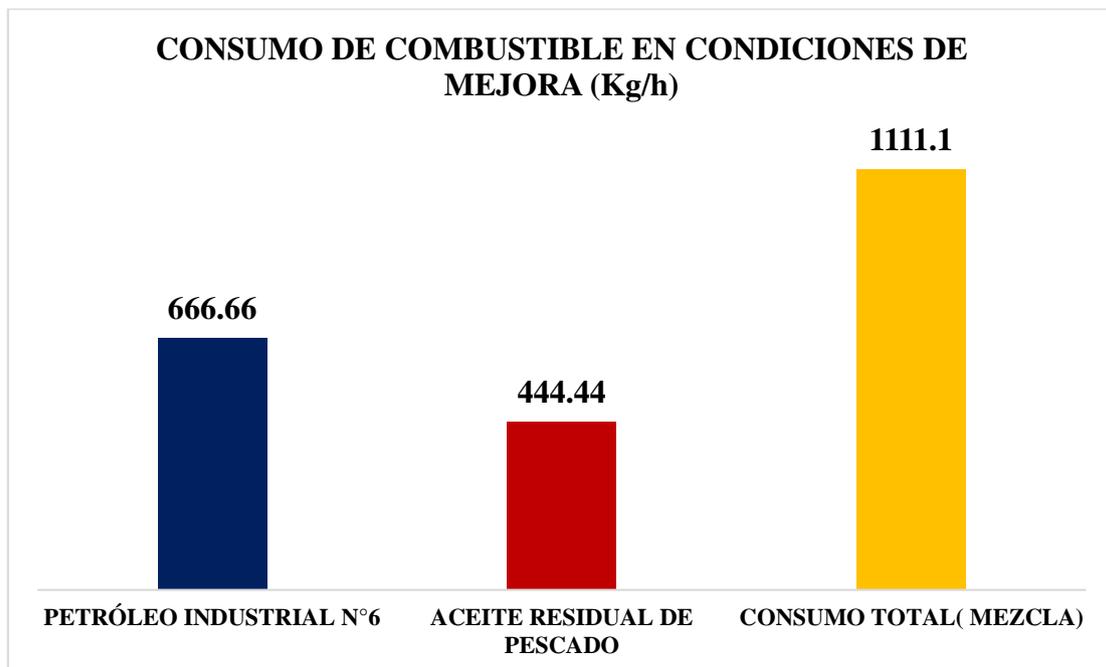


Figura 07: Consumos de combustible en condiciones de mejora

En la figura 08, se muestra el comparativo de consumo de combustible en condiciones actuales y en mejora.

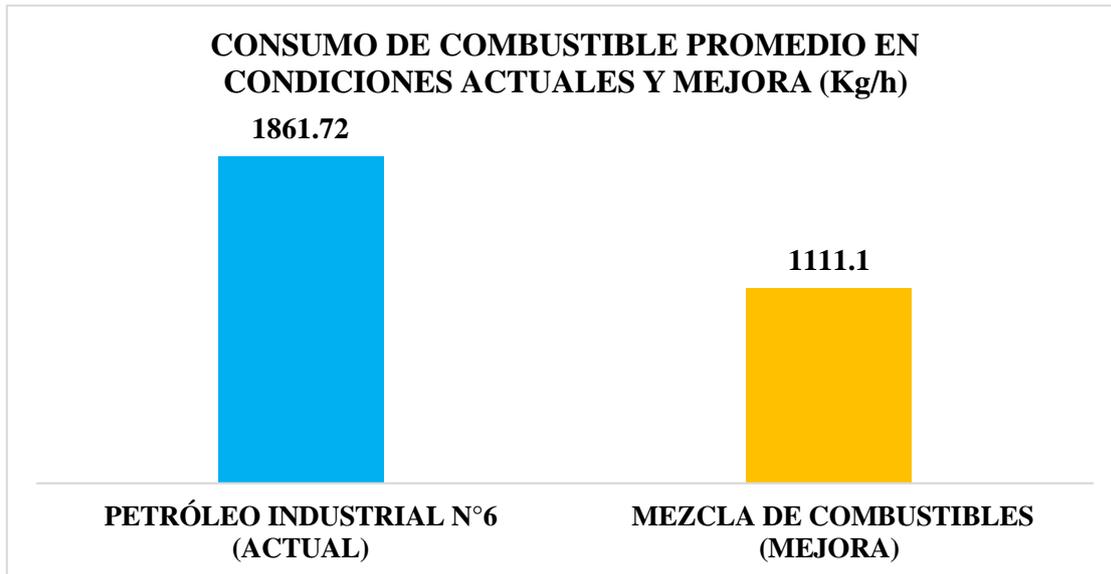


Figura 08: Comparativo de consumos de combustible

4.3.2. RENDIMIENTO ENERGETICO EN CONDICIONES DE MEJORA

$$\eta_{\text{cald}_{\text{mejora}}} = \frac{\dot{m}_v * (h_v - h_{\text{agua}}) * \eta_{\text{cald}_{\text{inicial}}}}{\dot{m}_{\text{cble}_2} * \left(R_{\text{aire}_{\text{cble}}} * h_a + \text{PCI}_{\text{mezcla}} + h_c \right)} * 100\%$$

Dónde:

\dot{m}_{cble_2} : Consumo de combustible (Mezcla) $\rightarrow \dot{m}_{\text{cble}_2} = 1111.10 \text{ Kg/h}$

$\eta_{\text{cald}_{\text{inicial}}}$: Rendimiento del caldero inicial promedio del caldero,
 $\rightarrow \eta_{\text{cald}_{\text{inicial}}} = 79.42\%$

\dot{m}_v : Flujo másico de vapor promedio producido por el caldero
 $\rightarrow \dot{m}_v = 24502.325 \text{ Kg/h}$

$\text{PCI}_{\text{mezcla}}$: Poder calorífico inferior de la mezcla
 $\rightarrow \text{PCI}_{\text{mezcla}} = 11.344 \frac{\text{Kcal}}{\text{g}} = 47463.3 \text{ KJ/Kg}$

$R_{\text{aire}_{\text{cble}}}$: Relación aire/combustible de la mezcla, $R_{\text{aire}_{\text{cble}}} = 21.20 \frac{\text{Kg(aire)}}{\text{Kg(combustible)}}$

h_c : Es la entalpia del combustible, $h_c = 1.92 * 75 = 144 \text{ KJ/kg}$

h_{GR} : Entalpia de gases residuales, $h_{GR} = 277.375 \text{ KJ/Kg}$

h_v : Entalpia del vapor saturado producido por el caldero,
 $\rightarrow h_v = 2770.40 \text{ KJ/Kg}$

h_a : Entalpia del aire de combustión, $h_a = 20.12 \text{ KJ/Kg}$

h_{agua} : Entalpia del agua de alimentación a la caldera, $h_{agua} = 376.83 \text{ KJ/Kg}$

Reemplazando:

$$\eta_{caldmejora} = \frac{\frac{24502.325}{3600} * (2770.40 - 376.83) * 0.7942}{\frac{1111.10}{3600} * (21.20 * 20.12 + 47463.3 + 144)} * 100\%$$

$$\eta_{caldmejora} = 87.27\%$$

En la figura 9, se muestra el comparativo entre el rendimiento energético promedio actual y el de mejora.

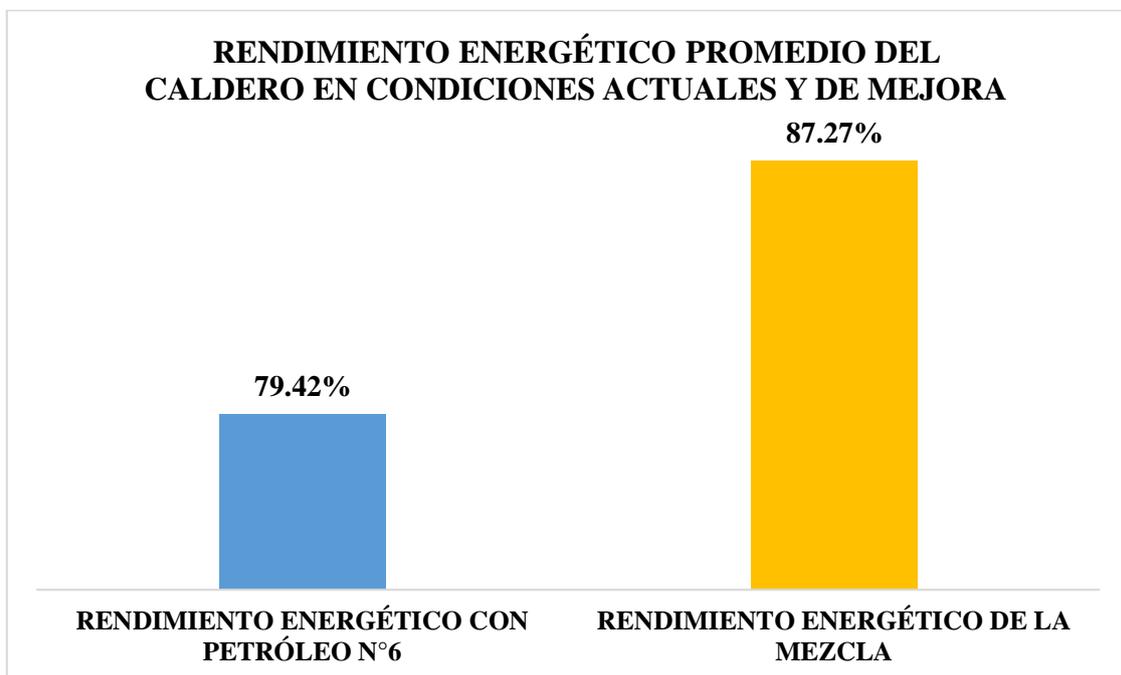


Figura 9: Rendimiento energético del caldero actual y mejora

El flujo másico de aire y gases residuales, en condiciones de mejora serian:

$$\dot{m}_{aire} = R_{aire} * \dot{m}_{cble} = 21.20 * 1111.10 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 23555.32 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 6.543 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_{GR} = \left(1 + R_{\text{aire}}\right) * \dot{m}_{\text{cble}} = (1 + 21.20) * 1111.10 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 24666.42 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 6.852 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

4.3.3. COSTO DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN POST MEJORA

Habida cuenta que se determinó que la caldera de 1800 BHP, en mezcla ha consumido 1111.10 Kg/h, con un tiempo de operación de 5497 horas/año y con un costo de combustible unitario de 6.10 S/ /galón (1.685 S/ /Kg) para el petróleo industrial N°6 y 1.411 S/ /lt (1.475 S/ /Kg) para el aceite residual de pescado.

$$C_{\text{mezcla}} = (\dot{m}_{\text{mezcla}} * \% \text{Aceite} * C_{\text{aceite}} * T_{\text{Op.}}) + (\dot{m}_{\text{mezcla}} * \% \text{cble} * C_{\text{petróleo}} * T_{\text{Op.}})$$

$$C_{\text{mezcla}} = \left(1111.10 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.40 * 1.475 \frac{\text{S/}}{\text{Kg}} * 5497 \frac{\text{h}}{\text{año}}\right) + \left(1111.10 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.60 * 1.685 \frac{\text{S/}}{\text{Kg}} * 5497 \frac{\text{h}}{\text{año}}\right)$$

$$C_{\text{mezcla}} = 9778454.437 \frac{\text{S/}}{\text{año}}$$

En la figura 10, se muestran los costos del proceso de combustión con petróleo industrial N°6 (sistema actual) y mezcla (post mejora), indicando que existe un ahorro significativo de 7465624.673 S/./año.

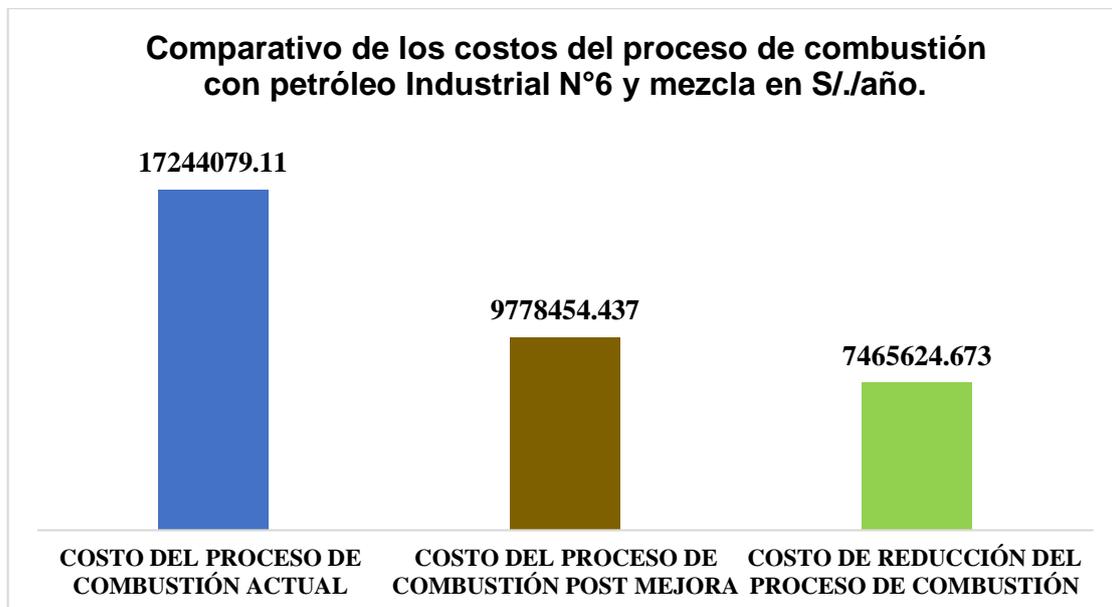


Figura 10: Costos del proceso de combustión.

Por lo tanto: La reducción porcentual del costo del proceso de combustión, sería:

$$\% \text{ reducción del costo del proceso de combustión} = 1 - \frac{\text{Costo en post mejora}}{\text{Costo actual}}$$

$$\% \text{ reducción del costo del proceso de combustión} = 1 - \frac{9778454.437 \text{ S./año}}{17244079.11 \text{ S./año}}$$

$$\% \text{ reducción del costo del proceso de combustión} = 0.433 = 43.30\%$$

4.4. ANÁLISIS AMBIENTAL

4.4.1. ANÁLISIS AMBIENTAL IMPACTO CON PETRÓLEO INDUSTRIAL N°6.

Tabla 12: Composición másicas del petróleo industrial N°6

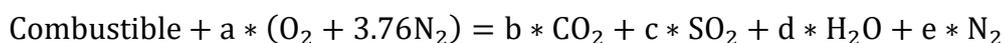
Componente	Nomenclatura	Participación másica (%)
Carbono	C	83.74
Azufre	S	3.62
Hidrogeno	H2	9.50
Oxigeno	O2	2.10

Tabla 13. Número de moles de los compuestos

Nomenclatura	Masa (Kg)	Peso Molar $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}}\right)$	Numero de Kmol $n = \frac{m}{M}$
C	83.74	12	7
S	3.62	32	0.113
H₂	9.50	2	4.75
O₂	2.10	32	0.066

Fuente: Elaboración propia

Análisis de combustión con petróleo industrial N°6:



$$7\text{C} + 0.113\text{S} + 4.75\text{H}_2 + 0.066\text{O}_2 + a * (\text{O}_2 + 3.76\text{N}_2) = b * \text{CO}_2 + c * \text{SO}_2 + d * \text{H}_2\text{O} + e * \text{N}_2$$

- Análisis de carbonos: $b = 7 \text{ Kmol}$
- Análisis de hidrógenos: $d = 4.75 \text{ Kmol}$
- Análisis de azufres: $c = 0.113 \text{ Kmol}$
- Análisis de oxígenos $a = 9.422 \text{ Kmol}$
- Análisis de nitrógenos: $e = 35.43 \text{ Kmol}$

Relación CO₂/combustible.

$$R_{\text{CO}_2, \text{comb.}} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{m_c} = \frac{b\text{CO}_2}{m_c} = \frac{7 * 44}{100} = 3.08 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Kgcombustible}}$$

Relación SO₂/combustible.

$$R_{\text{SO}_2, \text{comb.}} = \frac{m_{\text{SO}_2}}{m_c} = \frac{c\text{SO}_2}{m_c} = \frac{0.113 * 64}{100} = 0.072 \frac{\text{KgSO}_2}{\text{Kgcombustible}}$$

Flujo másico CO₂.

$$\dot{m}_{\text{CO}_2} = R_{\text{CO}_2, \text{comb.}} * \dot{m}_c$$

$$\dot{m}_{\text{CO}_2} = 3.08 \frac{\text{KgSO}_2}{\text{Kgcomb}} * 1861.72 \frac{\text{Kgcomb}}{\text{h}} * 5940 \frac{\text{h}}{\text{año}} * \frac{1\text{TM}}{1000} = 34060.54 \frac{\text{TM}}{\text{año}}$$

Flujo másico SO₂.

$$\dot{m}_{\text{SO}_2} = R_{\text{SO}_2, \text{comb.}} * \dot{m}_c$$

$$\dot{m}_{\text{SO}_2} = 0.072 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Kgcomb}} * 1861.72 \frac{\text{Kgcomb}}{\text{h}} * 5940 \frac{\text{h}}{\text{año}} * \frac{1\text{TM}}{1000} = 796.22 \frac{\text{TM}}{\text{año}}$$

4.4.2. ANÁLISIS AMBIENTAL IMPACTO CON LA MEZCLA (PETRÓLEO INDUSTRIAL N°6 + ACEITE RESIDUAL DE PESCADO)

Tabla 14:

Composición másica de la mezcla de los combustibles

Componente	Nomenclatura	Participación másica (%)
Carbono	C	78.81
Azufre	S	3.30
Hidrogeno	H ₂	12.45
Oxigeno	O ₂	6.04

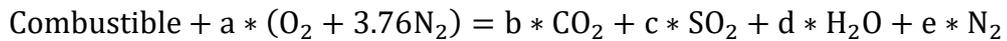
Tabla 15.

