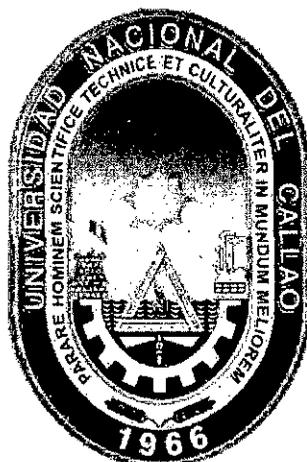


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“BENEFICIOS QUE OFRECE EL SISTEMA  
DUAL ENERGÉTICO IMPLEMENTADO  
EN UNA PLANTA PRODUCTORA  
DE HARINA DE PESCADO  
EN LA CIUDAD DE PISCO”.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO QUÍMICO.

**SARA MILAGROS PICKLING CASTILLO**

Callao 28 de diciembre de 2017

PERU

## PRÓLOGO DEL JURADO

El presente Informe “BENEFICIOS QUE OFRECE EL SISTEMA DUAL ENERGÉTICO IMPLEMENTADO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE HARINA DE PESCADO EN LA CIUDAD DE PISCO”, fue expuesto por la Bachiller **PICKLING CASTILLO SARA MILAGROS** ante el **JURADO DE EXPOSICIÓN DE INFORME** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios:

ING. CARLOS ALEJANDRO ANCIETA DEXTRE	PRESIDENTE
ING. HUGO AVALOS JACOBO	SECRETARIO
ING. ÓSCAR MANUEL CHAMPA HENRÍQUEZ	VOCAL
Dr. LUIS CARRASCO VENEGAS	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro 2, Folio N° 105 y Acta N° 288 Sustentación de tesis sin ciclo de tesis, de fecha **VEINTE Y OCHO DE DICIEMBRE DE 2018**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación por Informe, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 309–2017–CU de fecha 24 de octubre de 2017.



## **DEDICATORIA**

Para Dios por ser constante inspiración de amor en mi vida.

Para mis padres Norma y Jorge, por haberme formado en valores de responsabilidad y humildad.

Para mi esposo Octavio e hija Layla, por ser motivación hacia los grandes retos.

Para mis hermanos Cecilia, Vanesa, Jorge y Karina, que me motivan desde el inicio de esta historia de esfuerzo y satisfacción.

Para mis sobrinos Daniel, Camilla, Andrea, Dylan y Samanta, que siempre alegran mi corazón con sus ocurrencias.

Para Doña Martha y Don Carlos, por creer en mí y por sus gestos de consideración.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al Magíster Luis Carrasco Venegas, asesor de tesis,  
por su acompañamiento y dirección en la presente tesis.

A los profesores de la facultad de Ingeniería Química  
por las lecciones, sus enseñanzas y experiencias  
transmitidas.

Al Magíster Óscar Rodríguez Taranco por las valiosas  
recomendaciones y sugerencias brindadas en el inicio de la  
elaboración del proyecto de tesis.

Al Ing. César Villa Iquira por su apoyo técnico y las  
facilidades brindadas.

A mi familia por la paciencia, tolerancia en este tiempo  
invertido.

**BENEFICIOS QUE OFRECE EL SISTEMA DUAL  
ENERGÉTICO IMPLEMENTADO EN UNA PLANTA  
PRODUCTORA DE HARINA DE PESCADO EN LA CIUDAD  
DE PISCO.**

## RESUMEN

Esta tesis de grado es una investigación de tipo aplicada, el nivel de estudio es de campo; cuyo objetivo fue determinar y dar a conocer los beneficios que ofrece el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco. La muestra estuvo constituida por siete calderas de vapor Piro-tubulares, y un secador de aire caliente. La variable dependiente son los beneficios ofrecidos por la implementación del sistema dual energético y las variables independientes los indicadores energéticos, ambientales y económicos.

La evaluación de los beneficios se realizó en el 2017 y se determinó que el indicador "IE" (aumento de eficiencia térmica) en calderas está entre 1.11 a 1.93 % y en el secador es 0.63 %. El "IA1" (reducción de CO) en calderas están entre 29.23 a 67.67 %, en el secador es 44.91 %, el "IA1" (la reducción de CO<sub>2</sub>) en las calderas están entre 18 a 27.28 %, en el secador es 25.87 %. El "IA2" (reducción de Ton CO<sub>2</sub> por Ton de harina) en las 7 calderas es de 28.56 % y en el secador es 25.64 %. El "IC" (reducción de costo de combustible por Ton de harina) en las calderas es 55.05 % y en el secador es 55.59 %. La inversión del proyecto fue de 2'585,808.91 USD, el VAN es 2'421,056.59 USD, TIR de 56.88 %, el PAYBACK de 1.09 meses. Existen oportunidades de mejora por mantenimiento e implementación de tecnología avanzada.

Palabras clave: **conversión a gas natural de una planta industrial, planta pesquera, harina de pescado.**

## **ABSTRACT**

This thesis is a research of applied type, the level of study is field; whose objective was to quantify and publicize the benefits offered by the dual energy system implemented in the fishmeal production plant in the city of Pisco. The sample consisted of seven pirotubular steam boilers, and a hot air dryer. The dependent variable are the benefits offered by the implementation of the dual energy system and the independent variables are the energy, environmental and economic indicators.

The evaluation of the benefits was carried out in 2017 and it was determined that the indicator "IE" (increase in thermal efficiency) in boilers is between 1.11 to 1.93% and in the dryer is 0.63%. The "IA1" (CO reduction) in boilers are between 29.23 to 67.67%, in the dryer it is 44.91%, the "IA1" (the CO<sub>2</sub> reduction) in the boilers are between 18 to 27.28%, in the dryer it is 25.87%. The "IA2" (reduction of Ton CO<sub>2</sub> per Ton of flour) in the 7 boilers is 28.56% and in the dryer is 25.64%. The "IC" (reduction of fuel cost per ton of flour) in the boilers is 55.05% and in the dryer is 55.59%. The investment of the project was 2'585,808.91 USD, the VAN is 2'421,056.59 USD, TIR of 56.88%, PAYBACK of 1.1 month. There are improvement opportunities for maintenance and implementation of advanced technology.

**Keywords: conversion to natural gas from an industrial plant, fishing plant, fishmeal.**

## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.1 Identificación del problema.....	13
1.2 Formulación del problema.....	14
1.2.1 Problema General.....	14
1.2.2 Sub problemas.....	14
1.3 Objetivos de la investigación.....	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
1.4 Justificación.....	16
1.4.1 Legal.....	16
1.4.2 Teórica.....	17
1.4.3 Tecnológica.....	17
1.4.4 Económica.....	17
1.4.5 Social.....	17
1.5 Importancia.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Antecedentes del estudio.....	20
2.1.1 Antecedentes de la empresa.....	20
2.1.2 Estudios similares.....	21
2.2 Marco teórico.....	26

2.2.1 Especificaciones de los combustibles.....	26
2.2.2 Emisiones de los combustibles.....	32
2.2.3 Bonos de Carbono.....	36
2.2.4 Consumidores de combustible.....	38
2.2.5 Proceso de combustión.....	45
2.2.6 Mediciones de la eficiencia térmica.....	68
2.2.7 Descripción de la planta de harina de pescado.....	81
2.2.8 Descripción del proceso de elaboración de harina de pescado.....	83
2.2.9 Fuente de suministro energético.....	95
2.2.10 Determinación de beneficios en base a indicadores por tipo de combustible.....	99
2.2.11 Evaluación del proyecto de inversión.....	103
2.3 Marco Conceptual.....	106
2.4 Marco Normativo.....	110
CAPÍTULO III: VARIABLES E HIPÓTESIS.....	113
3.1 Variables de la investigación.....	113
3.2 Operacionalización de las variables.....	113
3.3 Hipótesis.....	116
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA.....	119
4.1 Tipo de investigación.....	119
4.2 Diseño de la investigación.....	119
4.3 Población y muestra.....	120
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	121

4.5 Procedimiento de recolección de datos. ....	127
4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	128
CAPÍTULO V: RESULTADOS. ....	147
5.1 Indicador energético.....	147
5.2 Indicadores ambientales. ....	148
5.3 Indicadores económicos. ....	153
5.4 Rentabilidad del proyecto ejecutado. ....	154
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	155
6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados. ....	155
6.2 Contrastación de resultados con otros estudios similares. ....	158
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES. ....	164
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES.....	170
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	171

## TABLAS DE CONTENIDO

Tabla 2.1: Propiedades físicas y químicas del combustible R-500.....	29
Tabla 2.2: Propiedades físicas y químicas del Petróleo Residual R-6.....	31
Tabla 2.3: Composición del Gas Natural de Camisea.....	31
Tabla 2.4: Características típicas de combustibles industriales.....	34
Tabla 2.5: Límites Máximos Permisibles para las emisiones de la industria de harina y aceite de pescado y harina de residuos hidrobiológicos.....	37
Tabla 2.6: Límites máximos permisibles para caldera de vapor de uso industrial.....	37
Tabla 2.7: Emisiones de vahos en el proceso de harina de pescado.....	38
Tabla 2.8: Lista de consumidores de combustible.....	41
Tabla 2.9: Rangos y categorías de eficiencia térmica para calderas.....	44
Tabla 2.10: Temperatura de aire versus exceso de aire.....	54
Tabla 2.11: Puntos de rocío ácido, temperaturas mínimas recomendadas para los productos de la combustión y temperaturas admisibles del agua de alimentación para prevenir corrosión.....	61
Tabla 2.12: Relación de ciclos de encendido y apagado y la pérdida de energía en porcentaje aire.....	65
Tabla 2.13: Constante Siegert.....	73
Tabla 2.14: Valores de la constante K1.....	74
Tabla 2.15: Índice de Bacharach.....	75
Tabla 2.16: Rendimiento mínimo de calderas, según tipo y potencia (Directiva 92/42/CEE).....	80

Tabla 2.17: Principales características y parámetros de materia prima y producto.....	85
Tabla 2.18: Consumidores de vapor a 7.6 bar en Tasa Pisco Sur.....	98
Tabla 2.19: Niveles de tensión eléctrica.....	100
Tabla 4.1: Costo total de inversión .....	144
Tabla 4.2: Costos de producción y mantenimiento.....	145
Tabla 4.3: Estado de pérdidas y ganancias, 1era temporada 2015.....	146
Tabla 4.4: Flujo económico de fondos, 1era temporada 2015.....	147
Tabla 4.5: Resumen VAN .....	148
Tabla 5.1: Indicadores energéticos IE.....	149
Tabla 5.2: Objetivos vs. resultados para indicadores energéticos IE.....	149
Tabla 5.3: Indicadores ambientales IA1.....	150
Tabla 5.4: Objetivos con resultados para indicadores ambientales, IA1..	151
Tabla 5.5: Indicadores ambientales IA1.....	152
Tabla 5.6: Comparativo objetivos con resultados para indicadores ambientales IA1.....	153
Tabla 5.7: Indicadores ambientales IA2.....	153
Tabla 5.8: Objetivos vs. resultados para indicadores ambientales, IA2..	154
Tabla 5.9: Indicadores económicos IC.....	155
Tabla 5.10: Objetivos vs. resultados para indicadores económicos, IC..	156
Tabla 5.11: Resumen de indicadores de rentabilidad del proyecto.....	156
Tabla 6.1: Hipótesis versus resultados, IE.....	158
Tabla 6.2: Hipótesis versus resultados, IA1.....	159

Tabla 6.3: Hipótesis versus resultados, IA2.....	159
Tabla 6.4: Hipótesis versus resultados, IC.....	161
Tabla 6.5: Resultados versus estudios similares, IE.....	166
Tabla 6.6: Resultados versus estudios similares, IA1 (reducción de emisiones de CO en %)......	162
Tabla 6.7: Comparativo resultados versus estudios similares, IA1 (reducción de emisiones de CO2 en %.....	163
Tabla 6.8: Comparativo resultados versus estudios similares, IA2 (reducción de Ton de CO2 por Ton harina de pescado en %)......	164
Tabla 6.9: Comparativo resultados versus estudios similares, IC (reducción de USD costo de combustible por Ton harina de pescado en %)......	165

## FIGURAS

Figura 2.1: Instalación típica de combustibles líquidos.....	28
Figura 2.2: Instalación típica del gas natural.....	33
Figura 2.3: Caldera Piro tubular horizontal.....	41
Figura 2.4: Caldera Piro tubular dos pasos de gases.....	42
Figura 2.5: Caldera Piro tubular de cuatro pasos de gases.....	43
Figura 2.6: Partes de una caldera Piro tubular de cuatro pasos.....	44
Figura 2.7: Sistema de secado por aire caliente.....	47
Figura 2.8: Quemador tipo dual (gas/petróleo).....	62
Figura 2.9: Balance de energía - Método indirecto.....	72
Figura 2.10: Balance de energía – Secador de aire caliente.....	81
Figura 2.11: Líneas de negocio y principales productos de TASA.....	83
Figura 2.12: Vista general de la planta Pesquera Tasa Pisco Sur.....	86
Figura 2.13: Cocinas de anchoveta.....	88
Figura 2.14: Prensas de anchoveta.....	89
Figura 2.15: Centrífugas.....	90
Figura 2.16: Planta evaporadora de agua de cola.....	91
Figura 2.17: Secador Rotadisco.....	93
Figura 2.18: Secador Rotatubos.....	93
Figura 2.19: Secador de aire caliente.....	94
Figura 2.20: Diagrama de bloques de prod. de harina de pescado.....	96