Número de moles de la mezcla de los combustibles

Nomenclatura	Masa (Kg)	Peso Molar $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}}\right)$	Numero de Kmol $n = \frac{m}{M}$
C	78.81	12	6.568
S	3.30	32	0.103
H ₂	12.45	2	6.225
O ₂	6.04	32	0.189

Fuente: Elaboración propia

Análisis de combustión con la mezcla de los combustibles:



$$6.568\text{C} + 0.103\text{S} + 6.225\text{H}_2 + 0.189\text{O}_2 + a * (\text{O}_2 + 3.76\text{N}_2) = b * \text{CO}_2 + c * \text{SO}_2 + d * \text{H}_2\text{O} + e * \text{N}_2$$

- Análisis de carbonos: $b = 6.568 \text{ Kmol}$
- Análisis de hidrógenos: $d = 6.225 \text{ Kmol}$
- Análisis de azufres: $c = 0.103 \text{ Kmol}$
- Análisis de oxígenos $a = 9.595 \text{ Kmol}$
- Análisis de nitrógenos: $e = 36.077 \text{ Kmol}$

Relación CO₂/combustible.

$$R_{\text{CO}_2, \text{comb.}} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{m_c} = \frac{b\text{CO}_2}{m_c} = \frac{6.568 * 44}{100} = 2.89 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Kgcombustible}}$$

Relación SO₂/combustible.

$$R_{\text{SO}_2, \text{comb.}} = \frac{m_{\text{SO}_2}}{m_c} = \frac{c\text{SO}_2}{m_c} = \frac{0.103 * 64}{100} = 0.066 \frac{\text{KgSO}_2}{\text{Kgcombustible}}$$

Flujo másico CO₂.

$$\dot{m}_{\text{CO}_2} = R_{\text{CO}_2, \text{comb.}} * \dot{m}_c$$

$$\dot{m}_{CO_2} = 2.89 \frac{KgSO_2}{Kgcomb} * 1111.10 \frac{Kgcomb}{h} * 5940 \frac{h}{año} * \frac{1TM}{1000} = 19073.81 \frac{TM}{año}$$

Flujo másico SO2.

$$\dot{m}_{SO_2} = R_{SO_2} * \dot{m}_c$$

$$\dot{m}_{SO_2} = 0.066 \frac{KgCO_2}{Kgcomb} * 1111.10 \frac{Kgcomb}{h} * 5940 \frac{h}{año} * \frac{1TM}{1000} = 435.60 \frac{TM}{año}$$

Tabla 16.

Contaminantes CO2 y SO2 en condiciones actuales y mejora

COMBUSTIBLES DEL ESTUDIO	CO2 (TM/año)	SO2 (TM/año)
PETRÓLEO INDUSTRIAL N°6	34060.54	796.22
MEZCLA (PETRÓLEO INDUSTRIAL N°6+ACEITE RESIDUAL DE PESCADO)	19073.81	435.60
REDUCCIÓN DE GASES CONTAMINANTES	14986.73	360.62

Fuente: Elaboración propia

En la figura 11, se muestra gráficamente la producción de dióxido de carbono y dióxido de azufre en condiciones actuales con petróleo industrial N°6 y en condiciones de mejora con la mezcla (petróleo industrial N°6 + aceite residual de pescado)

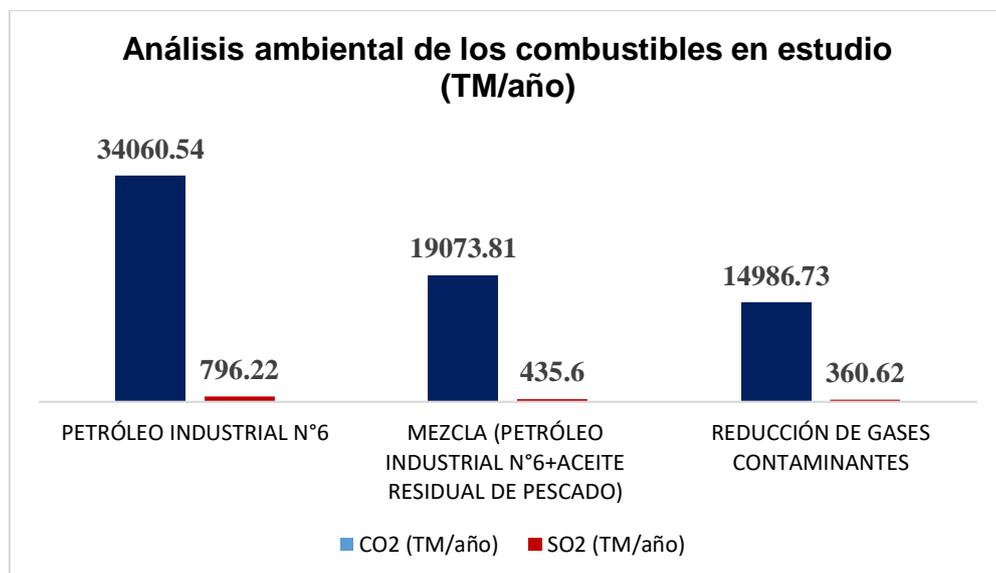


Figura 11: Análisis ambiental de los combustibles

4.5. ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

4.5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO

a) Costos con petróleo industrial N°6 en condiciones actuales

La caldera de 1800 BHP, consume en promedio 1861.72 Kg/h, con un tiempo de operación de 5497 horas/año, con un costo de combustible unitario de 6.10 S/ /galón (1.685 S/ /Kg).

$$C_{\text{petróleo N°6}} = 1861.72 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 1.685 \frac{\text{S/}}{\text{Kg}} * 5497 \frac{\text{h}}{\text{año}} = 17244079.11 \frac{\text{S/}}{\text{año}}$$

b) Costos con mezcla (petróleo industrial N°6 + aceite residual de pescado) en condiciones actuales

La caldera de 1800 BHP, en mezcla consume 1111.10 Kg/h, con un tiempo de operación de 5497 horas/año, con un costo de combustible unitario de 6.10 S/./galón (1.685 S/./Kg) para el petróleo industrial N°6 y 1.411 S/./lt (1.475 S/./Kg) para el aceite residual de pescado.

$$C_{\text{mezcla}} = \left(1111.10 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.40 * 1.475 \frac{\text{S/}}{\text{Kg}} * 5497 \frac{\text{h}}{\text{año}} \right) + \left(1111.10 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.60 * 1.685 \frac{\text{S/}}{\text{Kg}} * 5497 \frac{\text{h}}{\text{año}} \right)$$
$$C_{\text{mezcla}} = 9778454.437 \frac{\text{S/}}{\text{año}}$$

C) Costos de mantenimiento.

Valores extraídos de la empresa COPEINCA y de proveedores según el equipo.

Tabla 17:

Costos de mantenimiento

Equipo/sistema	Costo anual (S/./año)
Caldera pirotubular	50000.00
Tanque de combustibles	10000.00

Sistema de tratamiento de agua	5000.00
Líneas de vapor y agua de alimentación	5000.00
Líneas de combustible	5000.00
Accesorios eléctricos	20000.00
Accesorios térmicos	20000.00
Tanque de revaporizado	8000.00
I.C de aire por vapor flash	20000.00
I.C de gases por agua de alimentación	20000.00
Total	163000.00

Tabla 18:
Costos operativos del personal de mantenimiento

Personal de planta fuerza	Cantidad	Costo mensual (S./mes)	Costo anual (U\$\$/año)
Jefe de mantenimiento	1	7050.00	84600.00
Supervisor de mantenimiento	3	3840.00	46080.00
Técnicos mecánicos	5	1720.00	20640.00
Técnicos electricistas	4	1720.00	20640.00
Total			171960.00

Fuente: Elaboración propia

d) Beneficio útil:

El beneficio útil involucra los costos de combustible con petróleo industrial N°6, costos de aceite residual de pescado, costos de mantenimiento y costos del personal de la planta térmica.

$$B_{\text{útil}} = 17244079.11 \frac{\text{S/}}{\text{año}} - (9778454.437 + 163000.00 + 171960.00) \frac{\text{S/}}{\text{año}}$$

$$B_{\text{útil}} = 7130664.673 \frac{\text{S/}}{\text{año}} = 2037332.764 \frac{\text{U\$\$}}{\text{año}}$$

e) Inversión de activos

Para la evaluación del análisis económico se establecieron precios de acuerdo al mercado industrial del departamento de Ancash. Y según registros de compra de la empresa COPEINCA.

Tabla 19:
Inversión en activos fijos del proyecto

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR UNITARIO (U\$)	COSTO TOTAL (U\$)
IMPLEMENTACIÓN DE MEZCLA DE COMBUSTIBLE			
Quemador dual Baltur GI MIST 1000 DSPGM CE 60HZ, C:28000 BTU/Lb-m	1	497000.00	497000.00
Tanque de almacenamiento de combustibles, ASTM, SA-285 Grado C, capacidad: 15000 gal, 13.8 Kpsi, D: 145.25 in, L: 494.76 in y e: 5/8 in	3	15000.00	45000.00
Aislante térmico lana mineral de roca, nf: 34, fardo:1200x600x30mm	34	45.00	1530.00
IMPLEMENTACIÓN DE RECUPERACIÓN DE VAPOR FLASH			
Tanque de revaporizado Spirax Sarco FV12 (Incluye accesorios), a P:1bar@, T:99.6316°C, vapor flash m: 600 Kg/h,	1	4400.00	4400.00
IMPLEMENTACIÓN DE IC DE GASES Y AGUA DE ALIMENTACIÓN			
Tubos ASTM A-53 grado A al Sí, cédula 40, Dn: 1/2 in, L:1.34 m	324	77	24948.00
Placa ASTM A-53 grado A al Sí, Dext: 821.45 mm, L:1.34 m, e: 1/8 in	1	330.00	330.00
Placa ASTM A-53 grado A al Sí, Dint: 815.10 mm, e: 1/8 in, 324 agujeros	2	75.00	150.00
Aislante térmico lana mineral de roca, nf: 2, fardo:1200x600x30mm	2	45	90.00
Placa ASTM A-36, 150x400mm, e: 1/2 in, Sy: 36Kpsi	2	50.00	100.00
Estructura ASTM A-36 W310X33, H: 5m	1	225.00	225.00
Soldadura a tope, electrodo E7018, Sy:70 Kpsi	1	100.00	100.00
Cimientos de concreto 450x320x200mm, Sadm: 380 KPa	1	120.00	120.00
Pernos grado ISO 898 clase 5.8 d: 1/2 in, Sy: 54Kpsi	8	10.00	80.00
IMPLEMENTACIÓN DE IC DE VAPOR FLAS Y AIRE			
Tubos ASTM A-53 grado A al Sí, cédula 40, Dn: 2 1/2 in, L:1.20 m	625	79.00	49375.00
Placa ASTM A-53 grado A al Sí, Dext: 2258 mm, L:1.20m, e: 1/8 in	1	450.00	450.00

Placa ASTM A-53 grado A al Sí, Dint: 2252 mm, e: 1/8 in, 400 agujeros	2	110.00	220.00
Aislante térmico lana mineral de roca, nf: 6, fardo:1200x600x30mm	6	45.00	270.00
Placa ASTM A-36, 2000x1500mm, e:1/2 in, Sy: 36Kpsi	1	200.00	200.00
Soldadura a tope, electrodo E7018, Sy:70 Kpsi	1	120.00	120.00
Cimientos de concreto 2500x2000x200mm, Sadm: 380 KPa	1	150.00	150.00
Pernos grado ISO 898 clase 5.8 d: ½ in, Sy: 54Kpsi	4	10.00	40.00
MANO DE OBRA Y ACCESORIOS TÉRMICOS			
Mano de obra (quemador, intercambiadores, tanque de almacenamiento de mezcla, tanques de revaporizado, cimientos, aislamiento, obras civiles, instalaciones térmicas y eléctricas)	1	106224.50	190469.40
Accesorios térmicos (termómetros, válvulas, manómetros, y tuberías)	1	10000.00	10000.00
			825367.40

Fuente: Elaboración propia

f) Periodo de retorno de la inversión.

El proyecto arrojó un beneficio útil de 2037332.764 U\$\$/año con una inversión de 825367.40 U\$\$, por lo consiguiente el periodo de recuperación de la inversión sería:

$$PRI = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio útil}} = \frac{825367.4 \text{ U}\$\$}{2037332.764 \frac{\text{U}\$\$}{\text{año}}}$$

$$PRI = 0.40 \text{ años} = 5 \text{ meses}$$

4.5.2. ANÁLISIS FINANCIERO

Para el análisis de sensibilidad financiero respecto al valor actual neto y la tasa interna de rentabilidad, se consultó a la Superintendencia de Banca & Seguros y AFP – SBS, obteniendo los siguientes datos:

- Tasa de interés: 13.80 %
- Periodo de préstamo: 10 años

En la tabla 20, se detalla el análisis financiero con un valor actual neto de 9885066.00 U\$\$ y una tasa interna de rentabilidad del 247%, resultando viable para la mezcla de los combustibles.

*Tabla 20:
Análisis financiero del estudio*

Años	Flujo de Fondos	Movimientos en el Periodo - Año
Inversión	-\$825,367.40	Costo Inicial del Proyecto
1	\$2,037,332.76	Beneficios Netos anuales
2	\$2,037,332.76	Beneficios Netos anuales
3	\$2,037,332.76	Beneficios Netos anuales
4	\$2,037,332.76	Beneficios Netos anuales
5	\$2,037,332.76	Beneficios Netos anuales
6	\$2,037,332.76	Beneficios Netos anuales
7	\$2,037,332.76	Beneficios Netos anuales
8	\$2,037,332.76	Beneficios Netos anuales
9	\$2,037,332.76	Beneficios Netos anuales
10	\$2,037,332.76	Beneficios Netos anuales
Total Ingresos	\$20,373,328	
Tasa de Interés:	13.80%	
TIR	247%	Tasa interna de Retorno
VAN	\$ 9,885,066	Valor Actual Neto

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

En virtud al desarrollo de la investigación, debemos corroborar que se ha logrado demostrar que mediante el uso de la mezcla de aceite residual de pescado y petróleo industrial N° 6, en la combustión del caldero de 1800 BHP-COPEINCA, en lugar del tradicional Búnker 6, se reducen ostensiblemente los costos del proceso en un monto aproximado de 2037332.764 U\$\$/año, lo cual constituye la principal fortaleza del estudio; en contraste con ello, tal vez como una posible debilidad podemos considerar que no se ha realizado un estudio de deterioro o desgaste por ataque químico de los gases producidos con esta alternativa de uso del combustible, ya que supuestamente aumenta el grado de acidez. Este punto lo dejamos como estudio complementario para otra tesis.

A manera de debate de los resultados obtenidos en esta investigación, se ha utilizado como referencia de contrastación, nuestros antecedentes considerados en la parte inicial; así:

En la investigación (Culquipoma y Guillermo, 2018) explicaron que el consumo de combustible y rendimiento energético de la caldera sin precalentador de aire con diésel-2 sería 216 gal/h y 78.45%, con gas licuado de petróleo 156.53 gal/h y 89.5%; mientras que, con el uso de un precalentador para calentar el aire a una temperatura de 140°C con diésel-2 sería 176 gal/h y 88.42%, con gas licuado de petróleo 142.6 gal/h y 94.13%. El precalentador seleccionado fue de 144 tubos de 2 ½ in, con un diámetro de coraza de 68 in y una longitud de 3.3 m a una altura de 6m., para la implementación del GLP. El proyecto conllevó a un beneficio de 48139.40 \$/año y una inversión de 45179.15 \$, obteniendo un PRI con GLP 11 meses. En similitud a la presente investigación la caldera en estado inicial consume petróleo industrial N°6 con un flujo promedio de 1861.72 Kg/h y un rendimiento energético de 79.42%, con aire a 20°C en estado ambiental, pero en condiciones de mejora con la mezcla de los combustibles petróleo industrial N°6 y aceite residual de pescado el consumo del caldero de 1800 BHP se redujo a 1111.10 Kg/h y rendimiento de 87.27%. Para la implementación de la mezcla de los combustibles se necesitó de un quemador de 20407 Btu/lb-m, el proyecto conlleva un beneficio de 2037332.764 U\$\$/año, inversión de 825367.4 U\$\$ y un periodo de retorno de la inversión de 5 meses.

En la investigación de (Guzmán y Medina, 2018) Evaluaron el poder calorífico (inferior y superior) de la mezcla de aceite residual de pescado y petróleo R-500, en proporciones de 10/90%, 30/70%, 50/50% de aceite y petróleo respectivamente, mediante la utilización de una bomba calorimétrica. La metodología se realizó mediante un estudio aplicado, pre-experimental comparativo. Se obtuvo como resultados que la proporción adecuada para la mezcla fue 30% de aceite y 70% de petróleo con un tiempo de ignición de 4 minutos y 27°C, donde el PCI del aceite de pescado puro es 8323.85 Kcal/Kg y el PCI del petróleo alcanzó los 9027 Kcal/Kg. Concluyendo que la mezcla óptima tiene un poder calórico inferior de 16739.7 Kcal/Kg, beneficioso para la utilización del sector industrial pesquero. En comparación al presente estudio se evaluó la mezcla de petróleo industrial N°6 y aceite residual de pescado mediante un análisis fisicoquímico con una bomba calorimétrica, donde la mezcla se sometió a 5 ensayos en las proporciones: 10/90%, 20/80%, 30/70%, 40/60% y 50/50% de aceite residual de pescado y petróleo N°6 respectivamente, obteniendo como proporción óptima 40% de aceite residual de pescado y 60% de petróleo industrial N°6 con un tiempo de ignición de 5 minutos a 75°C, obteniendo un PCI del petróleo industrial N°6 individualmente de 9321 Kcal/Kg, para el aceite residual de pescado se obtuvo un PCI de 7983 KJ/Kg, pero en mezcla de ambos combustibles se registró un PCI de 11344 Kcal/Kg.

En la investigación de (Montesinos, 2018) demostró que la implementación de un plan de gestión térmica en la empresa reduciría en un 94% el calor perdido, el cual supone una reducción del 2.5% del costo de producción. Menciona que se realizarán las siguientes mejoras: mantenimiento preventivo de la caldera, reemplazo de instrumentos de medición, aislamiento de tuberías y capacitación del personal, cambio de quemador de GLP, mejorando la eficiencia en la gestión térmica en un 8 %. Concluye que la inversión necesaria es de 48500 soles, la cual se recuperará a partir del 10 mes, con un beneficio de 74872.08 soles. En similitud al presente estudio la propuesta de gestión energética fue la mezcla de los combustibles petróleo industrial N°6 y aceite residual de pescado para incrementar el poder calorífico inferior en un porcentaje máximo de 17.83% respecto al petróleo industrial N°6 y 29.63% respecto al aceite residual de pescado, lo cual permitió un

incremento en el rendimiento energético del caldero de 7.85%, lo que conlleva una inversión de 825367.4 U\$\$, periodo de retorno de la inversión de 5 meses para obtener un beneficio de 2037332.764 U\$\$/año.

En el estudio de (Soles y Alcántara, 2017) explicaron que la mezcla de aceites residuales de pescados con petróleos industriales en combinaciones porcentuales en los rangos de 22% hasta 45% para el aceite residual de pescado y de 78% hasta 55% para los petróleos industriales, generan mezclas aceptables para obtener un poder calorífico inferior óptimo. Asimismo se especificó el análisis para una caldera de 80BHP que consumía petróleo donde su rendimiento era 76.56%, pero con la mezcla tuvo un incremento del 78%. También el consumo de petróleo N°6 de la caldera era de 25 galones/hora, pero con mezcla (aceite 25% y 75% petróleo bunker) se redujo a 20 galones/hora, con un ahorro de 5 galones/hora. Con una inversión de 50344.00 soles, beneficio de 80954.77 soles/año, lo que permite un retorno operacional de la inversión de 8 meses. En comparación a la presente investigación se determinó que la proporción óptima de la mezcla de los combustibles aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6 es de 40/60% respectivamente, donde el rendimiento de la caldera de 1800 BHP incrementó de 79.42% a 87.27%. Asimismo el consumo del caldero con petróleo industrial N°6 es de 514.29 gal/h, pero con la mezcla de los combustibles se redujo a 307 gal/h, con un ahorro de 207.30 gal/h, para la implementación del proyecto se necesita de una inversión de 825367.4 U\$\$, periodo de retorno de la inversión de 5 meses para obtener un beneficio de 2037332.764 U\$\$/año.

En la investigación de (Lamas, 2016) evaluó la mezcla de diesel -2 con aceite residual en proporciones de 50/50% de diesel-2 y aceite residual para un horno de fundición de metales respectivamente, mediante la utilización de una bomba calorimétrica. Se obtuvo como resultados un tiempo de ignición de 6.33 minutos y 29°C para la mezcla correcta en la proporción 50% de diesel-2 y 50% para aceite residual, donde el PCI del aceite residual tuvo un valor de 72300.10 Kcal/Kg y el PCI del petróleo alcanzó los 9000.22 Kcal/Kg. Concluyendo que la mezcla óptima tiene un poder calorífico inferior de 13900 Kcal/Kg, con un periodo de retorno de la inversión de 1 año, valor actual neto de 45656.77 U\$\$, con una tasa interna de retorno del 88% y un costo/beneficio de 3.12. En comparación al presente estudio

se evaluó la mezcla de petróleo industrial N°6 y aceite residual de pescado mediante un análisis fisicoquímico con una bomba calorimétrica, donde la mezcla se sometió a 5 ensayos en las proporciones: 10/90%, 20/80%, 30/70%, 40/60% y 50/50% de aceite residual de pescado y petróleo N°6 respectivamente, obteniendo como proporción óptima 40% de aceite residual de pescado y 60% de petróleo industrial N°6 con un tiempo de ignición de 5 minutos a 75°C, obteniendo un PCI del petróleo industrial N°6 individualmente de 9321 Kcal/Kg, para el aceite residual de pescado se obtuvo un PCI de 7983 KJ/Kg, pero en mezcla de ambos combustibles se registró un PCI de 11344 Kcal/Kg. Asimismo el estudio tiene un valor actual neto de 9885066.00 U\$\$, tasa interna de rentabilidad de 247% y un costo beneficio de 4.35.

En el estudio de (Gobernado, 2015) demostró que el poder calorífico inferior del gasóleo o diesel tienen un mayor grado de concentración de CO₂ y SO₂ frente a los agentes contaminantes de los aceites residuales de animales y vegetales. Obteniendo como resultado que para la mezcla del gasóleo y un aceite se utiliza un menor porcentaje de exceso de aire en la combustión de 1.33, lo que permite un incremento del rendimiento del caldero en un aproximado máximo de 4.50%, con una proporción de 34% de aceite y 66% de gasóleo. Concluyendo que el PCI en todos los aceites presenta menos contenido de carbono en comparación al gasóleo, donde los aceites tienen en su composición mayor concentración oxígeno, requiriendo menor flujo de aire para la combustión, lo cual es un beneficio en el impacto ambiental ya que se reduce la masa de dióxido de carbono y dióxido de azufre en un 60 y 65% respectivamente. En similitud al presente estudio se determinó que la proporción óptima de la mezcla de los combustibles aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6 es de 40/60% respectivamente en el cual el rendimiento energético del caldero incremento adicionalmente 7.85% con un exceso de aire de 1.414, conllevando a una reducción de los agentes contaminantes dióxido de carbono CO₂ y dióxido de azufre SO₂ a valores de 14986.73 TM/año y 360.62 TM/año respectivamente, lo que representa una reducción del 44% en gases de CO₂ y 45.30% en gases de SO₂.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se realizó un balance de masa y energía a la planta COPEINCA tomando como muestra para el análisis 8 meses del año 2019 desde marzo a octubre para una mejor viabilidad de los resultados, obteniendo que los equipos: cocinadores, prensas, secadores, caldo de separadoras, sanguaza y evaporador de agua de cola consumen en promedio 24502.325 Kg/h de vapor saturado del caldero de 1800 BHP el cual tiene una carga nominal de 28188 Kg/h, lo que indica que el caldero trabaja al 87% de su carga máxima. El balance de masa y energía realizado al caldero determinó que consume en promedio 1861.72 Kg/h de petróleo industrial N°6 con un rendimiento energético de 79.42%, con un costo del proceso de combustión de 17244079.11 S/. /año.
- 6.2. El análisis fisicoquímico mediante una bomba calorimétrica al petróleo industrial N°6 y aceite residual de pescado concluyó que la proporción óptima de la mezcla de los combustibles es 60% de petróleo industrial N°6 y 40% de aceite residual de pescado para obtener un PCI de 11344 Kcal/Kg el cual se debe regular con un exceso de aire a 1.414 y relación de aire/combustible a 21.20.
- 6.3. **El balance de masa y energía en condiciones de mejora concluye que el** consumo de combustible se reduce a 1111.10 Kg/h, el cual está dividido en 40% de aceite residual de pescado (444.44 Kg/h) y 60% de petróleo industrial N°6 (666.66 Kg/h), incrementando el rendimiento energético del caldero a 87.27%. Asimismo, el costo del proceso de combustión se redujo a 9778454.437 S/. /año, con un ahorro porcentual del 43.30% del costo de combustión actual.
- 6.4. Se realizó un impacto ambiental comparativo entre el petróleo industrial N°6 y la mezcla (aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6), obteniendo una reducción en la masa de dióxido de carbono CO₂ de 14986.73 TM/año y en la masa de dióxido de azufre SO₂ de 360.62 TM/año.

- 6.5. Se concluye que el proyecto tiene una inversión de 825367.4 U\$\$ y un beneficio de 2037332.764 U\$\$/año, con un periodo retorno de la inversión de 5 meses. Asimismo, el análisis financiero indicó que el estudio es viable con un valor actual neto de 9885066.00 U\$\$ y una tasa interna de rentabilidad del 247% con un periodo de préstamo de 10 años y una tasa de interés de 13.80%.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. Se recomienda un estudio respecto a la vida útil del caldero pirotubular de 1800 BHP, con petróleo industrial y con la mezcla (60% petróleo industrial N°6 y 40% aceite residual de pescado), para evaluar la velocidad de corrosión del espesor de los tubos de fuego, esto se debe a que el aceite residual de pescado en su composición contiene elementos corrosivos como el azufre, que podrían afectar el tiempo de vida útil del caldero.
- 7.2. Se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo basado en un análisis de fallas críticas al caldero de 1800 BHP, para que no influya de esta manera en la aplicación del estudio basado en la mezcla de los combustibles: aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6.
- 7.3. Se debe capacitar al personal del área de mantenimiento de la empresa COPEINCA, la cual involucra técnicos, ingenieros supervisores y jefe de mantenimiento, respecto del manejo y mezclado de los combustibles en las proporciones correctas descritas.
- 7.4. La caldera en su manejo de control con la mezcla de los combustibles, debe trabajar con un ratio que no supere los 21.20 Kg aire/1Kg mezcla y un exceso de aire de 141.40%, para de esta manera garantizar el óptimo ahorro en los combustibles petróleo industrial N°6 y aceite residual de pescado.
- 7.5. Se recomienda la implementación de intercambiadores de calor de aire – vapor flash y agua – gases residuales, para incrementar el beneficio útil, existiendo un exceso adicional de ahorro en la mezcla de los combustibles.
- 7.6. Para la implementación del proyecto, se recomienda elaborar un diagrama de Gantt especificando las diferentes tareas para la mezcla de los combustibles aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6

REFERENCIAS

- Beltrán, R. (2012). *Conversión Térmica de Energía*. Bogotá: Uniandes.
- Broatch, A. (2015). *Ejercicios Resueltos de Máquinas Térmicas*. Barcelona: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Bulla (2015). *Producción de biodiesel por etanolisis utilizando aceites de fritura de hoteles y su uso en calderas pirotubulares*. Bogotá – Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Cengel, Y. (2016). *Transferencia de Calor y Masa*. México, D.F: McGraw-Hill.
- Culquipoma y Guillermo (2018). *Gestión energética para optimizar el rendimiento energético de una caldera con precalentador de aire, para minimizar el gasto diésel-2*. Lima-Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Charles, A. (2014). *Fundamentos de Circuitos Térmicos y Eléctricos*. México : Interamericana Editores, S.A.
- Donald, R. (2016). *Termodinámica*. Madrid: Concepción Fernández .
- Gobernado (2015). *Combustión de mezclas de gasóleo y aceites vegetales para su uso como combustible en calderas de baja potencia*. Valladolid – España: Universidad de Valladolid.
- Guzmán & Medina (2018). *Evaluación de la mezcla aceite residual de pescado y petróleo industrial N° 500, para determinar la influencia en el poder calorífico - Empresa Austral Group S.A*. Nuevo Chimbote – Perú: Universidad Nacional Del Santa.
- Kenneth, W. (2014). *Termodinámica*. Madrid : Concepción Fernández.
- Lamas (2016). *Etanolisis del aceite residual de frituras con diesel N°2 en hornos de fundición de metales*. Bolívar-Colombia: Universidad de Cartagena
- Legrá, A (2018). *Metodología para la Investigación Científico Tecnológico*. Tercera. España, Madrid. Ediciones Díaz de Santos

- Lostaunau, L. (2017). *Máquinas Eléctricas y térmicas* . Lima: San Marcos.
- Mankiw, G. (2017). *Principios de Economía* . Madrid: Ediciones Paraninfo.
- Martines, J. (2015). *Normas de construcción de recipientes a presión y redes de transporte de tuberías* . Madrid: Bellisco S.A.
- Montesinos (2018). Implementación de un plan de gestión térmica para reducir los costos de producción del área de calderos de la empresa Masta E.I.R.L. Santiago – Chile: Universidad Tecnológica Metropolitana
- Soles y Alcántara (2017). Generación de biodiesel mediante la combinación de aceites residuales y petróleos industriales. Bogotá –Colombia: Universidad Nacional de Colombia
- Shapiro, M. (2015). *Fundamentos de Termodinámica Técnica* . Barcelona: Reverté S.A.
- Zubicaray, M. (2014). *Energía Eléctricas y Renovables*. Madr: Limusa-Wiley.

ANEXOS

A.1. Matriz de consistencia

AUTOR:	<ul style="list-style-type: none"> - LEZCANO COSSIO, KRISTHOFER ALFREDO - ZAVALETA SANCHEZ, JULIO CESAR 			
TÍTULO:	MEZCLA DE ACEITE RESIDUAL DE PESCADO Y PETRÓLEO INDUSTRIAL N°6, PARA REDUCIR COSTOS DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN EN CALDERO 1800BHP, COPEINCA			
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA: ¿En qué medida el uso de aceite residual de pescado mezclado con petróleo industrial N°6 reduce los costos del proceso de combustión del caldero de 1800 BHP de la empresa COPEINCA?	OBJETIVO GENERAL: Evaluar el uso de la mezcla de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6 como combustible para reducir el costo del proceso de combustión del caldero 1800 BHP de la empresa COPEINCA. OBJETIVO ESPECÍFICOS: <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar un balance de masa y energía a la planta COPEINCA S.A en condiciones actuales, para determinar consumos de vapor, combustible, eficiencia térmica de la caldera y costo del proceso de combustión. 2. Determinar mezcla idónea de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6, y su poder calorífico inferior. 3. Realizar un balance de masa y energía a la planta COPEINCA S.A en condiciones de mejora, para evaluar consumo de combustible, eficiencia térmica de la caldera y costo del proceso de combustión. 4. Realizar un análisis de impacto ambiental con la mezcla de los combustibles. 5. Realizar un análisis económico (Beneficio e inversión) y financiero (VAN y TIR), fundamentado en la reducción de consumo de combustible y aumento del rendimiento energético. 	El uso de aceite residual de pescado en una proporción de 30% mezclado con 70% de petróleo industrial N°6 reducirá los costos del proceso de combustión entre 40% a 50% del caldero 1800 BHP de la empresa COPEINCA.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Mezcla de aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6 VARIABLE DEPENDIENTE: Costos del proceso de combustión	<ol style="list-style-type: none"> 1. TIPO DE INVESTIGACION: Investigación Aplicada 2. NIVEL DE INVESTIGACION: Descriptiva 3. METODO: Deductivo 4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: Experimental – Pre Experimental 5. POBLACIÓN: Proceso de combustión en las calderas de las empresas pesqueras de Chimbote. 6. MUESTRA: Proceso de combustión en la caldera pirotubular de 1800 BHP – COPEINCA. 7. TÉCNICAS: <ul style="list-style-type: none"> - Análisis documental - Guía documentaria - Análisis fisicoquímico 8. INSTRUMENTOS: <ul style="list-style-type: none"> - Fichas de Registro - Fichas bibliográficas - Ficha de resultados de bomba calorimétrica

A.2. Tablas de parámetros de operación de procesos de la planta COPEINCA

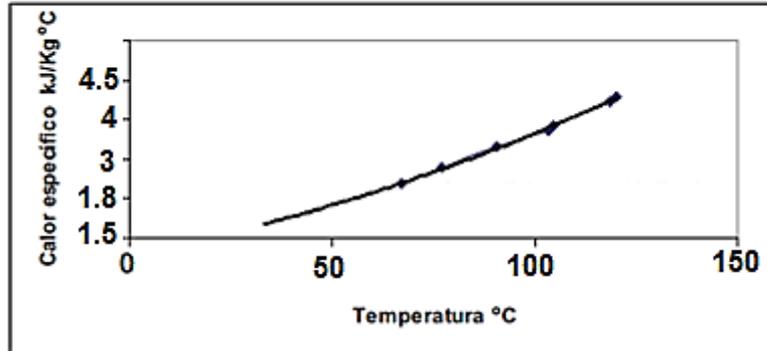
DATOS DE OPERACIÓN EN PROCESOS		
PUNTO	TEMPERATURA (°C)	CALOR ESPECIFICO (KJ K°C)
3	20	3.48
4	80	3.48
7	75	3.91
8	95	3.91
11	20	4.184
12	100	4.184
15	60	4
16	85	4

CONSUMO PROMEDIO DEL PRODUCTO EN PROCESOS (Kg/ h) - PERIODO 2019				
MES	COCINADORES/ PRENSA/ SECADORES	CALDO DE SEPARADORAS	SANGUAZA	EVAPORADOR AGUA DE COLA
ENERO	PRODUCCIÓN EN VACIO			
FEBRERO	PRODUCCIÓN EN VACIO			
MARZO	144309.12	97027.76	39355.07	18647.90
ABRIL	140100.10	88294.57	40860.45	18940.06
MAYO	150322.16	90235.11	43011.00	19866.91
JUNIO	139799.46	87324.30	40989.48	18819.17
JULIO	141302.68	89070.79	40688.41	19665.42
AGOSTO	138296.24	90914.30	39097.00	18222.76
SEPTIEMBRE	137544.63	94407.27	42494.87	20149.85
OCTUBRE	137405.77	93566.3	40389.6	19770.44
NOVIEMBRE	PRODUCCIÓN EN VACIO			
DICIEMBRE	PRODUCCIÓN EN VACIO			

PÁRAMETROS DE OPERACIÓN DEL CALDERO DE 1800 BHP		
MES	CONSUMO: Gal/ Mes	Horas de operación del caldero/ Mes
MARZO	382688.64	711
ABRIL	347737.69	680
MAYO	383459.76	709
JUNIO	338817.21	670
JULIO	354006.13	690
AGOSTO	326280.33	665
SEPTIEMBRE	366060.82	705
OCTUBRE	330298.57	667

A.3. Tablas y gráficos termodinámicos de combustible, aire, agua y gases residuales.