## GRÁFICOS

Gráfico 2.1: Emisión de CO <sub>2</sub> en la combustión.....	36
Gráfico 2.2: Costo de Ton de Carbono en euros .....	40
Gráfico 2.3: Temp. de precalentamiento de aire sobre el calor extraído... 54	
Gráfico 2.4: Eficiencia v/s exceso de aire para el caso de Petróleo Residual y el gas natural.....	53
Gráfico 2.5: Efecto del aire en la composición de los gases de combustión.....	54
Gráfico 2.6: Efecto del exceso de aire sobre el calor perdido y el calor extraído.....	55
Gráfico 2.7: Diagrama de Kissel para el gas natural.....	56
Gráfico 2.8: Eficiencia v/s temperatura de productos de combustión.....	60
Gráfico 2.9: Emisividad de la llama según combustible.....	65
Gráfico 2.10: Pérdida de calor por radiación (%) versus potencia de una caldera(x10 <sup>-5</sup> Kcal/h).....	66
Gráfico 2.11: Relación entre porcentaje de purga y eficiencia de una caldera, de acuerdo a la presión de trabajo.....	67
Gráfico 2.12: Consumo de energía térmica industria Pesquera (%).....	97
Gráfico 2.13: Consumo de energía eléctrica industria Pesquera.....	98
Gráfico 2.14: Precio de la harina de pescado en USD/Tm.....	102
Gráfico 5.1: Indicadores energéticos IE (aumento eficiencia térmica %).	148
Gráfico 5.2: Indicadores ambientales IA1 (reduc. emisiones de CO %)...	149
Gráfico 5.3: Indicadores ambientales IA1 (reduc. emisiones de CO <sub>2</sub> %).	150

Gráfico 5.4: Indicadores ambientales IA2 (reducción de Ton CO2 por Ton de harina producida, en %)	152
Gráfico 5.5: Indicadores económicos IC (reducción de costo de combustible por Ton harina de pescado, en %)	153

## ANEXOS.

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	176
ANEXO 2: REPORTES DE EFICIENCIA TÉRMICA CON GN	182
ANEXO 3: REPORTES DE EFICIENCIA TÉRMICA CON R-500	196
ANEXO 4: TOMA DE DATOS EN SECADOR CONSUMIENDO R-6	209
ANEXO 5: TOMA DE DATOS EN SECADOR CONSUMIENDO GN	211
ANEXO 6: FACTORES DE EMISIÓN DE CO2	212
ANEXO 7: DIMENSIONES Y PARÁMETROS DE SECADOR	213
ANEXO 8: ESTADÍSTICOS DE INDICADORES EN LAS CALDERAS	214
ANEXO 9: DIAGRAMA DE FLUJO DE UN ECONOMIZADOR	215
ANEXO 10: DIAGRAMA DE PROCESO HARINA DE PESCADO	216
ANEXO 11: VISTA LAYOUT PLANTA DE HARINA DE PESCADO	217
ANEXO 12: EQUIPOS CONSUMIDORES DE VAPOR EN PLANTA DE HARINA DE PESCADO	218

## INTRODUCCIÓN.

En la industria peruana, la implementación de sistemas duales energéticos combustible líquido / gn, se inicia a partir de la distribución de gas natural a cargo de la concesionaria Calidda en el 2004 en Lima y en la ciudad de Pisco en el 2012 a partir del inicio de distribución a cargo de Contugas; siendo este hecho de relevancia para la economía e industria del país. Dentro de las ventajas que ha traído el gas natural tenemos las del tipo económicas, de productividad, competitividad y ambientales. Así dentro del tipo económica se puede mencionar ahorros entre 30 y 60 % dependiendo del combustible y capacidad a sustituir; del tipo productivo se puede hacer mención que el gas natural lo tenemos disponible en forma continua sin necesidad de almacenarlo en tanques, calentarlo o bombearlo para su transporte; del tipo competitivo está la gran flexibilidad en su uso a partir de una mezcla fácil de combustible comburente debido a que ambos se encuentran en estado gaseoso; y del tipo ambiental debido a que es el combustible que menos contamina el ambiente en tanto se reduce las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La industria de la harina de pescado ha crecido de forma importante en los últimos años y se puede comprobar en el crecimiento de las capacidades de las plantas productoras desde sus inicios en los años 50 hasta la actualidad; siendo Perú unos de los productores más importantes en el mundo.

Actualmente la exigencia del sector productivo lleva a mantener índices elevados de productividad, competitividad, a disminuir la contaminación ambiental y prolongar la existencia de recursos energéticos naturales

mediante el empleo de técnicas de ahorro y mejoramiento de la eficiencia. Dentro de las eficiencias se pueden considerar las del proceso de producción y la eficiencia térmica de los equipos de combustión.

Ante esta realidad, la empresa productora de harina de pescado en su afán de mantener competitividad en el mercado y seguir creciendo, optó por la implementación del sistema dual energético combustible líquido / gn, substituyendo al combustible líquido por el gas natural como principal proveedor de energía en su planta, manteniendo el combustible líquido para consumo en caso de contingencia. El presente proyecto tiene como objeto cuantificar los beneficios que ofrece el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco, a través de indicadores.

La estructura para el presente informe es la siguiente:

En el **Capítulo I**, planteamiento del problema: Se plantea el problema de investigación, general y específicos, los objetivos tanto general, como específicos, la justificación e importancia de la investigación realizada.

En el **Capítulo II**, marco teórico: Se presenta el marco histórico que incluye las referencias más representativas al tema de investigación; el marco teórico propiamente dicho, que desarrolla los temas relacionados a las variables en investigación, incluye la teoría para la evaluación del proyecto de inversión; el marco conceptual que considera las definiciones más resaltantes referentes al tema de investigación.

En el **Capítulo III**, variables e hipótesis: Se presentan las variables de

investigación; la Operacionalización de las variables y las hipótesis, tanto general como específicas.

En el **Capítulo IV**, metodología: Se presentan el tipo de investigación; el diseño de la investigación; la población y muestra; las técnicas e instrumentos de recolección de datos; el procedimiento de toma de datos; el procesamiento estadístico y análisis de datos, que incluye el análisis preliminar de datos y cálculo de los indicadores; cálculos de rentabilidad del proyecto de inversión.

En el **Capítulo V**, resultados: Se presentan los resultados por indicador planteado en los objetivos, también el análisis del indicador energético a través de estadísticos; y los resultados de la rentabilidad del proyecto de inversión.

En el **Capítulo VI**, discusión de resultados: Se presenta la contrastación de la hipótesis con los resultados y la contrastación de la hipótesis con otros estudios similares.

En el **Capítulo VII**, conclusiones: Se presentan la conclusión general y las conclusiones específicas, que determinan que el sistema dual implementado en la planta productora de harina de pescado ofrece beneficios, cuantificados en indicadores energético, ambientales y económicos.

En el **Capítulo VII**, recomendaciones: Se presentan las oportunidades de mejora.

En el **Capítulo VIII**, referencias bibliográficas: Se presentan finalmente las fuentes consultadas y citadas en la investigación.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.**

### 1.1 Identificación del problema.

La era ecológica vigente busca disminuir la contaminación ambiental y prolongar la existencia de recursos energéticos. En el Perú PRODUCE mediante RM 621-2008, establece disposiciones dirigidas a titulares de plantas de harina y aceite de pescado y harina residual de pescado para la implementación de la innovación tecnológica a fin de mitigar las emisiones al ambiente. Entre las disposiciones establece que las plantas de harina de pescado deben cambiar el sistema de combustible de petróleo residual por el de gas natural, en los lugares que cuentan con líneas de abastecimiento.

Actualmente el sector productivo de harina de pescado exige tener índices de productividad elevados además de una mejora en la eficiencia global de producción.

En la planta productora de harina de pescado uno de los compromisos de su política de gestión es mejorar e innovar continuamente productos, procesos y tecnología; dentro de este marco la empresa decidió implementar el sistema dual energético en su planta productora de harina de pescado manteniendo el uso de combustible líquido en caso de contingencia y optando por el consumo de gas natural como principal fuente energética; ello con el propósito de mantener su competitividad en el sector y así seguir creciendo.

Para determinar en qué medida se ha contribuido en mejorar el proceso y uso eficiente de los recursos, se necesita cuantificar los beneficios del sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco, obtenidos a partir del uso del gas natural; a través del estudio de indicadores como el energético, ambiental y económico.

## 1.2 Formulación del problema.

### 1.2.1 Problema General.

¿Cuáles son los beneficios que ofrece el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco?

### 1.2.2 Sub problemas.

¿En qué medida mejora el indicador energético en el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado?

¿En qué medida mejora el indicador ambiental en el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado?

¿En qué medida mejora el indicador económico en el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado?

### 1.3 Objetivos de la investigación.

#### 1.3.1 Objetivo General.

Cuantificar y dar a conocer los beneficios que ofrece el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco a través de indicadores.

#### 1.3.2 Objetivos específicos.

- a. Analizar en qué medida mejora los indicadores energéticos:
  - Determinar la eficiencia térmica por consumo de combustible antes de la implementación del sistema dual energético.
  - Determinar la eficiencia térmica por consumo de combustible después de la implementación del sistema dual energético.
  - Determinar cuánto mejoran los indicadores energéticos, IE.
  - Comparar los indicadores calculados con índices existentes.
  
- b. Analizar en qué medida mejoran los indicadores ambientales:
  - Determinar las emisiones de CO, CO<sub>2</sub> y las Ton CO<sub>2</sub> por Ton harina producida por consumo de combustible antes de la implementación del sistema dual energético.
  - Determinar las emisiones de CO, CO<sub>2</sub> y las Ton CO<sub>2</sub> por Ton harina producida por consumo de combustible después de la implementación del sistema dual energético.
  - Determinar cuánto mejoran los indicadores ambientales, IA1 y

IA2.

- Comparar los indicadores calculados con índices existentes.
- c. Analizar en qué medida mejoran los indicadores económicos:
- Determinar el costo de combustible por Ton de harina producida antes de la implementación del sistema dual energético.
  - Determinar el costo de combustible por Ton de harina producida después de la implementación del sistema dual energético.
  - Determinar cuánto mejoran los indicadores económicos, IC.
  - Comparar los indicadores calculados con índices existentes.

#### 1.4 Justificación.

La investigación propuesta se justifica en los siguientes ámbitos:

##### 1.4.1 Legal.

**La resolución ministerial** RM 621-2008-PRODUCE establece disposiciones dirigidas a titulares de plantas de harina de pescado a fin de realizar la innovación tecnológica para mitigar sus emisiones al medio ambiente, entre otros las plantas productoras de harina de pescado deben cambiar el sistema de combustible de petróleo residual por el de gas natural, en los lugares que cuentan con línea de abastecimiento.

#### 1.4.2 Teórica.

Los beneficios en estudio materializados en índices energéticos, ambientales y económicos, permitieron realizar una contrastación con índices de existentes.

#### 1.4.3 Tecnológica.

La eficiencia térmica de los equipos mejora; al usar gas natural se evita el proceso de almacenamiento, bombeo y calentamiento del combustible.

#### 1.4.4 Económica.

Se reducen los costos por mantenimiento y bombeo de combustible. Se anulan los costos por almacenamiento, bombeo de combustible; así como los gastos generales por logística para la compra del combustible.

#### 1.4.5 Social.

Los trabajadores de la planta y la población en las cercanías de la planta productora de harina de pescado en Pisco dejaron de estar expuestos a emisiones debido a la disminución usando gas natural, decir esta manera se aporta bienestar a la población.

## 1.5 Importancia.

### 1.5.1 Legal.

La planta productora de harina de pescado está cumpliendo con la resolución ministerial RM 621-2008-PRODUCE.

### 1.5.2 Teórica.

El procedimiento metodológico que se planteó y los índices que se obtuvieron como resultado de la investigación, sirven de modelo de análisis para otras plantas pesqueras. Los índices obtenidos sirven a la planta productora de harina de pescado para controlar y como marco de referencia para toma de decisiones en relación a nuevas oportunidades de mejora, para el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos.