Diagrama estadístico del calor específico para petróleos



Propiedades del aire a la presión de 1 atm							
Temp., T, °C	Densidad, ρ , kg/m ³	Calor específico, c_p , J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α , m ² /s ²	Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν , m ² /s	Número de Prandt Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228

AGUA

Temperatur °C	Densidad ρ (Kg/m ³)	Calor específico c_p J/Kg°C	Conductiv. térmica "k" W/m°C	Dif. térmica $\alpha \cdot 10^6$ (m ² /seg)	Visc. dinám. $\eta \cdot 10^6$ N.seg/m ²	Visc. cinem. $\nu \cdot 10^6$ (m ² /seg)	Nº de Prandt Pr	$\frac{\beta}{\nu^2} \cdot 10^{-9}$
0	999,9	4226	0,558	0,131	1794	1,789	13,7	
20	998,2	4182	0,597	0,143	1004	1,006	7,02	2,035
40	992,3	4178	0,633	0,151	653,0	0,658	4,34	8,833
60	983,2	4181	0,658	0,155	470,0	0,478	3,02	22,75
80	971,8	4194	0,673	0,165	353,7	0,364	2,22	46,68
100	958,4	4211	0,682	0,169	281,0	0,294	1,75	85,09
120	943,1	4245	0,685	0,171	233,0	0,247	1,45	
140	926,1	4279	0,687	0,172	198,2	0,214	1,24	
160	907,6	4338	0,682	0,173	171,5	0,189	1,10	
180	887,0	4413	0,678	0,172	153,5	0,173	1,00	
200	864,8	4501	0,665	0,170	129,0	0,160	0,94	517,2
220	840,5	4606	0,656	0,168	126,0	0,150	0,89	
240	812,2	4752	0,639	0,164	116,0	0,143	0,87	
260	784,0	4944	0,614	0,157	107,5	0,137	0,87	
280	750,8	5204	0,583	0,150	101,4	0,135	0,92	
300	712,5	6594	0,543	0,132	94,1	0,132	1,02	1766

Propiedades termofísicas de los gases residuales.

T [°C]	ρ [$\frac{Kg}{m^3}$]	C_p [$\frac{KJ}{Kg^\circ K}$]	$K * 10^2$ [$\frac{W}{m^\circ K}$]	$a * 10^2$ [$\frac{m^2}{h}$]	$\mu * 10^6$ [$\frac{N.s}{m^2}$]	$\nu * 10^6$ [$\frac{m^2}{seg}$]	Pr -
0	1,295	1,045	2,2794	6,08	15,7842	12,2	0,72
100	0,95	1,0676	3,1284	11,10	20,3949	21,54	0,69
200	0,748	1,0969	4,0123	17,60	24,4955	32,80	0,67
300	0,617	1,1221	4,8380	25,16	28,2331	45,81	0,65
400	0,525	1,1514	5,6987	35,04	31,6863	60,38	0,64
500	0,457	1,1849	6,5593	43,61	43,8549	76,30	0,63
600	0,405	1,2142	7,4199	54,32	37,8666	93,61	0,62
700	0,363	1,2393	8,2689	66,17	40,6918	112,10	0,61
800	0,329	1,2644	9,1528	79,09	43,3798	131,80	0,60
900	0,301	1,2895	10,0134	92,87	45,9108	152,50	0,59
1000	0,275	1,3063	10,8973	109,21	48,3633	174,30	0,58
1110	0,257	1,3230	11,7463	124,37	50,7078	197,10	0,57
1200	0,24	1,3398	12,6185	141,27	52,9936	221,0	0,56

Nota: son equivalentes; $\frac{KJ}{Ka^\circ K} = \frac{KJ}{Ka^\circ C}$ y $\frac{W}{m^\circ K} = \frac{W}{m^\circ C}$

A.4. Propiedades termodinámicas del vapor de consumo en planta COPEINCA

Steam Table (the 1967 IFC Formulation)											
Steam Table (Complete Range) Saturation Zone Diagrams About											
P (bar)	T (°C)	x	v (m³/kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg°C)	v' (m³/kg)	h' (kJ/kg)	s' (kJ/kg°C)	v'' (m³/kg)	h'' (kJ/kg)	s'' (kJ/kg°C)
2.72	130.23					0.00107	547.3	1.63679	0.66384	2720.2	7.02376
4.45	147.505					0.001088	621.4	1.81620	0.41812	2742.4	6.85846
8.6	173.435					0.001119	734.2	2.07534	0.2243	2770.4	6.63480

A.5. Análisis fisicoquímico de los combustibles aceite residual de pescado y petróleo industrial N°6

INF. /0034- SENATI PIRÁMIDE/LABORATORIO TECNOLOGÍAS AMBIENTALES



INFORME INF. 0034 DE RESULTADOS FISICOQUÍMICOS DE COMBUSTIBLE LÍQUIDOS

INSTITUCIÓN/ORGANIZACIÓN: SENATI - PIRÁMIDE
LABORATORIO: N°3 FISICOQUÍMICA
RESPONSABLE: LABORATORIO PBF & SGC CALIDAD
MODULO: 1342-0FL
DENOMINACIÓN: 3° NIVEL - COMBUSTIBLES LÍQUIDOS
FECHA VALORACIÓN: 05/11/2019



ATENCIÓN:

SRES. KRISTHOFFER LEZCANO C. Y JULIO ZAVALETA S.

Le saludo afectuosamente en la oportunidad de hacer de su conocimiento los resultados del análisis fisicoquímico con instrumento bomba calorimétrica de los combustibles industrial N°6 y aceite residual de pescado.

I. VALORES DEL ENSAYO FISICOQUÍMICO

1. CONDICIONES DEL ENSAYO

INSTRUMENTO: BOMBA CALORIMÉTRICA PARR 6200
CARGAS: TEMPERATURA VARIABLE
TIPO DE ENSAYO N°1: CAPACIDAD CALORÍFICA COMBUSTIBLE INDUSTRIAL
COMBUSTIBLE N°1: PETRÓLEO INDUSTRIAL N°6
OXIDANTE N°1: OXIGENO
TIPO DE ENSAYO N°2: CAPACIDAD CALORÍFICA COMBUSTIBLE RESIDUAL
COMBUSTIBLE N°2: ACEITE RESIDUAL PESCADO
OXIDANTE N°2: OXIGENO
COMPLEMENTARIO: IGNICIÓN

2. ESTADO DE LA MUESTRA

PETRÓLEO INDUSTRIAL: 1/c 10 galones (Depurado)
RESIDUAL DE PESCADO: 1/c 10 galones (Depurado)
ÍTEM DE PRUEBAS: 5

II. RESULTADOS PCI INFERIOR INDEPENDENCIA DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS N°1 y N°2

C. LÍQUIDOS	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	MEDIO Kcal/g
INDUSTRIAL N°6	9.311	9.299	9.324	9.315	9.356	9.321
ACEITE R. PESCADO	7.973	7.981	8.001	7.974	7.986	7.983
AJUSTE	100%	100%	100%	100%	100%	100%

III. RESULTADOS CONSTITUCIÓN MÁSCA DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS N°1 y N°2

C. LÍQUIDOS	C	S	H2	O2	RESIDUO
INDUSTRIAL N°6 %	83.74	3.62	9.50	2.10	1.04
ACEITE R. PESCADO %	75.51	5.22	10.93	6.33	2.01
REAL m/PM	1gal/C	1gal/S	1gal/H2	1gal/O2	1gal/PM
MUESTRA TÍPICA	-	-	-	-	-

IV. RESULTADOS INFLAMABILIDAD - DIVISIÓN DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS N°1 y N°2

PUNTO DE INFLAMABILIDAD: 60°C

C. LÍQUIDOS	N°1		N°2		N°3		N°4		N°5		ÓPTIMO	
INFLAMABILIDAD	°C	Min.	°C	Min.								
INDUSTRIAL N°6	60	5.12	60	5.22	60	5.42	60	5.33	60	5.45	60	5.33
ACEITE R. PESCADO	60	4.10	60	4.14	60	4.33	60	4.42	60	4.26	60	4.42
DIFERENCIADO	-	1.02	-	1.08	-	1.09	-	0.91	-	1.19	-	0.91
PROPORCIONALIDAD (RESIDUAL PESCADO/INDUSTRIAL N°6)	10/90		20/80		30/70		40/60		50/50		40/60	
CONDICIÓN	NO VIABLE		MODERADO									

PUNTO DE INFLAMABILIDAD: 70°C

C. LÍQUIDOS	N°1		N°2		N°3		N°4		N°5		ÓPTIMO	
INFLAMABILIDAD	°C	Min.	°C	Min.								
INDUSTRIAL N°6	70	4.88	70	4.92	70	5.01	70	5.21	70	5.28	70	5.21
ACEITE R. PESCADO	70	3.78	70	3.81	70	4.00	70	4.79	70	4.27	70	4.79
DIFERENCIADO	-	1.10	-	1.11	-	1.01	-	0.42	-	1.01	-	0.42
PROPORCIONALIDAD (RESIDUAL PESCADO/INDUSTRIAL N°6)	10/90		20/80		30/70		40/60		50/50		40/60	
CONDICIÓN	NO VIABLE		MODERADO									

PUNTO DE INFLAMABILIDAD: 75°C

C. LÍQUIDOS	N°1		N°2		N°3		N°4		N°5		ÓPTIMO	
INFLAMABILIDAD	°C	Min.										
INDUSTRIAL N°6	75	4.76	75	4.77	75	4.85	75	5.01	75	5.11	75	5.01
ACEITE R. PESCADO	75	3.69	75	3.72	75	3.81	75	4.98	75	4.16	75	4.98
DIFERENCIADO	-	1.07	-	1.05	-	1.04	-	0.03	-	0.95	-	0.03
PROPORCIONALIDAD (RESIDUAL PESCADO/INDUSTRIAL N°6)	10/90		20/80		30/70		40/60		50/50		40/60	
CONDICIÓN	NO VIABLE		ACEPTABLE									

LABORATORIO PEF & SGC CALIDAD



V. RESULTADOS PCI-E.AIRE-RATIO MEZCLA DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS N°1 y N°2

INFLAMABILIDAD: 75°C Y PROPORCIONALIDAD (RESIDUAL PESCADO 40%/INDUSTRIAL N°6 60%)

C. LÍQUIDO MEZCLA	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	MEBIO Kcal/g
INDUSTRIAL N°6 + ACEITE R. PESCADO	11.321	11.345	11.348	11.335	11.372	11.344
AJUSTE	100%	100%	100%	100%	100%	100%
EXCESO DE AIRE RATIO (AIRE/COMBUSTIBLE)	1.412	1.413	1.415	1.412	1.417	1.414
	21.10	21.10	21.12	21.30	21.32	21.20



VI. RESULTADOS CONSTITUCIÓN MÁSCA MEZCLA COMBUSTIBLES LÍQUIDOS N°1 y N°2

C. LÍQUIDO MEZCLA	C	S	H2	O2	RESIDUO
INDUSTRIAL N°6 + ACEITE R. PESCADO %	78.81	3.30	12.45	6.04	0.60
REAL m/PM	1gal/C	1gal/S	1gal/H2	1gal/O2	1gal/PM
MUESTRA TÍPICA	-	-	-	-	-

LABORATORIO PPF & SSC CALIDAD

VII. CONCLUSIÓN

Para obtener un PCI de mezcla medio de 11.344 Kcal/g, se solicita de una temperatura de inflamabilidad y tiempo en conjunto de 75°C y 5 minutos respectivamente, con proporciones (Residual pescado 40%/Industrial N°6 60%), donde el ratio de combustión debe regularse en 21.20 Kgaire/Kgcombustible con exceso de aire 141.40%.

A.6. SELECCIÓN DE QUEMADOR

Con PCI actual: PCI = 38999.064 KJ/Kg = 16798 BTU/lb-m

Con PCI mejora: PCI= 47463.30 KJ/kg = 20407 BTU/lb-m

La capacidad máxima de soporte calorífico del quemador actual es de 18000 BTU/lb-m, por lo tanto para la mejora se recomienda un quemador con una capacidad superior a 20407 BTU/lb-m. Tal como se muestra en la siguiente ficha técnica se tendría un quemador de 28000 BTU/lbm.

baltur

GI MIST 1000 DSPGM CE 60Hz

Código: 66875410
Serie: GI MIST DSPGM



Características de Fabricación

- Funcionamiento en dos etapas progresivas de potencia.
- Predispuesto para montar el regulador automático RWF 40 en el cuadro de mando (pedir aparte, junto con el kit de modulación adecuado).
- Adecuado para funcionar con todo tipo de cámaras de combustión.
- Mezcla aire-gas en la cabeza de combustión y pulverización mecánica con alta presión del combustible mediante la boquilla.
- Posibilidad de obtener valores óptimos de combustión mediante la regulación del aire comburente y del deflector.
- Mantenimiento facilitado gracias a la posibilidad de sacar los grupos de mezcla y de pulverización sin desmontar el quemador de la caldera.
- Regulación del caudal mínimo y máximo del aire mediante el servomotor eléctrico con cierre de la clapeta del aire cuando el quemador no funciona para evitar dispersiones de calor en la chimenea.
- Equipado con dispositivo de control de fugas de acuerdo con la normativa europea EN676.
- Preparación para la conmutación automática del combustible.
- GI MIST 350 - 420 - 510 DSPGM
- Equipado con 1 brida y 1 junta aislante para fijar el quemador a la caldera, 2 latiguillos para el combustible, 1 filtro de línea.
- GI MIST 1000 DSPGM
- Incluye 1 junta aislante para la fijación a la caldera, 2 tubos flexibles y 2 filtros de línea; la tobera no está incluida pero se puede pedir a parte, en función del caudal solicitado.

Características Técnico-Funcionales

- Ventilador centrífugo para altas prestaciones.
- Toma de aire comburente lateral con dispositivo de regulación del caudal de aire incorporado.
- Deflector con tobera de acero inoxidable y disco deflector de acero.
- 1 motor eléctrico para accionar la bomba y 1 para accionar el ventilador.
- Presostato de aire que garantiza la presencia del aire comburente.
- Servomotor eléctrico con leva mecánica para la regulación simultánea del aire comburente y del combustible.
- Bomba de engranajes con regulador de presión.
- Grupo pulverizador con imán para accionar las agujas de ida/retorno boquilla.
- Centralita automática de mando y control del quemador de acuerdo con la norma europea EN298.
- Control de la presencia de llama mediante fotocélula UV.
- Regleta de conexiones auxiliar para la alimentación eléctrica y termoestática del quemador, para accionar la segunda etapa de funcionamiento o conectar el regulador electrónico de potencia.
- Instalación eléctrica con grado de protección IP40.
- GI MIST 350 - 420 - 510 DSPGM
- Cuerpo quemador de aleación ligera de aluminio.
- Brida corredera de unión al generador para adaptar la longitud del deflector a los distintos tipos de generadores de calor.
- Rampa de gas integrada por válvulas reguladora, de funcionamiento, de seguridad y piloto, control de estanqueidad de las válvulas, presostato de mínima y máxima, regulador de presión y filtro de gas.
- Cuadro de mandos con: interruptor encendido/apagado, selector automático/manual y mínimo/máximo, conmutador cambio combustible, luces testigo de funcionamiento, de bloqueo y del combustible utilizado.

Datos técnicos - GI MIST 1000 DSPGM CE 60Hz:

Potencia Térmica Mínima	25000	BTU/Lbm
Potencia Térmica Máxima	28000	BTU/Lbm
Caudal Mínimo	1500	kg/h
Caudal Máximo	2000	kg/h
Viscosidad máx	1,5	°E
Potencia eléctrica motor	26	kW
Alimentación Eléctrica Fase	3	N
Alimentación Eléctrica Frecuencia	60	Hz
Alimentación Eléctrica Tipo Corriente	AC	
Alimentación Eléctrica Voltaje	400	V
Peso	880	kg
Peso Embalaje	980	kg

A.7. Tanque de combustible

Flujo másico de consumo máximo: 1111.10 Kg/h = 307 gal/h

Tiempo de recarga máximo: 2 días (Tiempo actualmente de recarga o abastecimiento de los tanques por proveedor de combustible petróleo industrial N°6)

Tiempo de operación o consumo diario: 22h/día

Capacidad máxima = 307 gal/h*22h/día*2días =13508 gal

Actualmente la empresa cuenta con una disponibilidad de tanques de abastecimiento de combustible con una capacidad de 15000 gal/h, tal como se muestra en la figura.



A.8. Propiedades térmicas de algunas aleaciones

PROPIEDADES TERMICAS DE ALGUNAS ALEACIONES

Propiedades a 20°C		Densidad ρ Kg/m ³	Calor especif J/kg°K	Conduct. k W/m°K	Difusividad $\alpha \times 10^5$ m ² /seg	Conductividad térmica en (W/m°C) a la temperatura en °C:													
Aleaciones	Composición					-100	0°C	100	200	300	400	600	800	1000					
Duraluminio	94-96% Al; 3-5% Cu	2787	833	164	6,680	126	159	182	194										
Siluminio	87% Al; 1,33% Si	2659	871	164	7,100	119	137	144	152	161									
Alusil	80% Al; 20% Si	2627	854	161	7,172	144	157	168	175	178									
Al-Mg-Si	97% Al; 1% Mg; 1% Si	2707	8922	177	7,311		175	189	204										
Bronce de aluminio	95% Cu; 5% Al	8666	410	83	2,330														
Bronce	75% Cu; 25% Sn	8666	343	26	0,860														
Latón rojo	85% Cu; 9% Sn; 6% Zn	8714	385	61	1,804		59	71											
Latón	70% Cu; 30% Zn	8522	385	111	3,412	88	128	144	147	147									
Plata alemana	62% Cu; 15% Ni; 22% Zn	8618	394	24,9	0,733	19,2	31	40	45	48									
Constantán	60% Cu; 40% Ni	8922	410	22,7	0,612	21	22	26											
Fundición	4% C	7272	420	52	1,702														
Acero al carbono	0,5% C	7833	465	54	1,474	55	52	48	45	42	35	31	29						
	1% C	7801	473	43	1,172	43	43	42	40	36	33	29	28						
	1,5% C	7753	486	36	0,970	36	36	36	35	33	31	28	28						
Acero al cromo	1% Cr	7865	460	61	1,665	62	55	52	47	42	36	33	33						
	5% Cr	7833	460	40	1,110	40	38	36	36	33	29	29	29						
	20% Cr	7689	460	40	1,11	22	22	22	22	24	24	26	29						

Composición de grado y Química (%)

ASTM A53

Grade	C ≤	M ≤	P ≤	S ≤	Cu ≥	Ni ≤	Cr ≤	Mo ≤	V ≤
A	0.25	0.95	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
B	0.30	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08

A.9. Resistencias térmicas de los fluidos más comunes en la industria

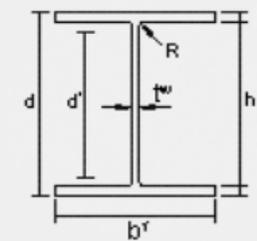
Tipo de fluido	$R_{t,f} \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right)$
Agua de mar < 325 K	0,0009
Agua de mar > 325 k	0,0003
Agua de alimentación a calderas	0,001
Agua de río	0,001 – 0,004
Agua condensado en ciclo cerrado	0,001
Agua de torre de refrigeración tratada	0,001 – 0,002
Gasóleo ligero	0,0020
Gasóleo pesado	0,0030
Gasolina	0,0010
Gas de combustión	0,005
Aceite para temple	0,0007
Gases de escape de un motor	0,0100
Aceite combustible	0,0050
Aceite para transformadores	0,0010
Aceites vegetales	0,0030
Vapor de agua y Vapores de alcohol	0,0001
Aire comprimido	0,0010
Líquido refrigerante	0,0010

A.10. Constantes físicas de materiales

| Constantes físicas de materiales

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Peso específico w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lbf/pulg ³	lbf/ft ³	kN/m ³
Abeto Douglas	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Acero al carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Acero inoxidable (18-8)	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0
Aleaciones de titanio	16.5	114.0	6.2	42.4	0.340	0.160	276	43.4
Aluminio (todas las aleaciones)	10.4	71.7	3.9	26.9	0.333	0.098	169	26.6
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Hierro fundido (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel metal	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Plata niquelada	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4

A.11. Características de diseño de las estructuras tipo I



d = altura
 b^r = largura da aba
 t^w = espessura da alma
 t^r = espessura da aba
 h = altura interna
 d' = altura livre da alma
 R = raio de concordância

PERFIL W

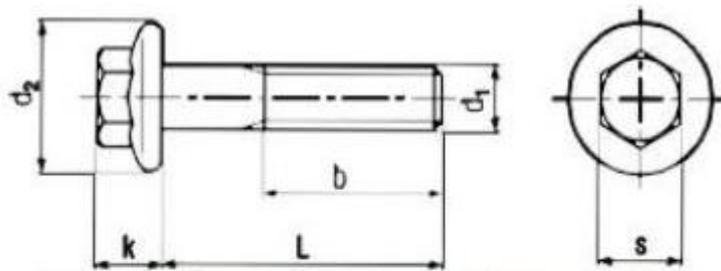
Designación del PERFIL mm x kg/m	Masa Nominal kg/m	Altura h mm	Ala b mm	ESPESOR		h' mm	d' mm	Sección Nominal cm ²									r _c cm	I _c cm ⁴	ABA - λ _y		C _w cm ⁶	u m ² /m	Designación del PERFIL mm x kg/m
				alma mm	ala t mm				I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	Z _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	Z _y cm ³			b _y / 2t _y	ALMA - λ _w d' / t _w			
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,22	25,5	2,60	1,72	10,20	27,49	4,181	0,67	W 150 x 13,0
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,32	38,5	2,69	4,34	7,18	20,48	6,683	0,69	W 150 x 18,0
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5	1.384	173,0	6,63	197,6	183	35,9	2,41	55,8	2,73	11,08	4,95	17,48	10,206	0,69	W 150 x 24,0
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1.305	130,5	8,20	147,9	87	17,4	2,12	27,3	2,55	2,05	9,62	39,44	8,222	0,77	W 200 x 15,0
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1.686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,14	35,9	2,59	4,02	7,85	29,31	11,098	0,79	W 200 x 19,3
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0	2.029	197,0	8,37	225,5	142	27,9	2,22	43,9	2,63	6,18	6,38	27,42	13,868	0,79	W 200 x 22,5
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2.611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,10	76,3	3,54	7,65	7,92	29,34	32,477	0,92	W 200 x 26,6
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3	3.168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,19	94,0	3,60	12,59	6,57	26,50	40,822	0,93	W 200 x 31,3
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2.291	182,6	9,96	211,0	91	18,1	1,99	28,8	2,48	2,54	9,53	45,92	13,735	0,88	W 250 x 17,9
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2.939	231,4	10,09	267,7	123	24,1	2,06	38,4	2,54	4,77	7,39	37,97	18,629	0,89	W 250 x 22,3
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3.473	270,2	10,31	311,1	149	29,3	2,14	46,4	2,58	7,06	6,07	36,10	22,955	0,89	W 250 x 25,3
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6	4.046	311,2	10,51	357,3	178	34,8	2,20	54,9	2,62	10,34	5,10	34,38	27,636	0,90	W 250 x 28,4
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4.937	382,7	10,83	428,5	473	64,8	3,35	99,7	3,86	10,44	8,02	36,03	73,104	1,07	W 250 x 32,7
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6	6.057	462,4	11,05	517,8	594	80,8	3,46	124,1	3,93	17,63	6,56	33,27	93,242	1,08	W 250 x 38,5
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6	7.158	538,2	11,15	606,3	704	95,1	3,50	146,4	3,96	27,14	5,69	28,95	112,398	1,09	W 250 x 44,8
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3.776	249,2	11,77	291,9	98	19,5	1,90	31,4	2,42	3,27	8,86	53,25	21,628	0,98	W 310 x 21,0
W 310 x 23,8	23,8	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	4.346	285,0	11,89	333,2	116	22,9	1,94	36,9	2,45	4,65	7,54	48,50	25,594	0,99	W 310 x 23,8
W 310 x 28,3	28,3	309	102	6,0	8,9	291	271	36,5	5.500	356,0	12,28	412,0	158	31,0	2,08	49,4	2,55	8,14	5,73	45,20	35,441	1,00	W 310 x 28,3
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1	6.570	419,8	12,49	485,3	192	37,6	2,13	59,8	2,58	12,91	4,72	41,12	43,612	1,00	W 310 x 32,7
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	8.581	553,6	13,14	615,4	727	88,1	3,82	134,9	4,38	13,20	8,51	46,66	163,728	1,25	W 310 x 38,7
W 310 x 44,5	44,5	313	166	6,6	11,2	291	271	57,2	9.997	638,8	13,22	712,8	855	103,0	3,87	158,0	4,41	19,90	7,41	41,00	194,433	1,26	W 310 x 44,5
W 310 x 52,0	52,0	317	167	7,6	13,2	291	271	67,0	11.909	751,4	13,33	842,5	1.026	122,9	3,91	188,8	4,45	31,81	6,33	35,61	236,422	1,27	W 310 x 52,0

W 360 x 32,9	32,9	349	127	5,8	8,5	332	308	42,1	8.358	479,0	14,09	547,6	291	45,9	2,63	72,0	3,20	9,15	7,47	53,10	84.111	1,17	W 360 x 32,9
W 360 x 39,0	39,0	353	128	6,5	10,7	332	308	50,2	10.331	585,3	14,35	667,7	375	58,6	2,73	91,9	3,27	15,83	5,98	47,32	109.551	1,18	W 360 x 39,0
W 360 x 44,0	44,0	352	171	6,9	9,8	332	308	57,7	12.258	696,5	14,58	784,3	818	95,7	3,77	148,0	4,43	16,70	8,72	44,70	239.091	1,35	W 360 x 44,0
W 360 x 51,0	51,0	355	171	7,2	11,6	332	308	64,8	14.222	801,2	14,81	899,5	968	113,3	3,87	174,7	4,49	24,65	7,37	42,75	284.994	1,36	W 360 x 51,0
W 360 x 57,8	57,8	358	172	7,9	13,1	332	308	72,5	16.143	901,8	14,92	1.014,8	1.113	129,4	3,92	199,8	4,53	34,45	6,56	38,96	330.394	1,37	W 360 x 57,8
W 360 x 64,0	64,0	347	203	7,7	13,5	320	288	81,7	17.890	1.031,1	14,80	1.145,5	1.885	185,7	4,80	284,5	5,44	44,57	7,52	37,40	523.362	1,46	W 360 x 64,0
W 360 x 72,0	72,0	350	204	8,6	15,1	320	288	91,3	20.169	1.152,5	14,86	1.285,9	2.140	209,8	4,84	321,8	5,47	61,18	6,75	33,47	599.082	1,47	W 360 x 72,0
W 360 x 79,0	79,0	354	205	9,4	16,8	320	288	101,2	22.713	1.283,2	14,98	1.437,0	2.416	235,7	4,89	361,9	5,51	82,41	6,10	30,68	685.701	1,48	W 360 x 79,0
W 410 x 38,8	38,8	399	140	6,4	8,8	381	357	50,3	12.777	640,5	15,94	736,8	404	57,7	2,83	90,9	3,49	11,69	7,95	55,84	153.190	1,32	W 410 x 38,8
W 410 x 46,1	46,1	403	140	7,0	11,2	381	357	59,2	15.690	778,7	16,27	891,1	514	73,4	2,95	115,2	3,55	20,06	6,25	50,94	196.571	1,33	W 410 x 46,1
W 410 x 53,0	53,0	403	177	7,5	10,9	381	357	68,4	18.734	929,7	16,55	1.052,2	1.009	114,0	3,84	176,9	4,56	23,38	8,12	47,63	387.194	1,48	W 410 x 53,0
W 410 x 60,0	60,0	407	178	7,7	12,8	381	357	76,2	21.707	1.066,7	16,88	1.201,5	1.205	135,4	3,98	209,2	4,65	33,78	6,95	46,42	467.404	1,49	W 410 x 60,0
W 410 x 67,0	67,0	410	179	8,8	14,4	381	357	86,3	24.678	1.203,8	16,91	1.362,7	1.379	154,1	4,00	239,0	4,67	48,11	6,22	40,59	538.546	1,50	W 410 x 67,0
W 410 x 75,0	75,0	413	180	9,7	16,0	381	357	95,8	27.616	1.337,3	16,98	1.518,6	1.559	173,2	4,03	269,1	4,70	65,21	5,63	36,80	612.784	1,51	W 410 x 75,0
W 410 x 85,0	85,0	417	181	10,9	18,2	381	357	108,6	31.658	1.518,4	17,07	1.731,7	1.804	199,3	4,08	310,4	4,74	94,48	4,97	32,72	715.165	1,52	W 410 x 85,0
W 460 x 52,0	52,0	450	152	7,6	10,8	428	404	66,6	21.370	949,8	17,91	1.095,9	634	83,5	3,09	131,7	3,79	21,79	7,04	53,21	304.837	1,47	W 460 x 52,0
W 460 x 60,0	60,0	455	153	8,0	13,3	428	404	76,2	25.652	1.127,6	18,35	1.292,1	796	104,1	3,23	163,4	3,89	34,60	5,75	50,55	387.230	1,49	W 460 x 60,0
W 460 x 68,0	68,0	459	154	9,1	15,4	428	404	87,6	29.851	1.300,7	18,46	1.495,4	941	122,2	3,28	192,4	3,93	52,29	5,00	44,42	461.163	1,50	W 460 x 68,0
W 460 x 74,0	74,0	457	190	9,0	14,5	428	404	94,9	33.415	1.462,4	18,77	1.657,4	1.661	174,8	4,18	271,3	4,93	52,97	6,55	44,89	811.417	1,64	W 460 x 74,0
W 460 x 82,0	82,0	460	191	9,9	16,0	428	404	104,7	37.157	1.615,5	18,84	1.836,4	1.862	195,0	4,22	303,3	4,96	70,62	5,97	40,81	915.745	1,64	W 460 x 82,0
W 460 x 89,0	89,0	463	192	10,5	17,7	428	404	114,1	41.105	1.775,6	18,98	2.019,4	2.093	218,0	4,28	339,0	5,01	92,49	5,42	38,44	1.035.073	1,65	W 460 x 89,0
W 460 x 97,0	97,0	466	193	11,4	19,0	428	404	123,4	44.658	1.916,7	19,03	2.187,4	2.283	236,6	4,30	368,8	5,03	115,05	5,08	35,44	1.137.180	1,66	W 460 x 97,0
W 460 x 106,0	106,0	469	194	12,6	20,6	428	404	135,1	48.978	2.088,6	19,04	2.394,6	2.515	259,3	4,32	405,7	5,05	148,19	4,71	32,05	1.260.063	1,67	W 460 x 106,0
W 530 x 66,0	66,0	525	165	8,9	11,4	502	478	83,6	34.971	1.332,2	20,46	1.558,0	857	103,9	3,20	166,0	4,02	31,52	7,24	53,73	562.854	1,67	W 530 x 66,0
W 530 x 72,0	72,0	524	207	9,0	10,9	502	478	91,6	39.969	1.525,5	20,89	1.755,9	1.615	156,0	4,20	244,6	5,16	33,41	9,50	53,13	1.060.548	1,84	W 530 x 72,0
W 530 x 74,0	74,0	529	166	9,7	13,6	502	478	95,1	40.969	1.548,9	20,76	1.804,9	1.041	125,5	3,31	200,1	4,10	47,39	6,10	49,26	688.558	1,68	W 530 x 74,0
W 530 x 82,0	82,0	528	209	9,5	13,3	501	477	104,5	47.569	1.801,8	21,34	2.058,5	2.028	194,1	4,41	302,7	5,31	51,23	7,86	50,25	1.340.255	1,85	W 530 x 82,0
W 530 x 85,0	85,0	535	166	10,3	16,5	502	478	107,7	48.453	1.811,3	21,21	2.099,8	1.263	152,2	3,42	241,6	4,17	72,93	5,03	46,41	845.463	1,69	W 530 x 85,0
W 530 x 92,0	92,0	533	209	10,2	15,6	502	478	117,6	55.157	2.069,7	21,65	2.359,8	2.379	227,6	4,50	354,7	5,36	75,50	6,70	46,84	1.588.565	1,86	W 530 x 92,0
W 530 x 101,0	101,0	537	210	10,9	17,4	502	470	130,0	62.198	2.316,5	21,87	2.640,4	2.693	256,5	4,55	400,6	5,40	106,04	6,03	43,14	1.812.734	1,86	W 530 x 101,0
W 530 x 109,0	109,0	539	211	11,6	18,8	501	469	139,7	67.226	2.494,5	21,94	2.847,0	2.952	279,8	4,60	437,4	5,44	131,38	5,61	40,47	1.991.291	1,87	W 530 x 109,0
W 610 x 101,0	101,0	603	228	10,5	14,9	573	541	130,3	77.003	2.554,0	24,31	2.922,7	2.951	258,8	4,76	405,0	5,76	81,68	7,65	51,54	2.544.966	2,07	W 610 x 101,0
W 610 x 113,0	113,0	608	228	11,2	17,3	573	541	145,3	88.196	2.901,2	24,64	3.312,9	3.426	300,5	4,86	469,7	5,82	116,50	6,59	48,34	2.981.078	2,08	W 610 x 113,0
W 610 x 125,0	125,0	612	229	11,9	19,6	573	541	160,1	99.184	3.241,3	24,89	3.697,3	3.933	343,5	4,96	536,3	5,89	159,50	5,84	45,45	3.441.766	2,09	W 610 x 125,0
W 610 x 140,0	140,0	617	230	13,1	22,2	573	541	179,3	112.619	3.650,5	25,06	4.173,1	4.515	392,6	5,02	614,0	5,94	225,01	5,18	41,27	3.981.687	2,10	W 610 x 140,0
W 610 x 155,0	155,0	611	324	12,7	19,0	573	541	198,1	129.583	4.241,7	25,58	4.749,1	10.783	665,6	7,38	1022,6	8,53	200,77	8,53	42,60	9.436.714	2,47	W 610 x 155,0
W 610 x 174,0	174,0	616	325	14,0	21,6	573	541	222,8	147.754	4.797,2	25,75	5.383,3	12.374	761,5	7,45	1171,1	8,58	286,88	7,52	38,63	10.915.665	2,48	W 610 x 174,0

A.12. Propiedades mecánicas de pernos de acero

MARCAS DE CLASES RESISTENCIA PERNOS DE ACERO (EN)									
CLASES DE RESISTENCIA Y MARCAS SODIPER	ESPECIFICACIÓN	MATERIAL	DIÁMETRO NOMINAL DEL PERNO	CARGA DE PRUEBA	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	CARGA DE PRUEBA	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	DUREZAS	
				PSI	KG/mm ²	MIN	MÁX		
 CLASE DE RESISTENCIA 5.8	ISO 898 PARTE 1	ACERO DE BAJO O MEDIANO CARBONO	DESDE M6 HASTA M38	54.000	71.000	38	50	B82	B99.5
 CLASE DE RESISTENCIA 8.8	ISO 898 PARTE 1	ACERO DE MEDIO CARBONO TEMPLADO Y REVENIDO	M6 HASTA M16	71.000	114.000	58	80	C22	C32
			SOBRE M16 HASTA M38	85.000	114.000	60	80	C23	C39
 CLASE DE RESISTENCIA 10.9	ISO 898 PARTE 1	ACERO ALEADO TEMPLADO Y REVENIDO	DESDE M6 HASTA M38	118.000	143.000	83	100	C32	C39
 CLASE DE RESISTENCIA 12.9	ISO 898 PARTE 1	ACERO ALEADO TEMPLADO Y REVENIDO	DESDE M6 HASTA M38	138.000	171.000	97	120	C39	C44

PSI : LIBRAS/PULGADAS CUADRADA
KG/mm² : KILOS POR MILÍMETRO CUADRADO



Diameter	M6	M8	M10	M12	M16
b	18	22	26	30	38
d ₂ max.	14	18	22.3	26.6	35
k max.	6.6	8.1	9.2	11.5	14
s max.	10	13	15	16	21

A.13. Esfuerzo de terrenos y concreto o hormigón de 22000 N/m³

Naturaleza	Esfuerzo admisible KPa
Roca dura solida	2400
Pizarra o roca mediana	960
Roca blanda	480
Arcilla dura o grava compacta	380
Arcilla blanda o arena suelta	100

A.14. Catalogo Spirax Sarco – Tanque de revaporizado.