### 1.5.3 Tecnológica.

Debido al reemplazo del combustible líquido R-500 y R-6 por el gas natural; mejora la eficiencia térmica de los equipos de combustión, se evita el proceso de acondicionamiento de combustible para la combustión en el quemador, es decir almacenamiento, calentamiento y uso de bombas para la distribución. Debido a la composición del gas natural se reducen las emisiones a la atmósfera.

#### 1.5.4 Económica.

Se redujeron los costos de mantenimiento, se anulan los costos de procesamiento como almacenamiento, calentamiento y bombeo; y tratamiento de los gases de chimenea (emisiones a la atmósfera).

La determinación de los beneficios a través de los indicadores permite determinar oportunidades de ahorro energético elevando consecuentemente los índices de productividad y eficiencia global. Como consecuencia la planta tiene un precio más competitivo en el mercado; además de haber asegurado su crecimiento futuro.

#### 1.5.5 Social.

Los trabajadores de la planta y la población en las cercanías de la planta productora de harina de pescado en Pisco dejaron de estar expuestas a altas emisiones; debido al uso del gas natural. De esta manera se aporta bienestar en la salud de los operadores de planta y de la población en las cercanías. Se logró concientizar a la población de la relevancia en la inversión para el uso de innovaciones tecnológicas a fin de prevenir, reducir y controlar los impactos ambientales de contaminación y deterioro en el entorno marítimo, terrestre y atmosférico.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del estudio.**

#### **2.1.1 Antecedentes de la empresa.**

La planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco, en su necesidad de mantener un precio del producto competitivo en el mercado y en el contexto de la reducción de emisiones a la atmósfera, decide la implementación del sistema dual energético; adicionado al uso de combustible líquido, el uso de gas natural como combustible principal. Acorde a RM 621-2008-PRODUCE, que establece disposiciones dirigidas a titulares de plantas de harina y aceite de pescado y harina residual para la implementación de la innovación tecnológica a fin de mitigar las emisiones al ambiente.

La implementación inició en Julio del 2014 y abarcó lo siguiente:

- La instalación de una estación de regulación y medición primaria de gas natural alimentada por la red del concesionario Contugas.
- Tendido de la línea interna de gas natural desde la estación hasta los quemadores en cada punto de consumo.
- Kit de conversión para los quemadores de 5 calderas Cleaver Brooks y cambio de 3 quemadores en calderas y secador de aire caliente.
- Puesta en marcha del sistema implementado.

### **Planta Pesquera Tasa Sur en Pisco.**

Los equipos consumidores de combustible en la planta productora de harina de pescado son 7 calderas de vapor (1 caldera de 1200 BHP, 1 caldera de 900 BHP, 3 calderas de 800 BHP, 1 caldera de 700 BHP y 1 de 600 BHP); y 1 secador de aire caliente de contacto indirecto (de 800 BHP). Antes de la implementación del sistema dual energético, las calderas consumían petróleo residual R-500 y el Secador de aire caliente consumía petróleo residual R-6. Actualmente todos los consumidores consumen gas natural.

#### 2.1.2 Estudios similares.

En el Perú existen plantas Pesqueras que han implemento el sistema dual energético, optando por principal combustible al gas natural, obteniendo los siguientes resultados de interés para esta investigación.

**MINAM (2016).** Hay oportunidades de mejoras en la eficiencia de consumo de la energía térmica por reducción de pérdidas en las calderas, cocinador, en el secador, por recuperación de calor, por mejoras de la eficiencia de combustión en las calderas, mejoras en el aislamiento de las redes y circuitos de vapor, por operación eficiente de trampas de vapor para garantizar un óptimo retorno de condensado, por implementación de instrumentación para el monitoreo y control de parámetros como temperatura, flujo y nivel. Reducción de costos de

combustible por cambio de matriz energética a gas natural. Las mejoras en eficiencia energética en este sector industrial permiten reducir significativamente los consumos específicos de energía (cantidad de energía que se consume para producir una unidad de producto terminado) y los costos específicos de energía asociados a este consumo (costo de la energía consumida para producir una unidad de producto terminado). Estas mejoras son acciones calificadas como ecoeficientes al lograr producir lo mismo con menor consumo de energía o producir más con el mismo consumo de energía; acciones que están en sintonía con los objetivos empresariales de productividad y competitividad. Ejemplo, una empresa pesquera en Tambo de Mora, Perú, ha realizado el cambio de matriz energética en el año 2014 en su planta con la implementación de una red de gas natural para sus procesos productivos, reemplazando al petróleo residual 500 SSF que se venía utilizando. En el año 2015 se consumieron 3 millones 445 mil Sm<sup>3</sup> de gas natural equivalentes calóricamente al consumo que se hubiera tenido de no haber hecho el cambio de matriz energética de 927 mil 504 galones de petróleo residual 500 SSF. Este desplazamiento representa un ahorro de 51,5 % en costos por combustible, equivalente a 1 millón 647 mil Soles anuales, para lo cual se hizo una inversión de 4 millones 760 mil Soles, que incluye el pago por derecho de conexión y la habilitación interna realizada por la

empresa. El período de repago de la inversión de 2,9 años, además reduce las emisiones de dióxido de carbono.<sup>1</sup>

“Mejora de eficiencia térmica en Caderas y Secador, reducción de costo de combustible de 51.5 %”, inversión inicial 4'760,000 soles (1'421,000 USD y reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO2)

**García Orbeagozo (2015).** Muñoz Lizárraga, Gerente de operaciones de consumo humano indirecto en la planta **Pesquera Exalmar**, en la revista Industria alimentaria declara lo siguiente: En la actualidad, nuestra empresa cuenta con dos plantas de procesamiento de harina y aceite de pescado que utilizan el gas natural como fuente de energía limpia ubicadas en el Callao (desde el 2012) y en Tambo de Mora (desde el 2015). En total Pesquera Exalmar S.A.A. cuenta con seis plantas procesadoras de harina y aceite de pescado, con una capacidad de procesamiento de 434 TM por hora. Nuestras dos plantas con gas natural representan el 35 % de nuestra capacidad total de producción de consumo humano indirecto. El ahorro que representa utilizar el gas natural es de aproximadamente 43 %, comparado con los precios actuales de los combustibles líquidos. Esta implementación permite el uso de un combustible eficiente que es una fuente de energía limpia y amigable con el medioambiente, así como una considerable

---

<sup>1</sup> MINAM, Guía de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético, Industria Pesquera, Perú, 2016, p. 65.

reducción del impacto ambiental, debido a que su combustión es casi completa, no se generan gases tóxicos, cenizas, ni residuos inquemados. Asimismo, contamos con un programa de monitoreo de emisiones y como parte de este programa se realizan los análisis de los gases de combustión, los cuales se han visto reducidos en aproximadamente 25 %.<sup>2</sup>

"El costo del combustible se reduce en 43 % y gases de combustión se reducen en 25 %".

**García Orbegozo (2015).** Estrada Almanza Superintendente de consumo humano indirecto en la planta Pesquera diamante en la revista Industria alimentaria declara lo siguiente: **Pesquera Diamante** tienen siete plantas de las cuales dos plantas han sido implementadas con gas natural, la del Callao en el 2002 y la de Pisco en el 2012. En la fabricación de harina de pescado, el combustible de calderas representa casi 50 % del costo variable de la producción. El uso del gas natural en una planta de harina genera alrededor del **45 % de ahorro en los costos del combustible** respecto a una que usa petróleo R-500. En cuanto al factor ambiental, gracias al uso del gas natural

---

<sup>2</sup> García Orbegozo, Luis, *El gas natural en la industria alimentaria peruana, La industria pesquera y sus derivados*, Revista industria alimentaria, Ed. 29, 2015, p. 57.

estimamos que **la emisión de CO2 se ha reducido en un 30 %**, sumando a la reducción de material Particulado.

“El costo del combustible se reduce en 45 % y las emisiones de CO2 se reducen en 30 %”.

Además, se cuenta con referencia de otra planta industrial diferente a las pesqueras.

**Albújar & Capcha (2011)**. Planta Vopak Serlipasa en el Callao: La eficiencia de la caldera de 200 BHP que entrega una presión de vapor de 8.6 barg antes de la reconversión consumiendo combustible R-6 es de 82.63 % y después de la reconversión a gas natural es 81.93 %.<sup>3</sup>

“La mejora en eficiencia térmica en la caldera de 200 BHP a combustible R.6 es de 0.7 %”.

---

<sup>3</sup> Albújar Escudero, Masías, & Capcha Soto, Raúl, *Análisis de la conversión de un quemador de petróleo industrial N°6 a gas natural para reducir costos de reconversión de caldera en Vopak Serlipasa*, Tesis de maestría, UNI, 2011.

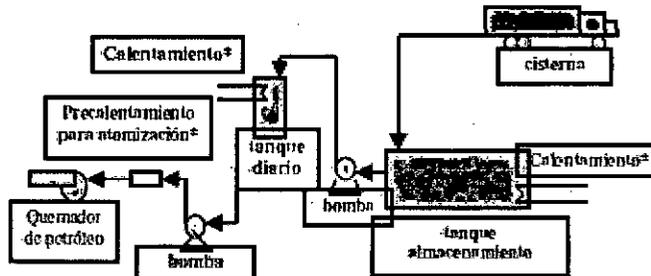
## 2.2 Marco teórico.

### 2.2.1 Especificaciones de los combustibles.

Cualquier material que pueda quemarse para liberar energía recibe el nombre de combustible. La mayoría de los combustibles conocidos se componen principalmente de hidrógeno y carbono.<sup>4</sup>

Los combustibles líquidos usados antes de la implementación del sistema dual en la planta productora de harina de pescado son Petróleo residual R-500 y R-6 (combustible líquido); luego se adicionó al sistema energético el gas natural.

**FIGURA N°2.1:  
INSTALACIÓN TÍPICA DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS**



\* Sólo petróleo residual

Fuente: Hugo Vásquez, 2005, pág. 4

a. Combustible líquido, petróleo residual R-500.

Combustible industrial (usado en hornos, secadores y calderas)

<sup>4</sup> Cengel, Yunus, *Termodinámica*, 6ta ed., 2009, McGraw-Hill Companies, México, p. 786.

que se obtiene mezclando los residuales obtenidos en las diferentes operaciones de refinación cuyas viscosidades son superiores a los 500 SSF (Segundos Saybol Furol) a 122 °F, y los destilados más ligeros reduciendo de esta forma a valores menor a los 500 SSF (487 cSt).<sup>5</sup>

Características:

- Es necesario ser calentado a 50°C para su bombeo y a 115 °C para su atomización.
- Proveedor: Camiones cisterna Petroperu.

**TABLA N° 2.1  
PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL COMBUSTIBLE R-500.**

Ensayos	Típico	Especificación	
		Mín.	Máx.
Gravedad API a 15.6 °C	11.9		
Gravedad específica 60/60 °F	0.9869		
Punto de inflamación, °C	77	65.5	
Azufre total % Masa	1.64		3.5
Viscosidad, c St a 50 °C	624	92	638
Punto de fluidez, °C	+15		
Agua y sedimentos, %v	0.05		2.0
Cenizas, % M	0.055		
Poder calorífico, Btu/gal	151,400		
Poder calorífico neto, Btu/gal	143,170		
Temperatura de almacenamiento, °C			70
Temperatura de bombeo, °C		50	
Temperatura de atomización			
Tiro forzado, °C		110	
Tiro natural, °C		120	

Fuente: REPSOL, 2016.

<sup>5</sup> NTP321.002:2014, *Petróleo y derivados, Petróleos industriales especificaciones*, Perú, 2014.

b. Combustible líquido, petróleo residual R-6.

Combustible de alta viscosidad y alto rango de ebullición usado en hornos industriales y comerciales, requiere precalentamiento para su manipuleo, almacenamiento y atomización, también se le conoce como Búnker.

Constituido por una mezcla de hidrocarburos derivados del petróleo, en el rango aproximado de C12 a C50. Este combustible bien podría llamarse Residual 300 ya que su viscosidad no debe exceder los 300 SSF (Segundos Saybolt Furol) a la temperatura de 122 °F.<sup>6</sup>

Características:

- Es necesario ser calentado a 45°C para su bombeo y a 110 °C para su atomización.
- Proveedor: Camiones cisterna Petroperu.

---

<sup>6</sup> Ibidem.

**TABLA N°2.2**  
**PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**  
**DEL PETRÓLEO RESIDUAL R-6**

Ensayos	Típico	Especificación	
		Mín.	Máx.
Gravedad API a 15.6 °C	12.5		
Gravedad específica 60/60 °F	0.9827		
Punto de inflamación, °C	75	65.5	
Azufre total % Masa	1.61		3.5
Viscosidad, c St a 50 °C	624	92	638
Punto de fluidez, °C	+12		
Agua y sedimentos, %v	0.05		2.0
Cenizas, % M	0.053		
Poder calorífico, Btu/gal	151,000		
Poder calorífico neto, Btu/gal	142,800		
Temperatura de almacenamiento, °C			70
Temperatura de bombeo, °C	50		

Fuente: REPSOL, 2016.

c. Combustible gaseoso Gas Natural.