Cert. No. LRQ 0983008

ISO 9001

spirax/sarco

TI-P404-03

AB Issue 5

Tanque de revaporizado Tipo FV

- Diseñado y construido según PD5500
- Cumple con la Normativa Europea de Equipos a Presión 97/23/EC
- Velocidad baja para producir vapor seco
- Suministrado con dossier de inspección
- Drenaje libre

Descripción

El tanque de revaporizado Spirax Sarco Tipo FV está diseñado y construido según PD 5500 'Recipientes a presión no fundidos'. De diseño de drenaje libre esencial en purga de calderas. Se entrega dossier de inspección con cada equipo.

Aplicaciones

Estos tanques son particularmente adecuados para los sistemas de recuperación de calor de las purgas de caldera donde la eficiente separación del revaporizado de la purga es esencial para prevenir la contaminación del tanque de alimentación de caldera y/ o las superficies de transferencia de calor. Igualmente adecuados para recuperar revaporizado de los condensados.

Tamaños y conexiones

FV6, 8, 12, 15 y 18

FV6 Roscadas BSP (BS21 cónica)

FV8 - 18 Bidas BS4504 PN16/roscadas BSP (BS21 cónica)

Bridas no estándar BS1560 Clase 150 ó 300, o roscadas NPT.

Condiciones límite

Condiciones máximas de diseño 14 bar r a 198°C (temperatura de saturación del vapor).

Prueba hidráulica de acuerdo con PD 5500.

Materiales

Plancha Acero al carbono BS 1501 161 430A o equivalente
de acero acabado con pintura plateada resistente al calor

Dimensiones/peso (aproximados) en mm y kg

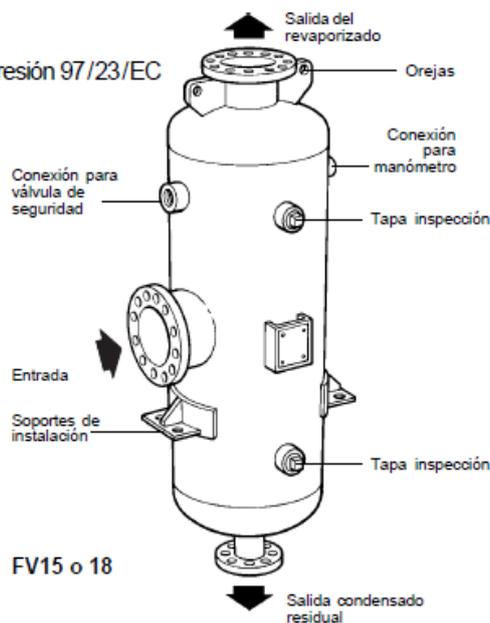
	FV6	FV8	FV12	FV15	FV18
A	168	229	305	381	457
B	104	215	250	290	330
C	350	350	380	485	505
D	600	600	630	735	755
E	1200	1275	1340	1470	1510
F	230	291	392	488	544
G	2"	DN80	DN100	DN150	DN150
H	2"	2"	2"	DN80	DN80
J	2"	DN80	DN100	DN150	DN150
K	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"
L	3/4"	1"	1 1/2"	1 1/2"	2"
M	2"	2"	2"	2"	2"
Peso	77	120	191	282	376

Como pasar pedido

Ejemplo: 1 - Tanque revaporizado Spirax Sarco FV6 roscado BSP según PD 5500, completo con dossier.

En beneficio del desarrollo y mejora del producto, nos reservamos el derecho de cambiar la especificación.

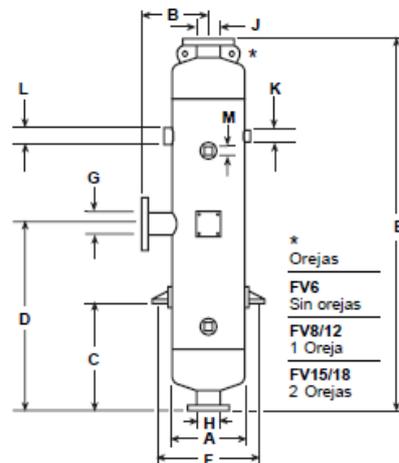
© Copyright 2003



FV15 o 18

Instalación

El tanque debe montarse con la salida del revaporizado en la parte superior y conectado como se ha dicho anteriormente. Cada tanque incorpora un orificio roscado a 3/8" para colocar manómetro. Es recomendable instalar un purgador de flotador para drenaje. Se entrega con orificio para válvula de seguridad aunque no tiene que ser del mismo tamaño que el orificio. El cálculo debe hacerse de acuerdo con el Reglamentos locales y nacionales.



* Orejas
FV6 Sin orejas
FV8/12 1 Oreja
FV15/18 2 Orejas

Dimensionado

Usar el gráfico para la selección del tamaño de tanque adecuado.

Es necesario conocer la presión en los purgadores o de la caldera en el caso de recuperación de calor, la presión del revaporizado (deseada o existente) y el caudal de condensado o purga.

Ejemplo 1: (Línea continua)

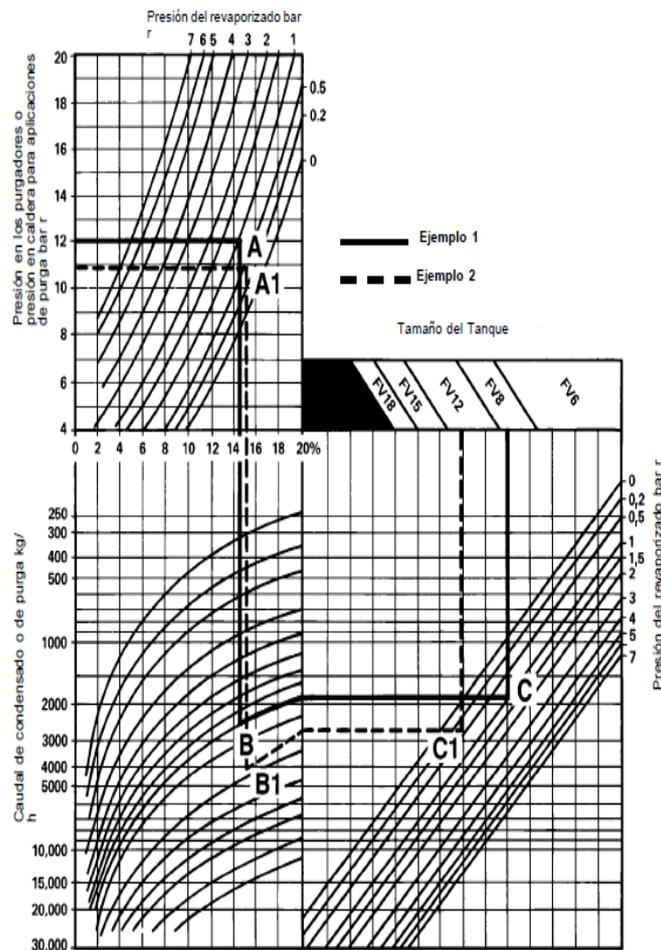
Una sala de calderas trabajando a 12 bar r tiene un caudal de purga de TDS de 2500 kg/h (3 calderas a 833 kg/h cada una). El revaporizado de la purga se añadirá a un sistema de baja presión de 1 bar r.

1. Desde la presión de caldera trazar una horizontal hasta la presión del revaporizado - **A**
2. Bajar verticalmente hasta el caudal de purga en kg/h - **B**
3. Seguir la curva hacia la derecha hasta cortar la línea de presión del revaporizado - **C**
4. Subir hasta el tamaño del tanque. En este caso el FV8.

Ejemplo 2: (Líneas de puntos)

Una planta trabaja con vapor a 11 bar y condensa 4000 kg/h de vapor. ¿Cuanto revaporizado puede recuperarse a 0,5 bar r?

1. Desde la presión en los purgadores trazar una horizontal hasta la presión del revaporizado - **A1**
2. Bajar verticalmente hasta el caudal de condensado en kg/h - **B1**
3. Seguir la curva hacia la derecha hasta cortar la línea de presión del revaporizado - **C1**
4. Subir hasta el tamaño del tanque. En este caso el **FV12**.





Cert. No. LRQ 0963008

ISO 9001

spirax/sarco

TI-P405-15
AB Issue 7

Purga de fondo de caldera ABV20

- Purga temporizada para evitar pérdidas de calor
- Para presiones de caldera hasta 17,25 bar
- Retorno por resorte para seguridad
- Actuador neumático de respuesta rápida

Descripción

El Spirax Sarco ABV 20 es una válvula de esfera con actuador neumático de retorno por resorte para purga de fondo de caldera. Usado conjuntamente con el temporizador Spirax Sarco, proporciona un control de la purga de fondo asegurando que los ciclos se producen con el mínimo de pérdidas de calor por duplicidad u omisión.

El actuador neumático (que puede ser actuado con gas no corrosivo), abre la válvula y mediante resorte retorna a la posición de cierre para asegurar el funcionamiento seguro.

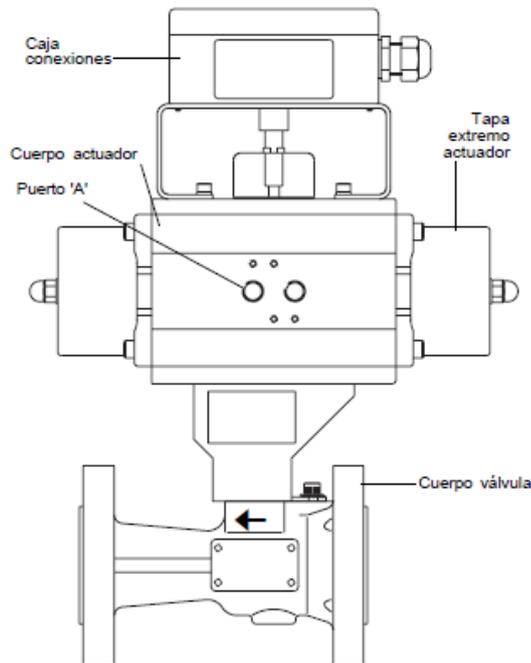
Una caja de conexiones está montada en el actuador y puede usarse para dar señal de posición abierta o cerrada de la válvula.

Nota: El temporizador BT 1000 usa solamente un interruptor para indicar la posición de 'válvula totalmente cerrada' o 'válvula no totalmente cerrada', y no indica la posición de que válvula esté totalmente abierta.

Se requiere electroválvula que puede montarse directamente en el actuador según NAMUR (VDI/VE 3845).

Puede instalarse la electroválvula Spirax Sarco MV. Alternativamente, el aire de actuación puede conectarse directamente al puerto 'A' (1/4" BSP), del actuador cuando es necesario instalar la electroválvula lejos del actuador.

Debe usarse una electroválvula de 1/4" BSP de 3 vías. En ABV 20 debe instalarse con el flujo en sentido de la flecha en el cuerpo.



Condiciones límite

Presión máxima de trabajo	17,25 bar r
Temperatura máxima de trabajo	208°C
Prueba hidráulica válvula	(PN40) 60 bar r (Clase 300) 78 bar r
Temperatura ambiente máxima (Electroválvula MV: 50°C)	80°C
Presión mínima aire actuación	BVA225S, 230S 6 bar r BVA220S 10 bar r
Rango interruptor LSB1	10 A 250 Vca
Protección	IP65

Datos técnicos

Tamaños disponibles	DN25, DN32*, DN40, DN50, DN65
Bridas conexión	BS 4504 PN40 o BS 1560 Clase 300*
Tiempo actuación (Carrera)	1 a 3 segundos
Medio actuación	Aire comprimido limpio Gas no corrosivo
DN25	BVA220S actuador 2 l/carrera
DN32, DN40 y DN50	BVA225S actuador 3,3 l/carrera
DN65	BVA230S actuador 4,8 l/carrera

*DN32 sólo disponible con bridas PN40
Consumo de aire (dm³/carrera = litros/carrera)

Materiales

Válvula

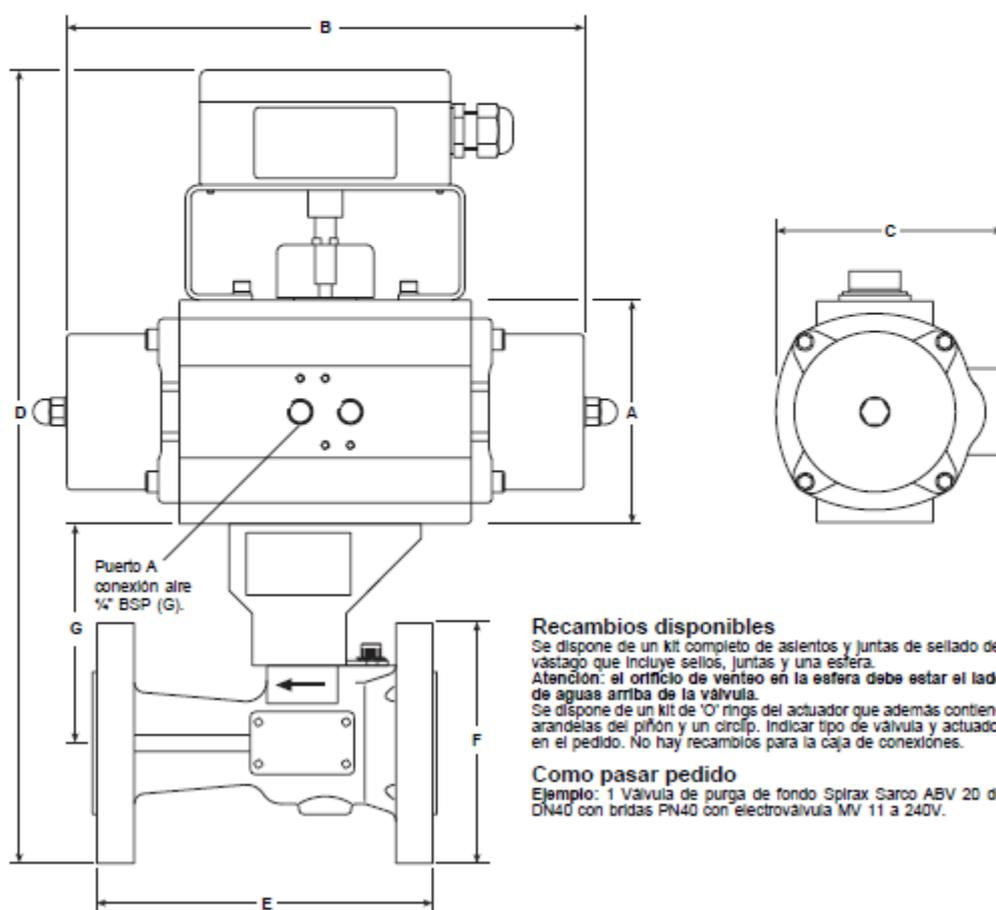
Cuerpo	Acero al carbono	ASTM A216 WCB
Asientos y sellos eje	PTFE reforzado con carbono	
Esfera	Acero inoxidable austenítico	AISI 316
Eje	Acero inoxidable martensítico	AISI 420
	Acero inoxidable austenítico	AISI 316

Actuador

Cuerpo, pistón y tapas	Aleación de aluminio	
Piñón	Acero al carbono	
'O' ring	Nitrilo	

Dimensiones / peso (aproximados) en mm y kg

Tamaño válvula	Tipo de brida	Tipo de actuador	A	B	C	D	E	F	G	Orificio	Peso
DN25	PN40	BVA220S	137	270	111	377	165	115	102	20,6	9,5
	Clase 300	BVA220S	137	270	111	381	165	124	102	20,6	9,5
DN32	PN40	BVA225S	146	297	121	401	178	140	105	23,0	12,5
DN40	PN40	BVA225S	146	297	121	419	190	150	118	31,0	15,0
	Clase 300	BVA225S	146	297	121	422	191	156	118	31,0	15,0
DN50	PN40	BVA225S	146	297	121	435	216	165	126	38,0	17,0
	Clase 300	BVA225S	146	297	121	435	216	165	126	38,0	17,0
DN65	PN40	BVA230S	165	332	135	476	241	185	138	50,8	26,0
	Clase 300	BVA230S	165	332	135	479	241	191	138	50,8	26,0



Recambios disponibles

Se dispone de un kit completo de asientos y juntas de sellado del vástago que incluye sellos, juntas y una esfera.
Atención: el orificio de venteo en la esfera debe estar el lado de aguas arriba de la válvula.
 Se dispone de un kit de 'O' rings del actuador que además contiene arandelas del piñón y un circlip. Indicar tipo de válvula y actuador en el pedido. No hay recambios para la caja de conexiones.

Como pasar pedido

Ejemplo: 1 Válvula de purga de fondo Spirax Sarco ABV 20 de DN40 con bridas PN40 con electroválvula MV 11 a 240V.



spirax/sarco

TI-P405-17
AB Issue 4

Temporizador BT 1000

- Para control temporizado de purga de calderas
- Intervalos de purga y duración ajustables
- Tiempo entre purgas de varias calderas programable
- Verificación periódica del correcto funcionamiento de la válvula de purga
- Sin baterías – ajustes de purga y duración almacenados en memoria no volátil

Descripción

El Spirax Sarco BT 1000 es un temporizador de doble voltaje, diseñado para el control cíclico de los intervalos de purga de calderas de vapor y su duración.

Para instalaciones con varias calderas, pueden conectarse hasta nueve temporizadores, para prevenir que más de una caldera esté purgando al mismo tiempo, previniendo que la purga de varias calderas se produzca en sucesión rápida. Esta característica evita la posibilidad de sobrecarga en el tanque de purga o que el agua de enfriamiento sea descargada a alta temperatura. El temporizador puede conectarse a un interruptor en el actuador de la válvula para visualizar el funcionamiento de la válvula y conectar un relé de alarma si la válvula de purga falla cerrando durante un cierto periodo.

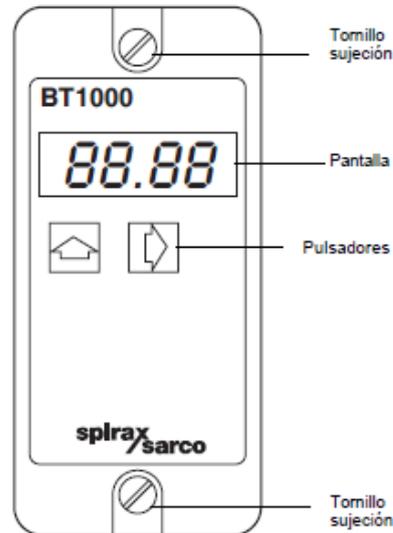
El BT 1000 puede ser utilizado para abrir una válvula con pequeño orificio, ej. una válvula solenoide como base de un control de TDS para situaciones donde un sistema de conductividad no es necesario o posible.

El temporizador tiene en el frontal cuatro LED y dos pulsadores para seleccionar las funciones y ajustar los parámetros. En funcionamiento normal la pantalla muestra normalmente el tiempo de la siguiente purga programada en horas y minutos con el punto decimal parpadeando en intervalos de dos segundos.

Puede montarse un interruptor llave externo en el panel de la caldera y conectado al lazo de la válvula de purga para la apertura y cierre manual. El BT 1000 puede también ser usado con un temporizador acumulativo que funciona únicamente cuando funciona el quemador de la caldera y así ser usado con calderas de funcionamiento intermitente, caso de calderas en stanby.

Este producto cumple con la Directiva de Compatibilidad Electromagnética 89/336/EEC al cumplir:

- Emisiones EN 61326: 1997 A1 y A2 equipos Clase B Tabla 4.
- Inmunidad industrial EN 61326: 1997 A1 y A2 equipos Clase A Tabla 1.



Datos técnicos

El voltaje de alimentación se selecciona al instalar

Voltaje de alimentación	posición 230 V	198 - 264V
	posición 115 V	99 - 132 V
Frecuencia	50 - 60 Hz	
Fusible	cartucho de 20 mm , 100 mA (T)	
Consumo máximo	6 VA	
Tiempo entre purgas	0 - 99 horas	
Precisión (típica)	5 segundos/día	
Tiempo de cada purga	Purga principal	0 - 99 seconds
	Purgas de pequeño Ø	0 - 0,99 horas
	Tiempo de pausa (Intervalo mínimo entre purgas para diferentes calderas)	0 - 9,9 horas

Atención: Los relés deben protegerse con fusibles externos de 3 A

Materiales

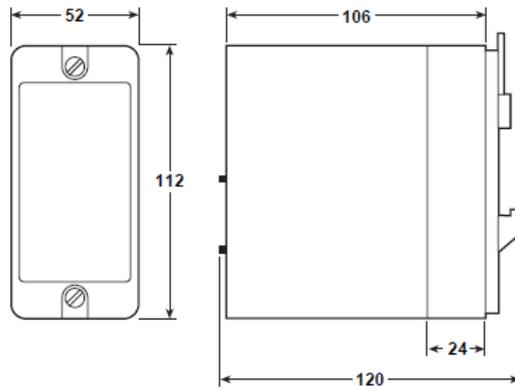
Placa base y Clip de montaje	NORYL SE1 GFN 2
Tapa y Placa intermedia	R - ABS 90.00

Condiciones límite

Protección	IP40
Temperatura ambiente máxima	55°C
Temperatura ambiente mínima	0°C
Longitud máxima cable (controlador a sonda)	100 m

Dimensiones/peso (aproximados) en mm y g

Peso 500

**Información de seguridad, instalación y mantenimiento**

Este documento no contiene suficiente información para la instalación de este equipo. Ver las Instrucciones de Instalación y Mantenimiento que acompañan al equipo que proporcionan toda la información relacionada con el cableado, puesta en marcha e instrucciones de funcionamiento.

ATENCIÓN: Prestar atención a la información sobre Seguridad indicada en el folleto IM-GCM-10, así como a las normas locales sobre purga de calderas.

Atención especial a los peligros de trabajar en calderas paradas cuando otras calderas están funcionando.

Atención:

Aislar la corriente eléctrica antes de desconectar el controlador ya que quedarán al descubierto cables con tensión en la base del controlador.

Nota de instalación:

El controlador debe instalarse en un armario o panel de control protegido del ambiente. El controlador puede montarse en Rail DIN mediante los clips que se suministran o roscarse directamente a una placa.

Características

Temporizador programable con pantalla digital, alarma de mal funcionamiento de la válvula y capacidad de conexión con otros temporizadores.

Como pasar pedido

Ejemplo: 1 - Temporizador Spirax Sarco BT 1000



Cert. No. LRQ 0983008

ISO 9001

spirax/sarco

TI-P137-18

ST Issue 1

Válvulas de interrupción con fuelle BSA y BSAT

Descripción

Una gama de válvulas de interrupción con fuelle con bridas PN16, PN25 y PN40 para usar en sistemas de vapor, gas, líquidos, condensado y agua. Nota: Para ciertas aplicaciones se dispone de obturadores con cono de regulación, asiento blando (hasta DN100) y discos de equilibrio (DN125 y superior).

Opciones disponibles:

Material y tipo	Cierre de válvula					Fuelle	
	Obturador plano estándar	Obturador cono regulación	Obturador disco equilibrado	Obturador asiento blando R-PTFE	Obturador asiento blando R-PTFE	Simple pliegue	Doble pliegue
Hierro fundido							
BSA1	•					•	
BSA1T		•					•
BSA1 RPTFE				•		•	
BSA1T RPTFE					•		•
BSA1B/D			•				•
Fund. Nodular							
BSA2	PN16	•				•	
	PN25	•†					•
BSA2T	PN16		•				•
	PN25		•				•
BSA2 RPTFE	PN16			•		•	
	PN25				•		•
BSA2B/D			•				•
Acero							
BSA3	•†						•
BSA3T		•					•
BSA3 RPTFE				•			•
BSA3T RPTFE					•		•
BSA3B/D			•				•

† Solo DN125 y superior.

Normas Este producto cumple con la Directiva Europea de Equipos a Presión 97/23/EC y los productos llevan la marca CE cuando lo precisan.

Certificados Las BSA1 y BSA1T están disponibles con certificado EN 10204 2.2. Las BSA2, BSA2T, BSA3 y BSA3T están disponibles con certificado EN 10204 3.1.B. Nota: Los certificados y requerimientos de inspección se han de solicitar con el pedido.

Tamaños y conexiones

BSA1 y BSA1T

DN15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150 y 200
Bridas EN 1092 / ISO 7005 PN16 y JIS B 2210 / KS B 1511 10K
Distancia entre caras - EN 558

BSA2 y BSA2T

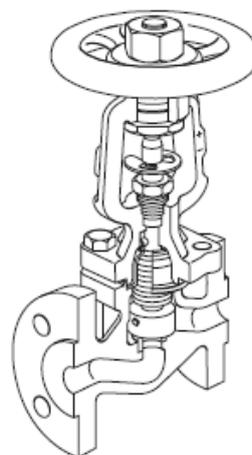
DN15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200 y 250* (*solo PN25)
Bridas EN 1092 / ISO 7005 PN16 y PN25
Distancia entre caras - EN 558

BSA3 y BSA3T (DIN)

DN15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150 y 200
Bridas EN 1092 / ISO 7005 PN40 (DN15 - DN150)
Bridas EN 1092 / ISO 7005 PN25 (DN200)
Distancia entre caras - EN 558

BSA3 y BSA3T (ANSI)

Tamaños 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 3", 4", 6" y 8" (*solo ANSI 300)
Bridas ANSI B 16.5 / BS 1560 Clase 150 y 300 y JIS B 2210 / KS B 1511 20K
Distancia entre caras - ANSI B 16.10



BSA

Pérdida del asiento

Pérdida entre disco y asiento según DIN 3230 tasa de pérdida BO1 y ISO 5208 Rate A. Pérdida entre disco y asiento para BSA3 (ANSI) según API 598.

Valores K_V para las BSA1, BSA2 y BSA3

Tamaño	DN15 (½")	DN20 (¾")	DN25 (1")	DN32 (1¼")	DN40 (1½")	DN50 (2")	DN65 (2½")	DN80 (3")	DN100 (4")	DN125 (5")	DN150 (6")	DN200 (8")	DN250 (10")
K_V	4	7	12	19	30	47	77	120	193	288	410	725	1 145

Para conversión: C_V (UK) = $K_V \times 0,97$ C_V (US) = $K_V \times 1,17$

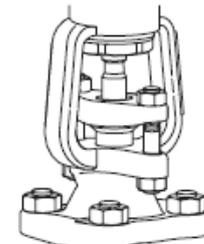
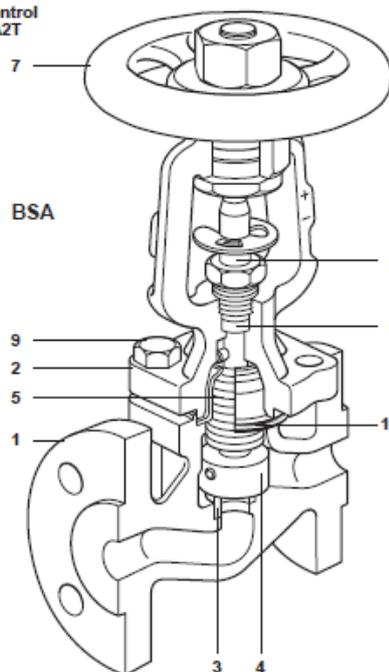
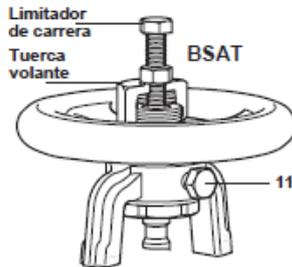
Nota: Para valores K_V y valores de curva característica e la BSA1T, BSA2T y BSA3T ver TI-P137-19.

Materiales

No. Parte	BSA1 y BSA1T	BSA2 y BSA2T	BSA3 y BSA3T (DIN)	BSA3 y BSA3T (ANSI)
1 Cuerpo	Hierro fundido DIN 1691 GG 25	Fundición nodular DIN 1693 GGG 40.3	Acero 1.0619 (GSC 25N)	Acero ASTM A 216 WCB
2 Cabezal	Fundición nodular DIN 1693 GGG 40.3		Acero (DN15 - DN80) DIN 17243 C 22.8 Acero (DN100 - DN200) 1.0619 (GSC 25N)	Acero forjado (DN15 - DN80) ASTM A 105 Acero forjado (DN100 - DN200) ASTM A 216 WCB
3 Asiento	Acero Inoxidable AISI 420			
Metal	Acero Inoxidable DIN 17440 X30 Cr13			
4 Disco Asiento	Acero Inoxidable DIN 17440 X30 Cr13			
Blando Inserto	R-PTFE 25% carga de carbono			
5 Fuelle	Acero Inoxidable DIN 17440 X8 Cr Ni Ti 1810			
6 Vástago	Acero Inoxidable AISI 420			
7 Volante	Acero BS 1449 CR4			
8 Empaquetadura	Grafito			
Esparragos	-	Acero DIN 17420 24 Cr Mo 5	-	Acero ASTM A 193 B7
9 Tuercas	-	Acero DIN 17420 Ck 35	-	Acero ASTM A 192 2 H
10 Tornillos	Acero DIN 931 Gr. 5.6	-	-	-
10 Junta cuerpo / cabezal	Espirometálica con grafito			
Tornillo bloqueo (BSAT)	DN15 - DN80	Acero M8 x 14 mm	BS 3692 Gr. 8.8	
	DN100 - DN150	Acero M8 x 20 mm	BS 3692 Gr. 8.8	
	DN200 - DN250	Acero M12 x 20 mm	BS 3692 Gr. 8.8	

Limitador de carrera para versiones de control
La tuerca del volante en la BSA1T, BSA2T
y BSA3T tiene un orificio roscado para
montar un limitador de carrera.
Se requerirán los siguientes tornillos y
tuercas estándar.

Tamaño	Tuerca hexagonal
DN15 - DN80	M8 x 50 mm
DN100 - DN150	M12 x 75 mm
DN200 - DN250	M12 x 100 mm



Conjunto prensaestopas con bridas
Opcional (solo BSA3 ANSI ½" - 4")



Conjunto disco equilibrado Opcional
25 bar ΔP DN125
Usar por 17 bar ΔP DN150 8"
encima de 10 bar ΔP DN200 8"
6 bar ΔP DN250 (solo BSA2)



Opción de disco de asiento blando



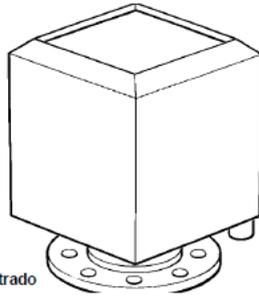
Cert. No. LRQ 0963008

ISO 9001

spirax/sarco

TI-P405-10
AB Issue 2

Casquete de venteo VH



Aireador tipo
VH 3 — VH 12 mostrado

- Separación eficiente
- Reduce ruidos y la velocidad de descarga
- De acero inoxidable, sin partes móviles sin mantenimiento y larga vida
- Aireador simple y efectivo para aplicaciones en general

Descripción

Los aireadores Spirax Sarco tipo VH están diseñados para montaje vertical en el extremo de tuberías de venteo de vapor. El aireador descarga el vapor húmedo a baja velocidad y de forma segura a la atmósfera, protegiendo al personal y a los edificios de daños. El aireador incorpora un deflector interno para separar el agua del vapor y descargarla a través de la conexión de drenaje.

Aplicaciones

Adecuados para tanques de purga, tanques de condensado, tanques de alimentación de caldera, tanques de almacenamiento de agua caliente, etc.

Atención: No se recomiendan a la salida de válvulas de seguridad.

Tipos disponibles

Tipo de aireador	Rosca entrada	Rosca drenaje
VH2S	2" BSP/NPT	¾" BSP/NPT
VH3S	3" BSP/NPT	¾" BSP/NPT

Tipo de aireador	Brida entrada a convenir	Rosca drenaje
VH3	BS 4504, PN16	¾" BSP/NPT
	BS 1560, Class 150	¾" BSP/NPT
VH4 and VH6	BS 4504, PN16	1" BSP/NPT
	BS 1560, Class 150	1" NPT
VH8 and VH10	BS 4504, PN16	1½" BSP/NPT
	BS 1560, Class 150	1½" NPT
VH12	BS 4504, PN16	2" BSP/NPT
	BS 1560, Class 150	2" NPT

Instalación y mantenimiento

La instalación de los aireadores con rosca o bridas es muy sencilla. Los aireadores con bridas llevan una brida ligera con agujeros para adaptarse a la brida especificada. La brida de fácil rotación permite que se coloque en la posición del drenaje. El drenaje debe ser conducido a un lugar seguro donde no se descargue agua demasiado caliente a desagüe.

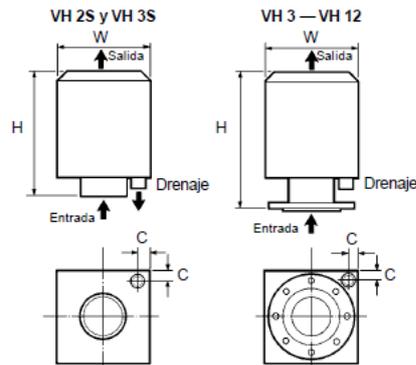
Recomendamos una inspección anual para asegurar que no hay obstrucciones en la salida y el drenaje.

Cómo especificar

Aireador VH de Spirax Sarco de acero inoxidable con rosca o bridas de acero. Los aireadores incorporan un deflector interno y una conexión roscada para drenaje.

Como pasar pedido

1 — Aireador Spirax Sarco Tipo VH4 bridas BS4504 PN16, drenaje BSP



Materiales

Cuerpo: Acero inoxidable austenítico
Bridas: Acero zincado y cromado.

Dimensiones / Pesos (aproximadas) en milímetros y Kg

Tipo	VH 2S	VH 3S	VH 3	VH 4	VH 6	VH 8	VH10	VH12
Entrada mm	50mm	80mm	80mm	100mm	150mm	200mm	250mm	300mm
Drenaje	¾" BSP	¾" BSP	¾" BSP	1" BSP	1" BSP	1½" BSP	1½" BSP	2" BSP
Dimensión H mm	210	270	305	320	390	430	495	570
Dimensión W mm	152	202	218	240	340	425	525	625
Peso	2,0	2,5	5,5	6,0	13,0	20,0	28,0	35,0



Manómetro con sifón y válvula

Tipos disponibles

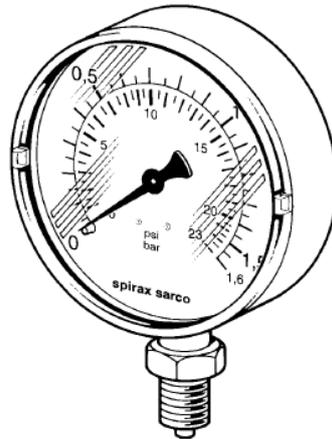
Manómetro de 100 mm de diámetro con escala en bar.
Puede suministrarse con:-
Sifón tipo R o tipo U con válvula. Construido de acuerdo con la normativa DIN 16005.

Tamaños y conexiones

Manómetro:	3/8" BSP macho (BS 2779)
Válvula:	Lado manóm. 3/8" BSP hembra (BS 2779)
	Lado sifón 3/8" BSP hembra (BS 21)
Sifón R o U:	Lado válvula 3/8" BSP macho (BS 21)
	Lado proceso 3/8" macho (BS 21)

Condiciones límite

Condiciones máximas de diseño PN25
Temperatura máxima de diseño 217°C
(Deben montarse con sifón tipo R o U para alcanzar estas condiciones).
Rango 6 (0-25 bar r), con vapor o aire comprimido limitado a 21 bar r (BS 1387). Temperatura máxima servicio, si no se monta sifón, de 60°C. Para aplicaciones por encima de 60°C debe montarse tubo sifón.
El rango de protección es IP3 y debe mantenerse en un ambiente seco y protegido de la intemperie.