Combustible gaseoso.

**TABLA N°2.3**  
**COMPOSICIÓN DEL GAS NATURAL DE CAMISEA**

Componente	%mol	%peso	Peso Molecular
CH4	89.1152	81.2224	16.043
C2H6	9.477	16.1899	30.07
C3H8	0.086	0.2154	44.097
CO2	0.281	0.7026	44.01
N2	1.034	1.6456	28.013
iso - C4H10	0.0023	0.0076	58.124
n - C4H10	0.0028	0.0092	58.124
iso - C5H12	0.0007	0.0029	72.15
n - C5H12	0.0006	0.0025	72.15
C6H14	0.0004	0.0020	86.18
		TOTAL	17.60

Fuente: Cromatógrafo City Gate Lurin, 2014.

De acuerdo al reglamento de Distribución de gas natural por red de ductos (DS-042) el concesionario entregará el gas con las siguientes características:

- Poder Calorífico comprendido entre 8,800 – 10,300 Kcal/Sm<sup>3</sup> (35310 Btu/Sm<sup>3</sup>).
- Libre de arena polvo, gomas, glicoles y otras impurezas indeseables.
- No contendrá más de 3mg/Sm<sup>3</sup> de sulfuro de hidrógeno, ni más de 15 mg/Sm<sup>3</sup> de azufre total.
- No contendrá dióxido de carbono más de 2% de su volumen y una cantidad de inertes totales no mayor de 4%.
- Estará libre de agua en estado líquido y contendrá como máximo 65 mg/Sm<sup>3</sup> de vapor de agua.
- No superará una temperatura de 50°C.
- Precio dólares/MMBtu=9.
- Proveedor: Contugas.

Contaminantes en el gas natural:

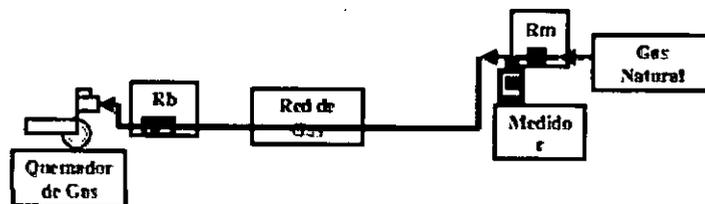
- Azufre total: 15 mg/m<sup>3</sup>.
- H<sub>2</sub>S: 3 mg/m<sup>3</sup>.
- CO<sub>2</sub>: 2% Volumen.
- Inertes totales: 4% Volumen.

- Agua libre: 0.
- Vapor de agua: 65 mg/m<sup>3</sup>.
- Punto de rocío para hidrocarburos: -4 °C a 5500 Kpa.
- Temperatura máxima: 50 °C.
- Partículas sólidas máximas: 3 ppm para partículas mayores a 10 micrones.
- Otros: Libre de goma, aceites, glicoles y otras impurezas.

Rb: Red de baja presión.

Rm: Estación de regulación y medición primaria.

**FIGURA N°2. 2**  
**INSTALACIÓN TÍPICA DE GAS NATURAL.**



Fuente: Hugo Vásquez, 2005, p. 4.

**TABLA N°2.4  
CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES**

CARACTERÍSTICAS	GN	GLP	RESIDUALES		
			DIESEL 2	R-6	R-500
Gravedad API a 15.6 °C	-	-	34.3	10.7	10.6
Gravedad específica 15.6/15.6 °C	-	0.5555	0.8534	0.9951	0.9958
Densidad Kg/m <sup>3</sup> a 15 °C	-	552.79	852.06	993.11	994.07
Punto de inflamación en °C	-	-	59.8	80	96
Punto de fluidez °C	-	-	-14	+3	+3
Viscosidad cSt a 50 °C	-	-	3.9 (37.8 °C)	627	1050
Azufre % en peso	-	30 ppm	0.13	1.35	1.57
Cenizas % en peso	-	-	0.001	0.05	0.05
Agua y sedimentos en volumen	-	-	0.00	0.10	0.10
Residuos de Carbón Conradson	-	-	0.011	13.6	15.22
Índice de Cetano	-	-	50.0	-	-
Poder calorífico inferior, Kj/Kg	49110	49073	42567	39770	39984
Poder calorífico superior, Kj/Kg	53913	52123	45329	42099	42283
Contenido en ppm Vanadio	-	-	-	80-89	103-135
Temperatura de bombeo, °C	-	-	-	45	50
Temp. de atomización, tiro forzado, °C-	-	-	-	100-110	110-120
Temp. De atomización, tiro natural, °C	-	-	-	110-120	120-130
Temp. almacenamiento, °C	-	-	-	50-60	60-70

Fuente: NTP 350.300, 2002, p. 27.

### 2.2.2 Emisiones de los combustibles.

Las ventajas de la combustión del gas natural están reconocidas mundialmente como la más limpia entre los combustibles industriales tradicionales. De hecho, las emisiones de material particulado cumplen con las normas internacionales más exigentes.

#### a. Emisiones de CO<sub>2</sub>.

Respecto al gas natural, al tener en su composición un átomo de Carbono por cuatro de Hidrógeno, el CO<sub>2</sub> producido es en gran medida menor respecto a otros combustibles.

Respecto al carbón las emisiones a partir de la combustión del gas natural son menores en un 40-50 % y respecto al fuel oil en un 25-30 %.

Se puede considerar los siguientes factores de emisión:

- Factor de emisión del petróleo: 81.66 Kg CO<sub>2</sub>/MMBtu
- Para el gas natural: 59.19 Kg CO<sub>2</sub>/MMBtu

Para evaluar las emisiones se puede usar la siguiente fórmula:

$$\text{Emisión de CO}_2 = \text{Factor de emisión} \times \text{MMBtu/h} \dots \dots \dots (2.1)$$

b. Emisiones NO<sub>x</sub>.

Se forman en la combustión al combinarse radicales de nitrógeno procedente del combustible o del propio aire, con el oxígeno. Se producen alrededor de un 95-98 % de NO y 2-5 % de NO<sub>2</sub>. Al ser la temperatura de llama del gas natural menor, se reduce la emisión de óxidos de nitrógeno en relación a otros combustibles. Las emisiones de NO<sub>x</sub> con gas natural es menor en dos veces respecto al Carbón y 2.5 veces menor respecto al Fuel oil.

c. Emisiones de SO<sub>2</sub>.

Debido a que el gas natural tiene un contenido de azufre menor a 10 ppm (odorizante), la emisión es 150 veces menor respecto al del gas oil, entre 70 y 1500 veces menor que la del Carbón y 2500 veces menor que la que emite el Fuel oil.

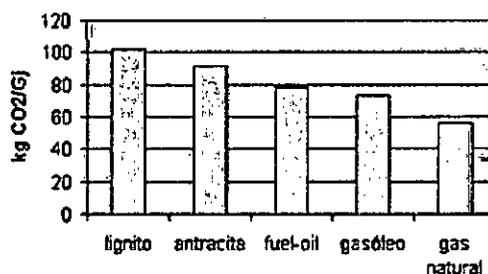
d. Emisiones de CH<sub>4</sub>.

Principal causante del gas invernadero, aunque tiene un tiempo de vida menor que las de CO<sub>2</sub>. Estas emisiones se emitirían sólo en caso de una fuga.

e. Partículas sólidas.

El gas natural se caracteriza por la ausencia de cualquier tipo de impurezas y residuos, lo que descarta cualquier emisión de partículas sólidas, hollines, humos, etc.

**GRÁFICO N°2.1  
EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> EN LA COMBUSTIÓN**



Emisión de CO <sub>2</sub> en la combustión				
lignito	antracita	fuel-oil	gasóleo	gas-natural
100	90	79	70	58

Fuente: Ministerio de energía, turismo y agenda digital, 2016.

La normativa peruana establece en general los siguientes límites máximos para las emisiones en la industria de harina:

**TABLA N°2.5**  
**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LAS EMISIONES DE LA INDUSTRIA DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO Y HARINA DE RESIDUOS HIDROBIOLÓGICOS**

CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN (mg/m3)
	Plantas existentes, las instalaciones nuevas, las que se reubiquen y del traslado físico
Sulfuro de hidrógeno, sulfuros	5
Material Particulado (MP)	150

Fuente: DS-011-2009-MINAM.

Respecto a las emisiones en Calderas, la normativa establece lo siguiente:

**TABLA N°2.6**  
**LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PERMISIBLES PARA CALDERA DE VAPOR DE USO INDUSTRIAL**

Parámetro	Límite de Emisión (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>		
	Combustible		
	Gas	Líquido	Sólido
Partículas sólidas <sup>(2)</sup>	-----	150	150
SO <sub>2</sub>	300	1500	1500 (carbón)
			100 (bagazo)
			500 (Bag/petro)
NO <sub>x</sub>	320	600	750
CO	100	350	500
Opacidad (Índice Bacharach) <sup>(3)</sup>	-----	4	-----

(1) Concentración referida a condiciones normales: 0°C, 1 atmósfera, 3% de O<sub>2</sub> para gas y líquido; y 6% de O<sub>2</sub> para sólido.  
(2) Para calderas de potencia mayor o igual a 800BHP (líquido) y 300BHP (sólido)  
(3) Para calderas menores a 800 BHP  
(4) Esto: Límites son aplicables a las calderas de vapor pirotubulares y acuotubulares; Asimismo, se aplican a calderas de calentamiento de agua o aceite térmico que queman Diesel, Residual o Gas o en general que queman combustibles fósiles y que pertenecen a las empresas industriales manufactureras pudiendo ser de aplicación por otros sectores.  
NOTA: El monitoreo de las emisiones atmosféricas se realizará conforme al Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas aprobado por Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI/D.M.

Fuente: NTP350.301.2009 Calderas industriales, 2009, p.16.

Otras emisiones son los vahos. El mayor emisor de vahos en el proceso de harina de pescado son los Secadores, ya que en esta etapa se usan volúmenes significativos de aire para retirar la humedad.

La siguiente tabla proporciona un estimado de emisiones de vahos.

**TABLA N°2.7  
EMISIONES DE VAHOS EN EL PROCESO  
DE HARINA DE PESCADO**

EMISIONES DE VAHOS EN EL PROCESO DE HARINA DE PESCADO	
Etapa	Emisión total, %
Secador	60-80
Cocinadores	10-20
Transportador de materia prima	10-20
Transportador neumático de harina	2-5

Fuente: CONAN, s.f.

### 2.2.3 Bonos de Carbono.

Los bonos de carbono fueron una respuesta a las obligaciones adoptadas por las naciones en el Protocolo de Kyoto de 1997: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (en adelante GEI<sup>7</sup>) a un 5% por debajo de lo emitido en 1990. Son instrumentos que certifican la reducción de la emisión de GEI, lo cual es medido en términos de toneladas de dióxido de carbono equivalente<sup>8</sup>.

El mercado de bonos de carbono consiste en que cada empresa, organización, individuo o país a nivel mundial puede comprar o vender reducciones de gases tóxicos traducidos en bonos de carbono

<sup>7</sup> GEI= gases de efecto invernadero.

<sup>8</sup> Osinergmin, *La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú*, pág.38.

debidamente certificados. Por ejemplo, la empresa/organización A decide implementar un programa de reducción de gases de efecto invernadero a través de la reforestación. Este programa es valorizado (certificado) y “puesto en el mercado”. Para poner en el mercado una cantidad de bonos de Carbono, se necesita primero valorizarlos a través de una empresa que brinde la requerida certificación. Durante el proceso de evaluación la empresa certificadora brindará asesoramiento técnico con el fin de determinar el equivalente de toneladas de CO<sub>2</sub> que se traducirán en certificados de emisiones emitidas (CERS), verificará y validará que se cumplan los requerimientos normativos. Adicionalmente a las CERS existen varios tipos de obtención de bonos de carbono: Monto Asignados Anualmente (AAUs), Unidades de Reducción de Emisiones (ERUs) y Unidad de Remoción de Emisiones (RMUs); entre otros.

Un ejemplo peruano en el 2012 es la auditoría llevada a cabo por la Agencia Española de Normalización y Certificación (AENOR), al Corredor Segregado de Alta Capacidad (COSAC I) del sistema de transporte de buses Metropolitano de Lima que recibió la certificación ‘Verified Carbon Standard’ (VCS); otorgada por el cuidado del medio ambiente, debido al cambio de matriz energética a gas natural.<sup>9</sup>

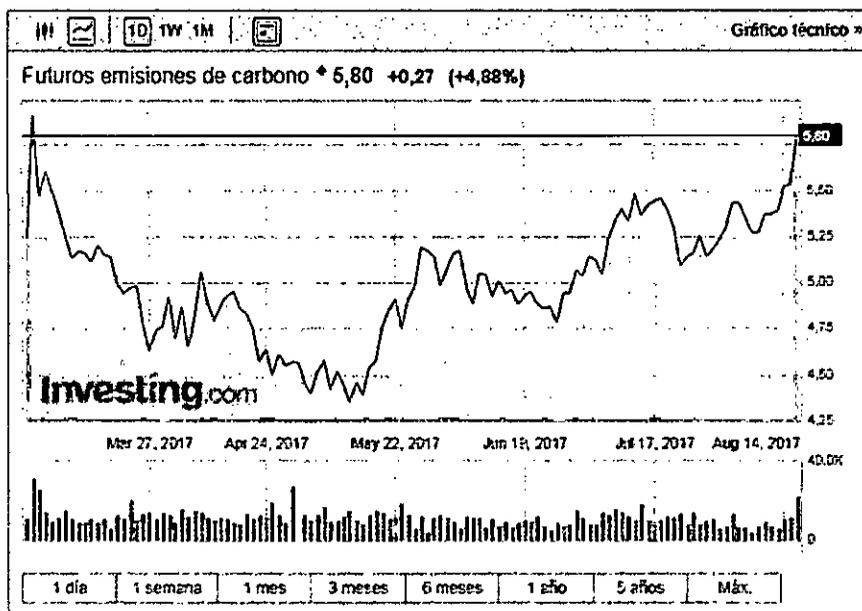
---

<sup>9</sup> RPP Noticias, 2012, Agosto, *Conozca los bonos de Carbono y qué hace Perú al respecto*. Recuperada el 10 de Abril de 2017, de <http://rpp.pe/tecnologia/mas-tecnologia/conozca-los-bonos-de-carbono-y-que-hace-peru-al-respecto-noticia-514590>.

La posibilidad de reducir las emisiones CO<sub>2</sub> a la atmósfera abre la oportunidad de vender bonos de carbono y así la mejorar la rentabilidad del proceso. Actualmente la Ton de CO<sub>2</sub> se cotiza en 5.80 euros, equivalente a 6.79 USD.

## GRÁFICO N°2.2 COSTO DE TON DE CARBONO EN EUROS EN EL MERCADO INTERNACIONAL

Resumen Futuros emisiones de carbono



Fuente: España, 2017

### 2.2.4 Consumidores de combustible.

Los equipos que consumen combustible para el proceso de elaboración de harina de pescado son las calderas y el secador de aire caliente, se listan en la Tabla 2.8:

**TABLA N°2.8  
LISTA DE CONSUMIDORES DE COMBUSTIBLE.**

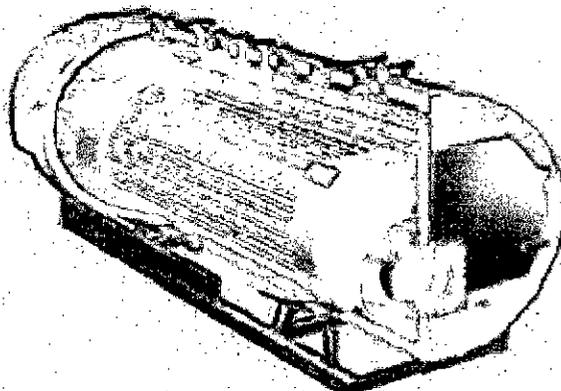
	EQUIPOS	POTENCIA
1	Secador de aire caliente HLT SAACKE de 800BHP	800 BHP
2	Caldera Cleaver Brooks	800 BHP
3	Caldera Power Master	900 BHP
4	Caldera Power Master	700 BHP
5	Caldera Cleaver Brooks	800 BHP
6	Caldera Cleaver Brooks	600 BHP
7	Caldera Cleaver Brooks	800 BHP
8	Caldera Cleaver Brooks	1200 BHP
	TOTAL	6,600 BHP

A continuación, se describen los equipos:

a. Las Calderas Pirotubulares.

En la que los gases de combustión circulan por el interior de los tubos y el líquido se encuentra en un recipiente atravesado por dichos tubos. Son de aplicación principalmente cuando la presión de trabajo es inferior a los 22 barg.

**FIGURA N°2. 3  
CALDERA PIROTUBULAR HORIZONTAL**



Fuente: Comunidad de Madrid, 2012.

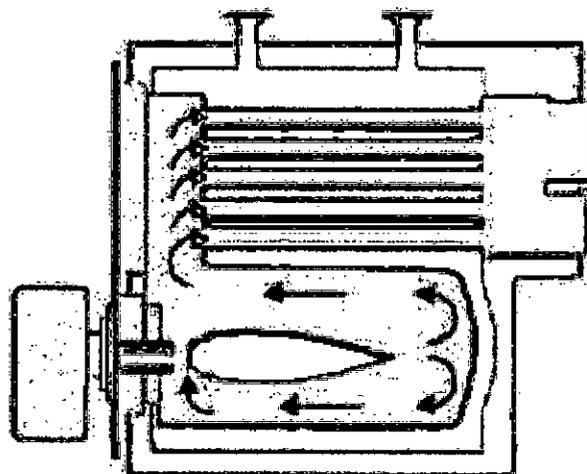
También se distinguen la cantidad de pasos de gases:

a.1 Caldera de dos pasos de gases.

Ver figura 2.4, se distingue dos vías de paso autónomas de circulación de los productos de la combustión. Los gases producidos por el quemador en la parte posterior de la cámara de combustión fluyen en sentido inverso a través del hogar volviendo hacia el núcleo de la llama por la zona exterior de la misma hasta la zona delantera de la caldera para introducirse en los tubos del segundo paso de humos. Seguido los gases de combustión son dirigidos hacia la caja trasera y evacuados al exterior.

Las calderas que se basan en este principio se caracterizan por su bajo rendimiento; así como por el alto contenido de sustancias contaminantes en los gases de combustión.

**FIGURA N°2. 4**  
**CALDERA PIROTUBULAR DE DOS PASOS DE GASES**  
**DE COMBUSTIÓN DE CÁMARA HÚMEDA**



Fuente: Comunidad de Madrid, 2012.

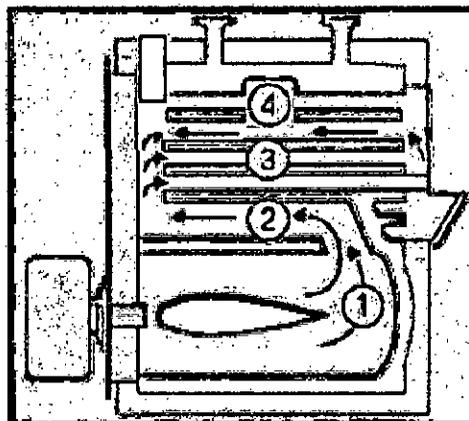
### a.2 Caldera de cuatro pasos de gases.

Ver figura 2.5, se distingue cuatro vías de paso autónomas de sentido único de circulación de los productos de la combustión.

El primer paso es el hogar, el segundo fluye por el exterior del hogar, luego los gases cambian de dirección pasando a través de los tubos de humos (tercer paso) y por último vuelven a cambiar de dirección (cuarto paso) y luego se dirigen al conducto de evacuación de gases (chimenea).

Las calderas que se basan en este principio se caracterizan por su alto rendimiento; así como por el bajo contenido de sustancias contaminantes en los gases de combustión.

**FIGURA N°2. 5**  
**CALDERA PIROTUBULAR DE CUATRO PASOS**  
**DE GASES CON CÁMARA HÚMEDA**

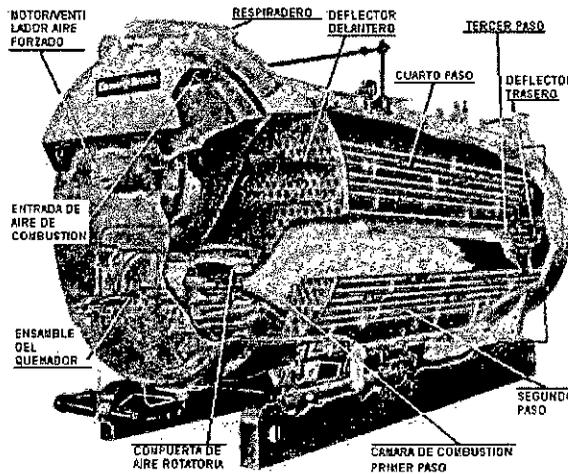


Fuente: Comunidad de Madrid, 2012.

La potencia nominal varía en función de la presión de trabajo de la caldera y la temperatura del agua de alimentación.

La planta cuenta con 7 calderas del tipo Pirotubulares con cuatro pasos de gases y con cámara seca.

**FIGURA N°2. 6**  
**: PARTES DE UNA CALDERA PIROTUBULAR DE CUATRO PASOS DE GASES CON CÁMARA HÚMEDA**



Fuente: •Cleaver Brooks, s.f.

La NTP 350.301:2009, clasifica la eficiencia térmica en rangos y categorías.

**TABLA N°2.9**  
**RANGOS Y CATEGORÍAS DE EFICIENCIA TÉRMICA**  
**PARA CALDERAS DE VAPOR SATURADO**

CATEGORÍA	RANGO DE EFICIENCIA TÉRMICA ( $\eta$ )
A	Mayor de 82 %
B	$80 < \eta \leq 82\%$
C	$78 < \eta \leq 80\%$

Fuente: NTP 350.301, 2009.

b. Secador Rotatorio de aire caliente de contacto indirecto.

Equipo final de secado en el proceso de la harina de pescado, a baja temperatura en el que el producto reducirá la humedad de 20 a 8% durante un proceso de secado con una duración de 20 min. Basado en el principio de secado por convección, el calor se transfiere a la harina por medio del aire precalentado en forma indirecta en intercambiadores de calor (tubos calentados por gases de combustión), es decir los gases de combustión nunca están en contacto directo con el producto. Compuesto por dos secciones una primera conformada por la cámara de combustión donde el combustible y aire de combustión se mezclan para reaccionar estos gases de combustión pasan al intercambiador para entregar temperatura al aire para precalentarlo, a la salida el aire a una temperatura de máxima de 350 °C secará de forma directa la torta semi seca (scrap) en la cámara de secado (2 da sección), aquí saldrán vahos y aire de dilución.

Las características de operación de este sistema son:

- Temperatura de aire caliente máxima 350 °C (la harina supera los 60 °C).
- Tiempo de residencia entre 8 y 20 min.<sup>10</sup>

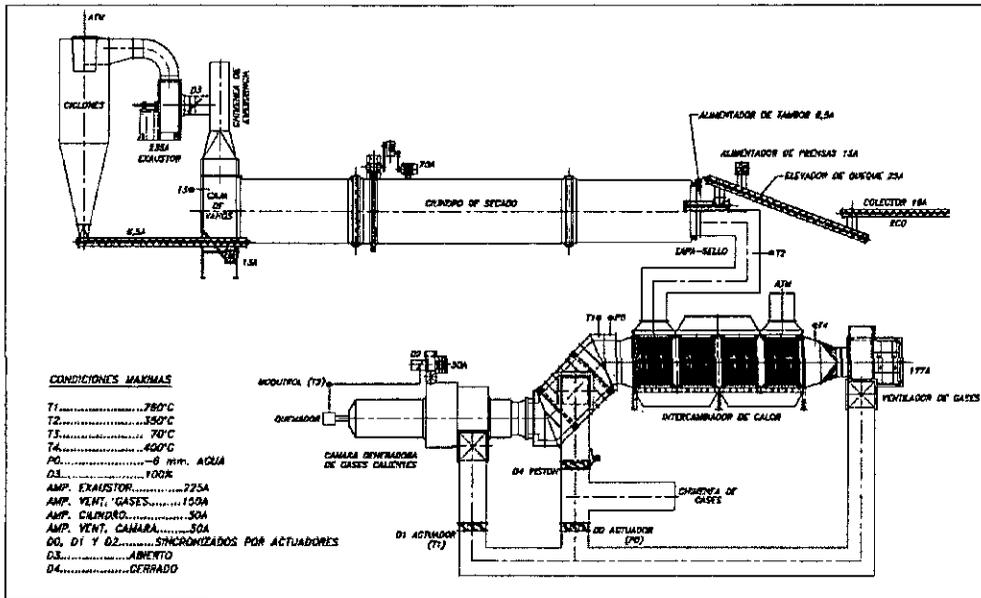
---

<sup>10</sup> Tecnología implementada por la empresa Noruega Kvarner Hetland a principios de la década de los 80 para satisfacer los nuevos requerimientos de calidad de harina de pescado destinada a la acuicultura.

Estas características de operación permiten obtener un producto de composición favorable en aminoácidos y de mejor digestión. Siendo el sistema cerrado todos los gases residuales se pueden desodorizar antes de abandonar el sistema.