Rangos de presión

Rango	bar	psi
1	0 - 1,6	0 - 23
2	0 - 4	0 - 53
3	0 - 6	0 - 86
4	0 - 10	0 - 145
5	0 - 16	0 - 230
6	0 - 25	0 - 360

Materiales

Caja	Acero esmaltado
Manómetro	Cristál Perspex
	Tubo Bourdon CuSh 8 (92 % Cu 8 % Zn)
Sifón tipo R o U	Tubo de acero BS 1387
Válvula	Cuerpo Latón
	Asa Fenólico

Certificados

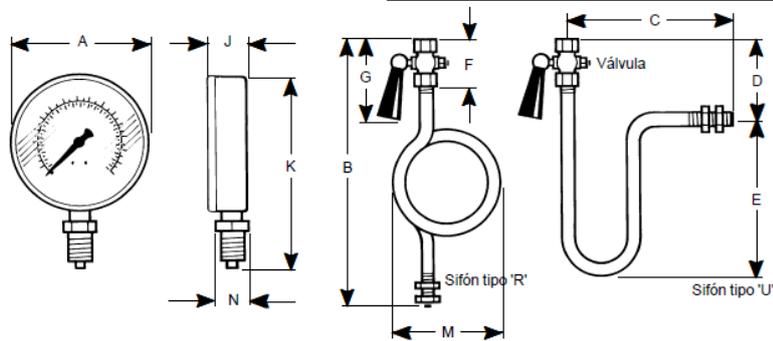
Este producto dispone de certificados de conformidad y pruebas. Se dispone de un certificado de calibración, bajo pedido y con un coste adicional.

Dimensiones / Peso (aproximados) en milímetros y kg

Manómetro				
A	J	K	N	Peso
100	29	137	22 E/C	0,43

Sifón R				
B	F	G	M	Peso Sifón / Válvula
321	35	80	116	0,94 / 0,21

Sifón U				
C	D	E	Peso Sifón / Válvula	
167,5	61,5	136,5	0,59 / 0,21	



Instalación

Al igual que con los demás instrumentos, el manómetro Spirax Sarco es un equipo de medición delicado y se han de tomar las precauciones necesarias durante su instalación y uso para que permanezca fiable. Se recomienda que se monten válvulas en todos los manómetros para facilitar la calibración y mantenimiento. Cuando se utilice con vapor u otros gases calientes, los manómetros **deben** estar protegidos del calor por un sifón en 'U' o 'R' y una válvula. El sifón debe llenarse con agua antes de montar el manómetro. Si la instalación está expuesta a heladas, el manómetro puede reventar.

Los manómetros deben estar protegidos adecuadamente contra vibraciones o cambios bruscos de presión.

La válvula de Spirax Sarco tiene diferentes roscas en cada extremo, la que está marcada con una 'G' es para el manómetro y se ha de usar la junta que se suministra. Apretar el manómetro usando una llave fija de 22 mm E/C y girando la carcasa del manómetro. Durante el uso normal, los manómetros no han de sobrepasar el 75 % de la lectura máxima de la escala.

Mantenimiento y recalibración

El manómetro Spirax Sarco no tiene recambios, el único trabajo de mantenimiento que requiere es la limpieza del cristal y recalibrado.

No usar disolventes para limpiar el cristal.

Nota: Las válvulas del manómetro **deben** abrirse y cerrarse suavemente para evitar shocks de presión en los manómetros.

Para recalibrar, se puede retirar el cristal usando un destornillador plano estrecho colocado en las ranuras del borde del cristal. La aguja se podrá sacar del eje y colocar, presionando suavemente, en la lectura correcta. Después de la calibración, presionar suavemente el cristal de nuevo en su posición. Volver a montar el manómetro en el sistema.

Seguridad

Presión

Antes de efectuar cualquier mantenimiento en el manómetro, considerar que hay o ha pasado por la tubería. Aislar (usando válvulas de aislamiento independientes) y dejar que la presión se normalice y dejar enfriar antes de abrir. Esto se puede conseguir fácilmente montando una válvula de despresurización Spirax Sarco tipo DV. No asumir que el sistema está despresurizado aunque el manómetro de presión indique cero.

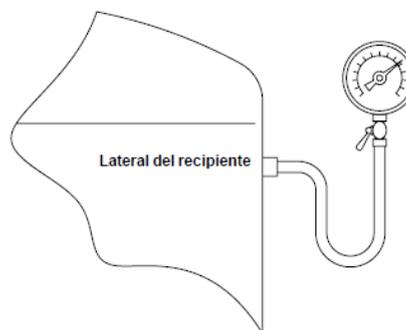
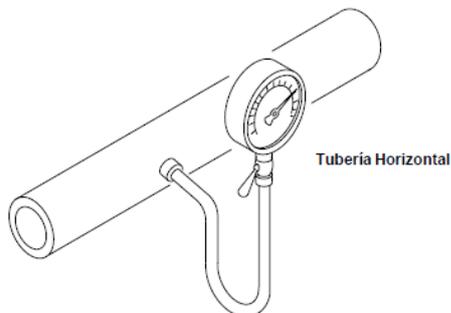
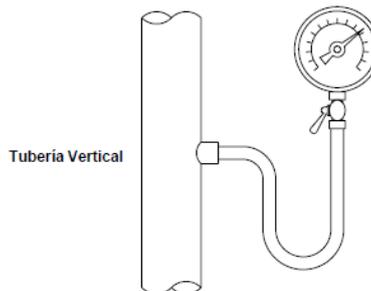
Temperatura

Dejar que se normalice la temperatura después de aislar para evitar quemaduras y considerar si se requiere usar algún tipo de protección (por ejemplo gafas protectoras).

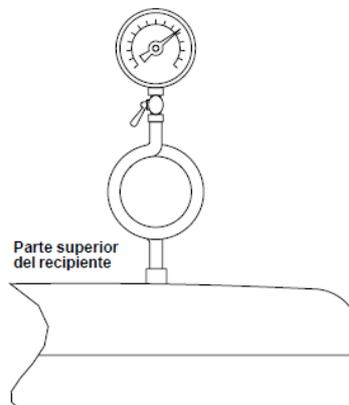
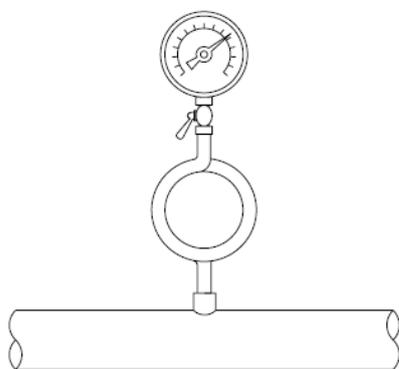
Eliminación

El eliminador es totalmente reciclable. No es perjudicial con el medio ambiente si se elimina con las precauciones adecuadas.

Aplicaciones típicas de un manómetro y sifón tipo 'U'



Aplicaciones típicas de un manómetro y sifón tipo 'R'



M70i and M80i

Sanitary ball valves for high purity applications



The range at a glance

Sanitary ball valve model*	Body material	Valve size	FDA and USP class VI seals	Lockable handle	Surface finish
M70i	Forged 316L	1/2" to 2" (2 1/2" to 4" available to special order)	As standard	As standard	Standard Mechanically polished to 0.5 micron Ra (20 micro-Inch) Optional Electropolished to 0.375 micron Ra (15 micro-Inch)
M80i	Investment cast 316L	2 1/2" to 4"	As standard	As standard	Standard Electropolished to 0.375 micron Ra (15 micro-Inch)

* **Actuation note:** Spirax Sarco's type BVA200 series pneumatic actuators and LSB type limit switches can be supplied fitted to the M70i and M80i where actuation is required. Contact Spirax Sarco for further details.

Filtro/Regulador de alta eficiencia para aire comprimido Spirax-Monnier MPC2

- Unidad compacta filtro/regulador de alto rendimiento en la eliminación de aceite.
- Eficiencia:- Superior al 99,99% según normas BS 3928, BS 4400 y D.O.P.
- Remanente de aceite a 21°C-inferior a 0,01mg/m³.
- 100% eliminación de agua a temperatura de la línea.
- Campana de policarbonato BS 6005
- Opciones: campana metálica / tapa seguridad
- Protector de campana opcional
- Campana de policarbonato con o sin drenaje manual.

Descripción

El filtro/regulador Spirax-Monnier de alta eficiencia, proporciona aire de alta calidad, con un control de presión preciso y descarga automática, adecuado para Actuadores Neumáticos y sistemas neumáticos generales.

Opciones

Las siguientes opciones están disponibles sin coste adicional, especificar al pasar pedido:

- Resorte de ajuste alternativo.
- Campana sin drenaje.

Tamaños y conexiones

Rosca 1/4" BSP (BS 21-Rp, ISO 7)

Extras opcionales (Ver TI-P054-05, incluye recambios)

- Tapa seguridad
- Junta bloqueo
- Soporte y aro de montaje
- Manómetro
- Campana metálica
- Protector campana metálica

Límites de operación

Temperatura máxima	50°C
Presión máxima	10 bar r
Caudal máximo	ver gráfico de rendimiento en TI-P054-05

Gama de presiones:

Todos los reguladores pueden ajustarse para presión cero o por encima de las cifras indicadas.

0,2 - 2,0 bar r	0,3 - 4,0 bar r	0,7 - 9,0 bar r
-----------------	-----------------	-----------------

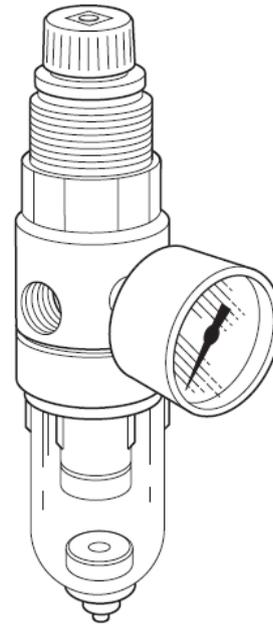
Materiales

Parte	Material
Cuerpo	Aluminio (acabado Epoxy)
Campana	Policarbonato
Cabezal	Policarbonato
Elemento filtrante	MicroFibras/Acero inoxidable
Válvula	Nitrilo

Como pasar pedido

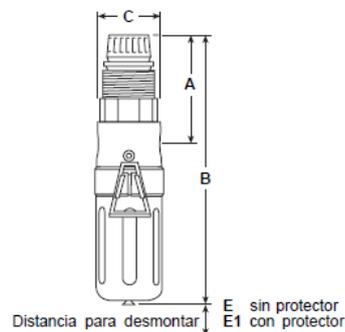
Indicar cantidad, tamaño y tipo. El filtro/regulador se suministra para regulación de 0,7 a 9 bar.

Ejemplo: 1 filtro/regulador para aire comprimido de alta eficiencia Spirax-Monnier MPC2 de 1/4" con resorte de control de 0,3 - 4,0 bar r.



Dimensiones / peso (aproximados) en mm y kg

Tamaño	A	B	C	E	E1	Peso
1/4"	65	155	41	25	45	0,2



¿Dónde emplear el MPC2?

El MPC2 se usa para proporcionar aire comprimido de alta calidad. Hay un número importante de aplicaciones donde se requiere aire comprimido de muy alta calidad. Ejemplos típicos son los rodamientos de máquinas neumáticas, equipos de calibración, suministro a instrumentos, aire de respiración, sistemas de fluidos, posicionadores neumáticos etc.

Eficiencia del MPC2

Los filtros de alta eficiencia Spirax-Monnier han sido verificados según BS 3928 o D.O.P. con una eficiencia mayor del 99,999%. En el test de llama de sodio (BS 3928) el elemento es traspasado por una nube de partículas de masa inferior a 0,6 micron. En el test del American D.O.P., con una nube de partículas de masa inferior a 0,3 micron.

Funcionamiento

Estas unidades filtran las partículas sólidas y coalescen los líquidos y aerosoles.

El aire es conducido al interior del cartucho filtrante que está formado por un laberinto de microfibras que retienen las partículas sólidas de tamaño inferior a la micra. Las partículas de líquido y aerosoles en su paso a través del elemento, chocan entre ellas y con las fibras, quedando retenidas y aumentando su tamaño (coalescen). El recubrimiento especial de plástico poroso facilita el desarrollo del tamaño de las gotas provocando su caída por gravedad al fondo del vaso, de donde son eliminadas de forma automática o manual. El recubrimiento de plástico reduce la posibilidad de retornar al circuito primario.

Con el volante de ajuste (1) girado en sentido contrario a las agujas del reloj, el resorte de la válvula (13) mantiene la válvula (8) cerrada. Girando el volante de ajuste en el sentido de las agujas del reloj, se comprime el resorte de control (11), el conjunto diafragma (10) es empujado abriendo la válvula principal (8). Así que el aire fluye hacia el lado de salida (9) del filtro/regulador, la presión del secundario aumenta. La presión del secundario aumenta en la parte inferior del diafragma. Así como la presión controlada varía, también varía la fuerza bajo el diafragma. Cuando esta fuerza (proporcional a la presión de salida) se iguala con la presión del resorte de control, la válvula principal cierra. Cualquier disminución de la presión de salida produce la apertura de la válvula principal para mantener la presión del secundario.

Cualquier aumento de la presión del secundario por encima del valor de ajuste hace que el diafragma y empujador (12) se eleven. Esto permite al aire escapar a través del centro del empujador hacia la atmósfera. Cuando el exceso de presión ha sido eliminado, el orificio del empujador se cierra.

Asegurarse que la campana se drene periódicamente mediante la válvula de acción rápida (16).

Seguridad

Las campanas de policarbonato son atacadas por disolventes orgánicos, tetracloruro de carbono, éster fosfatados y otros. Algunos aceites lubricantes para compresores contienen aditivos no compatibles con el policarbonato. En caso de duda se recomienda el uso de campana de metal o protector metálico.

Instalación

Montarlo en una tubería horizontal con la flecha en el sentido del flujo y con la campana hacia abajo, tan cerca como sea posible del equipo. Es recomendable instalar un manómetro en la conexión de $\frac{1}{8}$ " del propio regulador para indicar la presión de salida. Si no se usase esta conexión para el manómetro, se debe tapar con el tapón que se suministra.

Puntos a tomar en cuenta:

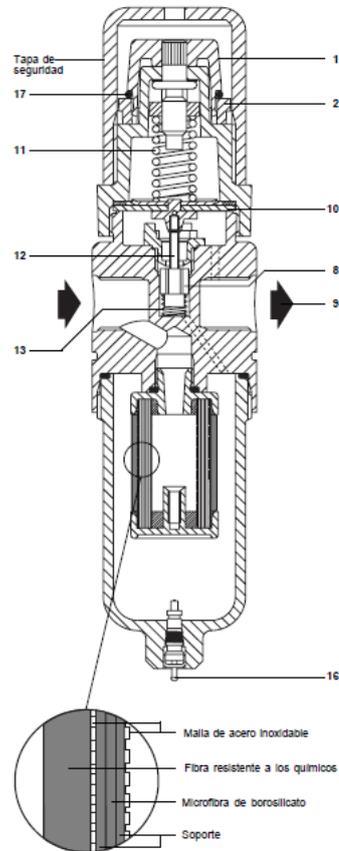
1. Los filtros coalescentes deben instalarse lo más cerca posible de los equipos a proteger.
2. No sobrepasar el caudal máximo (para cualquier presión) tal como indica el gráfico ya que algo de líquido puede ser arrastrado a la salida. Ver TI-P054-05.
3. No sobrecargar el cartucho filtrante ya que se reduciría la eficiencia y la vida útil. Es recomendable instalar delante un filtro IF para aumentar las características y su vida útil.
4. La campana de de policarbonato puede cambiarse por una metálica.

Ajuste del MPC2:

Si tiene una junta de bloqueo (17), retirarla para reajustar la presión a la deseada. Levantar el aro (2). Girar el volante (1) en el sentido de las agujas del reloj para aumentar la presión. Apretar el aro para bloquear.

Nota: Puede haber una tapa de seguridad metálica tapando el volante de ajuste.

Realizar el ajuste en condiciones de flujo. En general experimenta un ligero aumento de la presión de salida con caudal nulo.



A.15. Velocidades de fluidos en líneas e intercambiadores de calor

SERVICIO	VELOCIDAD DEL FLUIDO	
	ft/min	m/s
Tubos de caldera y turbina	6000 -12000	30.5 - 60.9
Colectores de vapor	6000 - 8000	30.5 - 40.6
Líneas ramales de vapor	6000 -15000	30,5 - 76.2
Líneas de alimentación de agua	250 - 850	1.3 - 4.3
Líneas de salida de vapor y de baja presión	6000 -15000	30,5 - 76.2
Líneas de succión de bombas	100 - 300	0.51 - 1.52
Líneas de purga de vapor	4000 - 6000	20.3 - 30.5
Líneas principales de servicio de agua	120 - 3000	0.61 - 1.52
Líneas de vapor flash en calentadores	10-120	0.05 – 0.60
Líneas de vapor de vacío	20000 - 40000	101.6 - 203.2
Líneas de petróleo crudo	50 - 350	0.25 - 1.78
Líneas de aire comprimido	1500 - 2000	7.5 -10.2
Tubos de vapor recalentado	2000 - 5000	10.2 - 25.4
Tubos economizadores (agua)	12 - 20	0.06 – 0.1
Tubos economizadores (gases de chimenea)	6000 - 10000	30.5 – 50.8

A.16. Tubos normalizados ASTM A53 SCH 40 grado A y B al Sí, sin costura

CAÑERÍAS DE ACERO ASTM IMEL					
NORMA ASTM A-53 SCH 40 GRADO A Y B					
Diámetro Nominal	Diámetro Exterior (D)	Espesor Nominal	Peso Teórico	Presión de Prueba	
				Kg/cm ²	
pulg.	mm.	mm(e).	Kg/m.	Grado A	Grado B
1/8	10,3	1,73	0,37	49,2	49,2
1/4	13,7	2,24	0,63	49,2	49,2
3/8	17,1	2,31	0,84	49,2	49,2
1/2	21,3	2,77	1,27	49,2	49,2
3/4	26,7	2,87	1,69	49,2	49,2
1	33,4	3,38	2,5	49,2	49,2
1 1/4	42,2	3,56	3,39	84,4	91,4
1 1/2	48,3	3,68	4,05	84,4	91,4
2	60,3	3,91	5,44	161,7	175,8
2 1/2	73	5,16	8,63	175,8	175,8
3	88,9	5,49	11,29	156,1	175,8
4	114,3	6,02	16,07	133,6	155,4
6	168,3	7,11	28,26	106,9	125,1