En este equipo el sólido por secar se introduce continuamente en uno de los extremos de un cilindro giratorio, como se muestra en la figura 2.7, mientras que el aire caliente fluye por el otro extremo. El cilindro está instalado en un pequeño ángulo con respecto a la horizontal; en consecuencia, el sólido se mueve lentamente a través del aparato. Dentro del secador, unos elevadores que se extienden desde las paredes del cilindro en la longitud total del secador levantan el sólido y lo riegan en una cortina móvil a través del aire; así lo exponen completamente a la acción secadora del aire caliente. Esta acción elevadora también contribuye al movimiento hacia adelante del sólido. Los gases despendidos en el secado son aspirados por un exhaustor permitiendo la recuperación de finos mediante los ciclones.

**FIGURA N° 2. 7**  
**SISTEMA DE SECADO POR AIRE CALIENTE**



Fuente: Goalco Proyectos S.A.

### 2.2.5 Proceso de combustión.

a. Definición de combustión: Conversión de energía química primaria contenida en un combustible (sustancia reductora) a energía térmica a partir de la reacción de oxidación con el oxígeno del aire (sustancia oxidante o comburente); a una velocidad y temperatura (ignición) tal que el calor producido llegue a la incandescencia y se mantenga. Así la combustión produce calor (reacción exotérmica), llama y productos gaseosos (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO). Para que un combustible sufra la combustión, es necesario que alcance su temperatura de ignición. La temperatura de ignición es 20 a 60°C más alta que la temperatura de inflamación.

Las fases de la reacción de combustión son:

- Fase de formación de radicales: El combustible se descompone dando lugar a la formación de radicales, que son compuestos intermedios inestables y muy activos, de este modo el carbono y oxígeno pueden reaccionar.
- Fase de Oxidación: Se produce la reacción entre los elementos y el Oxígeno. Es una fase muy exotérmica y aquí se da lugar a la propagación de la llama.
- Fase final: Aquí se producen los compuestos estables o gases de combustión.

**Los elementos de la combustión son:**

- El combustible, sustancia que tiene gran afinidad para combinarse con el oxígeno.
- El comburente (oxígeno del aire), en proporción adecuada para el combustible.
- La energía de activación (chispa eléctrica), que genera una temperatura adecuada, cuyo valor influye directamente proporcional en la velocidad de reacción (combustión).

El carácter multidisciplinario del proceso de combustión demanda el soporte de ciencias básicas:

La Termodinámica, que enseña si el proceso es viable y predice la composición final, la energía liberada y la

temperatura alcanzada en el equilibrio.

- La Cinética química, que trata de predecir el mecanismo detallado de la reacción, la velocidad de reacción, el por qué se producen radicales luminiscentes e ionizados, etc.
- La Transmisión de calor y de masa, que enseña cómo se difunden la energía térmica y las especies.
- La Mecánica de fluidos, con los datos de las anteriores, enseña a establecer los balances de flujos apropiados <sup>11</sup>

b. Eficiencia en la combustión ( $\eta_c$ ): Es la máxima cantidad de calor aprovechable que puede liberar el combustible durante la combustión (disponible en la cámara), es decir sin producir inquemados. Se expresa en porcentaje (%).

c. Eficiencia Térmica ( $\eta_t$ ): Dos de los más comunes enunciados de la 2da Ley de la Termodinámica son los siguientes:

1. Ningún equipo puede funcionar de modo tal que su único efecto (en el sistema y sus alrededores) sea convertir completamente todo el calor absorbido por el sistema en trabajo.
2. No existe ningún proceso que consista exclusivamente en la transferencia de calor de un nivel de temperatura a otro mayor.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Boehm, R, 2007,

<sup>12</sup> Smith, Van Ness & Abott M., 1996.

El primer enunciado plantea la imposibilidad de convertir el 100% de la energía térmica de una fuente, en trabajo útil. Introduce también el concepto de eficiencia térmica, que se define como la relación entre el trabajo útil producido por un sistema y la cantidad de calor que ingresa al mismo.

El segundo enunciado nos dice además que todo proceso de extracción de calor es irreversible.

Entonces la eficiencia térmica como la relación de calor útil obtenido ( $Q$  útil) y el calor total que aporta el combustible ( $Q$  total).

$$n_t = \frac{Q \text{ útil}}{Q \text{ total}} \dots\dots\dots (2. 2)$$

La diferencia entre el calor total y útil será el calor perdido en el proceso térmico:

- Pérdidas por calor sensible en el gas seco de combustión (P1).
- Pérdidas por humedad en gases de combustión (P2).
- Pérdidas por inquemados gaseosos (P3).
- Pérdidas por inquemados sólidos (P4).
- Pérdidas por convección (P5).
- Pérdidas por radiación (P6).
- Pérdidas por purga (P7).

$$n_t = 1 - \text{Pérdidas} \dots \dots \dots (2. 3)$$

La eficiencia térmica de un equipo, es función tanto de la calidad de la combustión que se genera en su seno (control de pérdidas), como de la capacidad y eficacia del equipo en que se genera la combustión (tecnología utilizada para el aprovechamiento de la energía), el que trata de extraer y transferir la energía que es capaz de producir el combustible antes que los gases de combustión sean evacuados por una chimenea.

La eficiencia térmica de los equipos de combustión puede variar con:

- El diseño individual del equipo de combustión.
- La carga del equipo de combustión.
- El exceso de aire.
- La temperatura del gas de combustión.
- El mantenimiento de los equipos de combustión.

La eficiencia térmica está compuesta de dos términos:

c.1 Eficiencia en la combustión.

Efectividad de cualquier aparato de combustión para convertir la energía interna contenida en el combustible en energía calórica para ser usada en un proceso. La parte de energía total que se encuentra disponible en la cámara tras el proceso de combustión, depende de los parámetros de operación. Se consideran pérdidas: por humedad en gases de combustión, pérdidas por inquemados gaseosos y pérdidas por inquemados sólidos (control de pérdidas).

#### c.2 Eficiencia del equipo.

Parte de energía de combustión que finalmente podrá consumir el proceso de interés. Depende del diseño del equipo y su funcionamiento. Se consideran pérdidas de calor sensible, convección, pérdidas por radiación (tecnología utilizada para el aprovechamiento de la energía) y pérdidas por purgas.

#### d. Parámetros de eficiencia en la combustión.

##### d.1 Tipo de combustible.

Los combustibles varían en composición por el contenido de hidrógeno dentro de su composición, a mayor número de hidrógenos mayor producción de humedad en los gases de combustión y por tanto pérdida de energía para formar vapor de agua.

Por ejemplo, el gas natural cuenta con 4 átomos de Hidrógeno por cada átomo de Carbono, esto implica una mayor producción de humedad en los gases de combustión, si lo comparamos con el petróleo que contiene entre 1 y 2 átomos de Hidrógeno por cada átomo de Carbono; este último tendrá menor producción de humedad en los gases de combustión por tanto mayor poder calorífico, obteniendo teóricamente una mayor eficiencia.

d.2 Temperatura de agua de alimentación (caldera) ó temperatura de alimentación de aire (secador).

La eficiencia aumenta al elevar la temperatura del fluido de alimentación a calentar, ya que con ello se necesitará menor cantidad de energía por unidad de fluido caliente. De forma ilustrativa en las calderas al aumentar 5°C en la temperatura de alimentación del agua la eficiencia aumentará en 1 %.

d.3 Temperatura de aire de combustión.

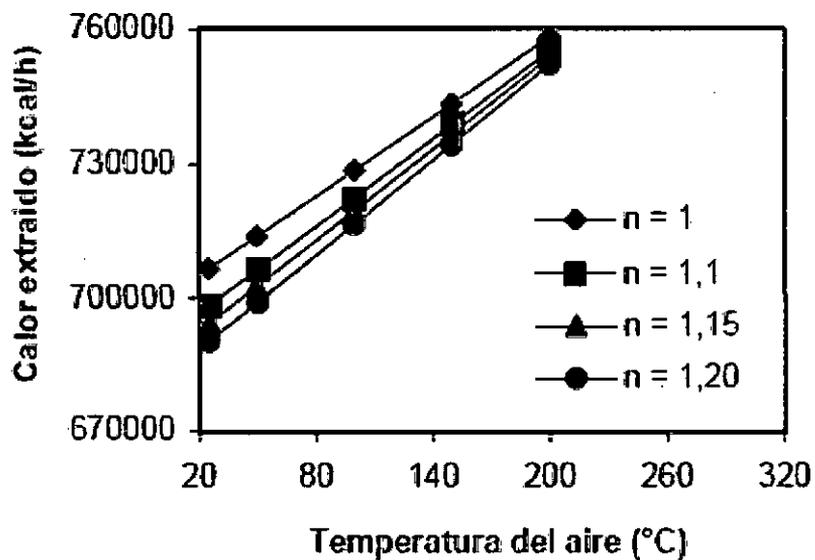
Temperatura a la que el aire se mezclará con el combustible, si este aire se precalienta entonces la velocidad de combustión aumentará y se necesitará menor exceso de aire.

**TABLA N°2.10**  
**TEMPERATURA DE AIRE PARA COMBUSTIÓN**  
**VERSUS EXCESO DE AIRE**

Temperatura de aire para combustión		Exceso de aire resultante	
(°C)	(°F)		
4.5	40	25.5	
10.0	50	20.2	
26.7	80	15.0	Regulación inicial
37.8	100	9.6	
48.8	120	1.1	

Fuente: CBO, Energy efficiency Handbook.

**GRÁFICO N°2. 3**  
**TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO DE AIRE**  
**SOBRE EL CALOR EXTRAÍDO USANDO DISTINTOS EXCESOS DE**  
**AIRE.**



Fuente: Gloria Villaflor, Argentina, 2008.

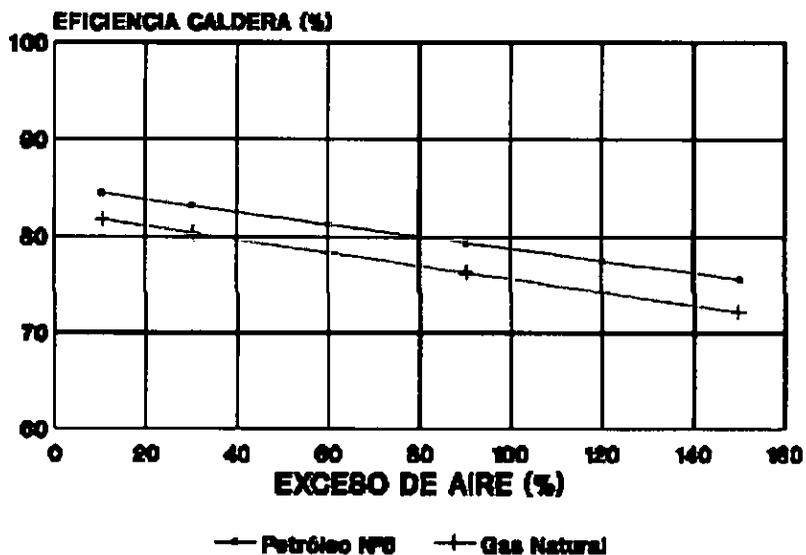
d.4 Nivel de exceso de aire.

Cantidad de aire por sobre el estequiométrico para lograr una

buena combustión y evitar inquemados; por ende, pérdida de rendimiento y emisiones nocivas, varía de acuerdo:

- Tipo de combustible.
- Diseño o tecnología del quemador - tobera - difusor.
- Características del combustible y preparación.
- Carga como porcentaje de carga máxima (demanda).
- Velocidad de infiltración del aire.
- Condiciones ambientales.

**GRÁFICO N°2. 4**  
**EFICIENCIA V/S EXCESO DE AIRE PARA EL CASO DE PETRÓLEO**  
**RESIDUAL Y EL GAS NATURAL (TEMPERATURA DE SALIDA DE**  
**GASES DE 220 °C)**

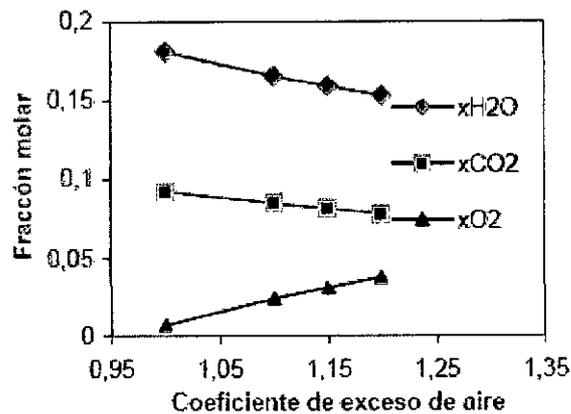


Fuente: Thermal Engineering LTDA, Santiago – Chile, p. 2.

La operación con demasiado exceso de aire, reducirá la temperatura del hogar y arrastrará una buena cantidad de calor útil a la chimenea.

Poco exceso de aire producirá una combustión incompleta, resultando la evacuación de combustible sin quemar por la chimenea. El exceso de aire a utilizar debe ser el mínimo posible, compatible con la combustión completa del combustible, ya que el mismo diluye los gases de combustión y consume calor. Este calor perdido aumenta el consumo de combustible, por lo que el uso de exceso de aire correcto conlleva un ahorro de combustible, con la consiguiente disminución de emisión de dióxido de carbono a la atmósfera.

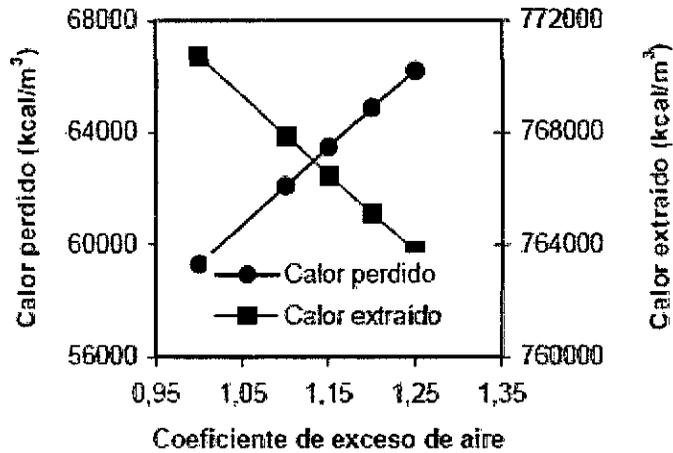
**GRÁFICO N°2. 5**  
**EFFECTO DEL AIRE EN LA COMPOSICIÓN**  
**DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN.**



Fuente: Gloria Villaflor, Argentina, 2008.

La operación con exceso de aire adecuado trae consigo beneficios adicionales como la reducción en la temperatura de los gases de chimenea, reducción en el consumo de potencia del ventilador de tiro forzado o inducido que inyecta el aire secundario de combustión.

**GRÁFICO N°2. 6**  
**EFFECTO DEL EXCESO DE AIRE SOBRE EL CALOR PERDIDO**  
**Y EL CALOR EXTRAIDO**

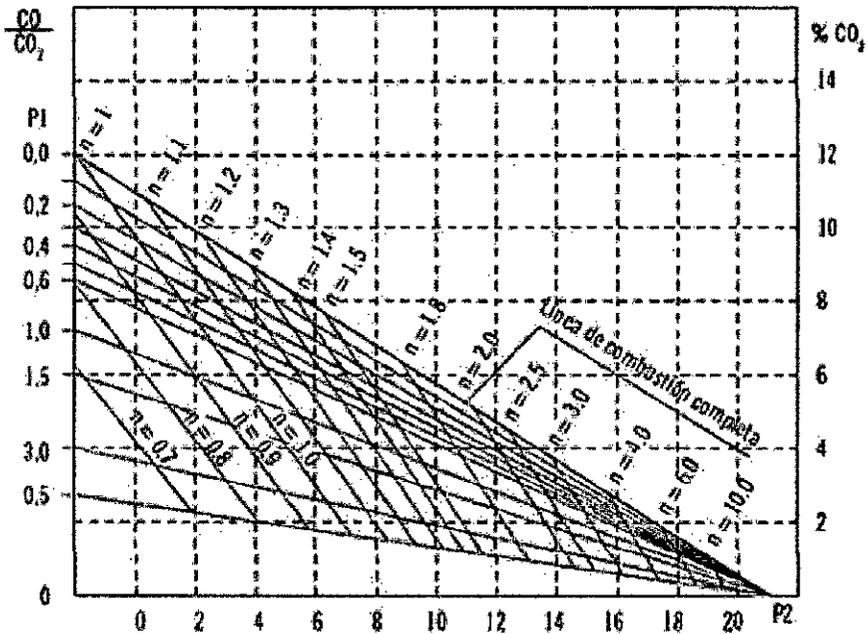


Fuente: Gloria Villafior, Argentina, 2008.

En calderas el exceso de aire debe ser aumentado cuando la carga disminuye. A bajas cargas las velocidades en el quemador disminuyen con lo que la circulación de gases se reduce, mientras el volumen de la caldera se mantiene constante. Lo anterior reduce las turbulencias y disminuye la eficacia en la mezcla aire combustible. El exceso de aire debe disminuir cuando la carga se eleva.

Una forma rápida y confiable de estimar el exceso de aire en una combustión es usando los diagramas de combustión Kisel u Ostwald, cada combustible tiene su propio diagrama. Estos gráficos relacionan el exceso de aire, la composición de los humos ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ ).

**GRÁFICO N°2. 7**  
**DIAGRAMA DE KISSEL PARA EL GAS NATURAL**



Fuente: Entrena González, España, 2014.

#### d.5 Llama apropiada.

Es un requisito imprescindible para garantizar el aprovechamiento racional de la energía contenida en el combustible. Esta llama se genera en el quemador.

El quemador cuenta con un orificio de formación de la llama que es el encargado de dar una dirección definida a la mezcla aire primario, combustible y a la llama en formación, también cuenta con un difusor, el cual genera la turbulencia necesaria para la mezcla adecuada combustible/aire para que la combustión sea completa. Con ello se logra que la temperatura de la llama sea más

alta y en un tiempo de combustión corto.

Mantener una llama estable depende de la velocidad de la mezcla reactante, de la temperatura de la mezcla reactante, la sección de paso del combustible / aire (orificio de salida, diámetro, ángulo de dispersión y ruta de paso) y de la velocidad de propagación de esta llama. Para garantizar una llama estable la velocidad de la mezcla reactante debe ser igual a la velocidad de propagación de la llama. Además, considerar que la mezcla reactante debe encontrarse dentro de los límites inferior y superior de inflamabilidad.

La velocidad de la mezcla reactante depende del tipo de combustible, la proporción combustible / aire (presiones).

A medida que aumenta la temperatura de la mezcla aumenta la velocidad de propagación de la llama.

La sección de paso del combustible y el aire en el quemador varía en diámetro, ángulo de dispersión y pueden ingresar radial y axialmente, todo ello depende de la demanda de la capacidad necesaria.

La velocidad de propagación de la llama depende del orificio de formación de la llama, el espacio disponible para fluir (sección y longitud) la relación aire radial/aire axial, la relación combustible radial/ combustible radial (turbulencia).

#### d.6 Temperatura de los gases de chimenea.

Temperatura a la cual los gases de combustión habiendo transferido la energía al fluido frío evacuarán por una chimenea.

Un equipo con paso de humos con diámetro grande va a tener elevada temperatura de humos, debido a que fácilmente saldrá por los pasos de tubos sin retener los humos y los evacuará por la chimenea (pérdida de energía).

Un equipo con paso de humos adecuado retiene los humos de forma que los gases en la chimenea mantengan una temperatura de baja, como indicación de haber extraído el máximo de energía liberada durante la combustión.

Sin embargo, la temperatura de humos debe estar por encima del punto de rocío de los componentes ácidos (temperatura de rocío del ácido sulfúrico dependiendo de las concentraciones  $\text{SO}_3$  y vapor  $\text{H}_2\text{O}$  116-166 °C), para evitar condensaciones y formación de ácidos promotores de corrosión debido a la reacción del trióxido de azufre y vapor de agua. Al entrar en contacto el vapor de ácido sulfúrico con una superficie relativamente fría o humedad de los gases podrá formarse ácido sulfúrico líquido. Esto no ocurre con el gas natural debido a su casi imperceptible contenido de azufre.

**TABLA N°2.11**  
**PUNTOS DE ROCÍO ÁCIDO, TEMPERATURAS MÍNIMAS**  
**RECOMENDADAS PARA LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN Y**  
**TEMPERATURAS ADMISIBLES DEL AGUA**  
**DE ALIMENTACIÓN PARA PREVENIR CORROSIÓN**

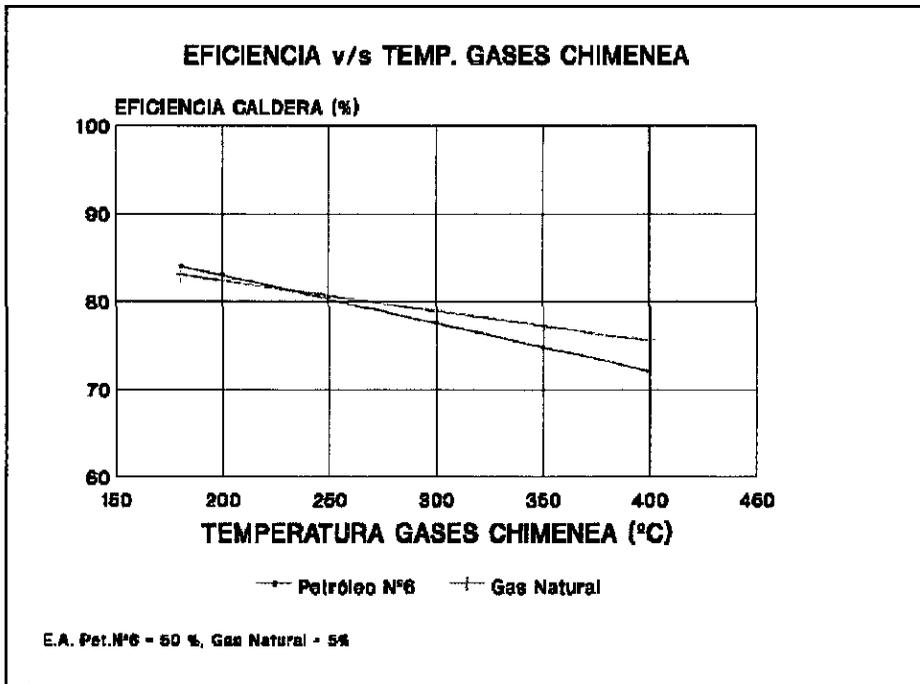
COMBUSTIBLE	PUNTO ROCÍO ÁCIDO (°C)	TEMP. MÍN. CHIMENEA (°C)	TEMP. ADMISIBLE AGUA DE ALIMENTACIÓN (°C)
Gas Natural	65	121	100
Petróleo liviano	82	135	100
Petróleo bajo azufre	93	148	104
Petróleo alto azufre o carbón	110	160	115

Fuente: Thermal Engineering LTDA, Santiago – Chile, p. 6.

Las pérdidas en los gases de chimenea representan alrededor de un 18 % para el caso de las calderas que utilizan gas y 12 % para el caso de las calderas que utilizan carbón y petróleo.

A mayor temperatura de humos mayor cantidad de calor que no estamos aprovechando en la caldera y la estamos votando por la chimenea.

**GRÁFICO N° 2. 8**  
**EFICIENCIA V/S TEMPERATURA DE LOS PRODUCTOS**  
**DE LA COMBUSTIÓN**



Fuente: Thermal Engineering LTDA, Santiago – Chile, p. 4.

e. Parámetros de eficiencia en el equipo.

La eficiencia del equipo está determinada por:

e.1 Pérdida de calor por convección y radiación.

Son proporcionales al tamaño del equipo y se da en la superficie exterior del mismo. La convección es la transferencia de calor desde la superficie límite de un sólido a un fluido, debido a las diferencias de densidad entre las zonas calientes y frías del mismo (convección natural), pudiendo favorecerse este movimiento por medios mecánicos (convección forzada).

El diseño de los equipos (caldera y secador) y la limpieza de las superficies de calefacción. Un buen diseño y superficies limpias tienen como resultado: máxima transferencia de calor y menores pérdidas de calor por la chimenea. Diseños antiguos o la presencia de hollín y escamas en los fluxes reducen la transferencia de calor, incrementan la temperatura de los gases a la salida de la caldera y en consecuencia reducen la eficiencia. Incluye:

- El tipo y distribución de los tubos en la zona convectiva.

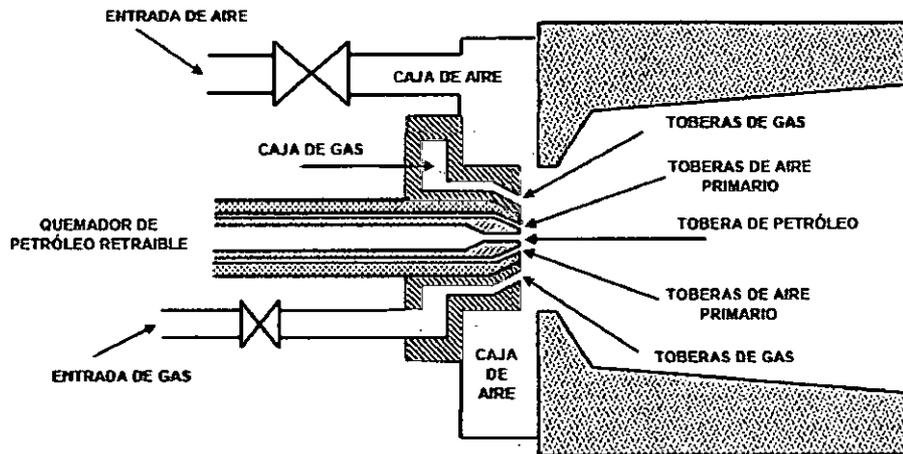
La característica es la cantidad de paso de tubos y del diámetro de circulación de los productos de combustión.

Así en el caso de las calderas Piro-tubulares que tiene cuatro pases de humos, tienen alto rendimiento y bajo contenido de sustancias contaminantes en sus gases de combustión. Tubos con diámetro alto dejarán pasar con facilidad los gases de combustión e impedirán una transferencia de calor adecuada.

El diseño del quemador y su capacidad de ser ajustado a relaciones aire / combustible adecuadas son importantes. El quemador aporta aire y combustible, y los mezcla en proporciones adecuadas para obtener una combustión completa. Los quemadores usados en la planta productora de harina de pescado son del tipo dual, los que pueden quemar

combustible líquido o gaseoso, en nuestro caso gas natural y petróleo residual R-500 y R-6.

**FIGURA N°2.8**  
**QUEMADOR TIPO DUAL (GAS / PETRÓELO)**



Fuente: Conae, 2006.

- Velocidad adecuada del combustible y el aire para la combustión.

Estas velocidades dependen de la Cinética de la reacción y se adecúan variando los diámetros y número de orificios de salida de cada componente y modulando las presiones. Debe garantizarse que la velocidad reactante combustible / aire se equilibre con la velocidad de propagación del frente para tener una llama estable.

Régimen de fuego.

Se recomienda tener dimensionados los equipos térmicos a valores entre 75 y 100 % de la demanda de vapor. Las pérdidas por radiación y por los gases de chimenea secos aumentan al disminuir el régimen de fuego. La operación dinámica de un equipo favorece la eficiencia. Lo ideal es que un equipo opere en forma continua no apagándose nunca. De lo contrario de presentará ciclos de encendido y apagado se evidenciará pérdida de calor por convección y radiación, asociada al aire que pasa a través del equipo durante la ventilación que forma parte de cada secuencia de encendido del quemador.

**TABLA N°2.12**  
**RELACIÓN DE CICLOS DE ENCENDIDO Y APAGADO**  
**Y LA PÉRDIDA DE ENERGÍA EN PORCENTAJE**

N° CICLOS/HORA	PÉRDIDA DE ENERGÍA
2	2
5	8
10	30

Fuente: Thermal Engineering LTDA, Santiago – Chile, s.f..

En hornos, calderas y procesos industriales se produce transferencia de calor por convección en todo el circuito de circulación de los gases de combustión desde la llama hasta la chimenea de salida. El diseño de los procesos, instalaciones y equipos industriales determinan los niveles de aprovechamiento del calor liberado en la combustión.<sup>13</sup>

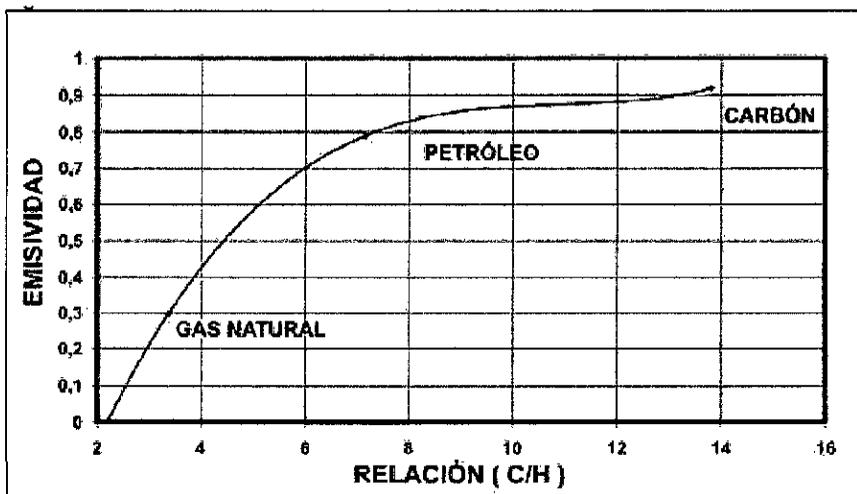
La transferencia de calor por convección en las calderas se da entre los gases de combustión y las paredes de los tubos, y entre la masa de agua fría y caliente que fluye dentro de la caldera. Las pérdidas por convección en las calderas se dan en los gases de chimenea, debido a la existencia de incrustaciones, un mal aislamiento perdiendo calor al medio ambiente. En el caso del Secador la transferencia por convección se da entre el aire caliente y el producto a secar, las pérdidas se pueden dar debido a la existencia de una inadecuada turbulencia dentro de la cámara de secado, una mala relación tiempo/temperatura de secado.

---

<sup>13</sup> COMUNIDAD DE MADRID, Enero 2013, *Guía básica Calderas industriales eficientes*. Recuperado el 17 de Agosto de 2017, de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-basica-calderas-industriales-eficientes-fenercom-2013.pdf>

La radiación es la transferencia de calor mediante energía radiante que parte de la superficie de la sustancia emisora en todas direcciones y que no necesita de un soporte material. Esta pérdida es proporcional al factor de emisividad (depende de la permanencia de la llama en estado incandescente) y a la diferencia de la cuarta potencia de la temperatura del cuerpo emisor (caldera o secador) respecto del cuerpo receptor (Aire).

**GRÁFICO N°2.9**  
**EMISIVIDAD DE LA LLAMA SEGÚN EL TIPO**  
**DE COMBUSTIBLE**

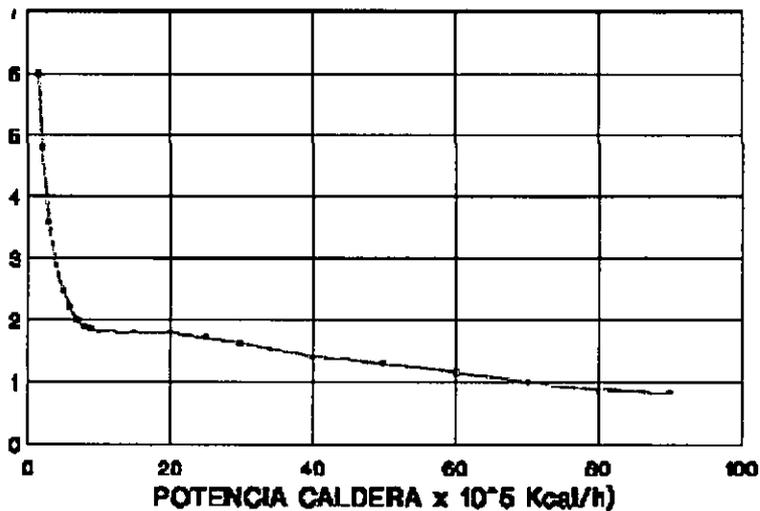


Fuente: Calderas industriales eficientes, Madrid, 2012.

Su valor está condicionado por la eficacia del aislamiento térmico, el que debe tener bajo coeficiente de transmisión de calor  $W/m.K$ , este aislamiento debe garantizar que el valor del cuerpo del equipo térmico no baje de manera significativa a fin de minimizar

las pérdidas de temperatura. Las pérdidas por radiación aumentan al disminuir el régimen de fuego. Por ejemplo, en caso de operar una caldera a un factor bajo de carga, las pérdidas debido a la radiación y convección podrían alcanzar un 5%. La transferencia de calor por radiación se da en el interior de la llama de las calderas y secador; este calor se entrega a los gases de combustión. Las pérdidas por radiación se dan debido un mal aislamiento perdiendo calor al medio ambiente. Considerar que en el caso de calderas Piro-tubulares y el secador la transferencia por convección representa alrededor del 85 %, mientras que la transferencia por radiación representa el 15 %.

**GRÁFICO N°2.10**  
**PÉRDIDA DE CALOR POR RADIACIÓN (%) VERSUS**  
**POTENCIA DE UNA CALDERA (X10<sup>-5</sup> KCAL/H)**

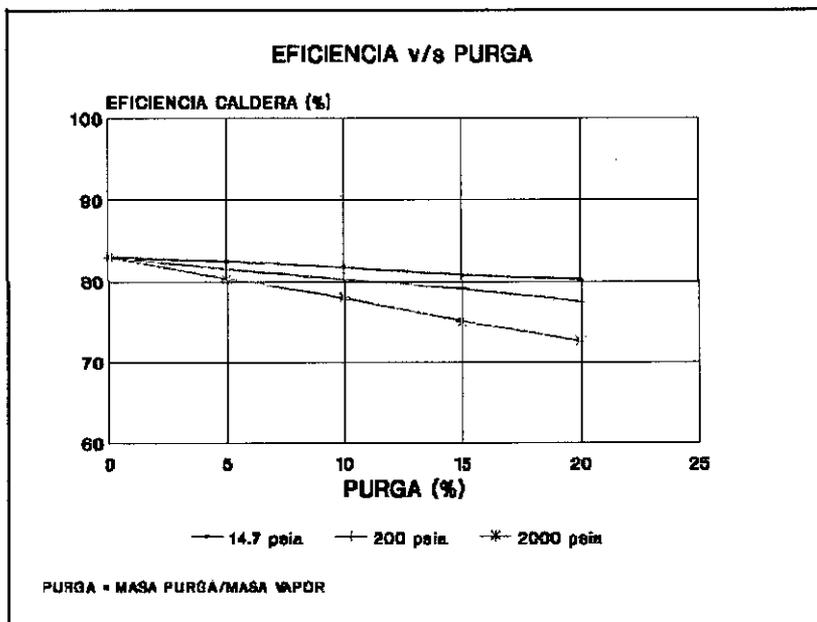


Fuente: American Boiler Manufacturing Association.

## e.2 Pérdida de calor en las purgas.

El objetivo de la purga en una caldera es extraer sólidos disueltos y en suspensión dentro de la caldera, ya que, al vaporizarse el agua, la concentración de sólidos aumenta en el agua que queda, lo cual conduce a problemas de incrustación, con ello se reduce la transferencia de calor al agua y finalmente la eficiencia. Se debe buscar un nivel adecuado, una purga insuficiente no impide la formación de fangos, incrustaciones y arrastres, mientras una purga excesiva producirá pérdidas de calor elevadas.<sup>14</sup>

**GRÁFICO N°2.11**  
**RELACIÓN ENTRE PORCENTAJE DE PURGA Y EFICIENCIA**  
**DE UNA CALDERA, DE ACUERDO A LA PRESIÓN DE TRABAJO**



<sup>14</sup> CONAE, *Eficiencia en calderas y combustión, Dirección de enlace y programas regionales*, México, 2007, p. 10.

Fuente: Thermal Engineering LTDA, Santiago – Chile, s.f.

## 2.2.6 Mediciones de la eficiencia térmica.

### a. Eficiencia térmica de una caldera.

Existen 2 métodos para determinar la eficiencia térmica de una caldera:

#### a.1 Determinación de la Eficiencia Térmica (n) por el Método Directo.

$$n_{\text{Caldera}} = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{ingreso}}} \dots\dots\dots (2. 4)$$

El calor que sale con el vapor en Kj/h (Q útil), se obtiene mediante el uso de tablas de vapor considerando la temperatura de agua de alimentación, la presión a la que se produce el vapor y el flujo de vapor.

$$Q_{\text{útil}} = \dot{Q}_v = \dot{m}_v \cdot (h_g - h_f) \dots\dots\dots (2. 5)$$

Donde:

$h_g$ : Entalpía del vapor en fase gas a la presión de la caldera en Kj/Kg.

$h_f$ : Entalpía del vapor en fase líquida a la presión de la caldera en Kj/Kg.

$\dot{m}_v$ : Flujo de vapor que sale de la caldera en Kg/h.

El calor suministrado en Kj/h (Q ingreso) por el combustible se calcula considerando el flujo de combustible y el poder calorífico del combustible.

$$Q \text{ ingreso} = \dot{m}_c \cdot PCS \dots\dots\dots (2.6)$$

$$n = \frac{\text{Energía absorbida por el vapor}}{\text{Energía aportada por el combustible}} = \frac{\dot{m}_v \cdot (h_g - h_f)}{\dot{m}_c \cdot PCS} \quad (2.7)$$

Donde:

$\dot{m}_v$ : Flujo másico de vapor  $\left(\frac{Kg}{h}\right)$ .

$h_g$ : Entalpía del vapor  $\left(\frac{Kj}{Kg}\right)$ .

$h_f$ : Entalpía del agua de alimentación  $\left(\frac{Kj}{Kg}\right)$ .

$\dot{m}_c$ : Consumo de combustible  $\left(\frac{Kg}{h}\right)$ .

PCS: Poder calorífico superior del combustible  $\left(\frac{Kj}{Kg}\right)$

a.2 Determinación de la Eficiencia Térmica (n) por el Método Indirecto o de las pérdidas Separadas.<sup>15</sup>

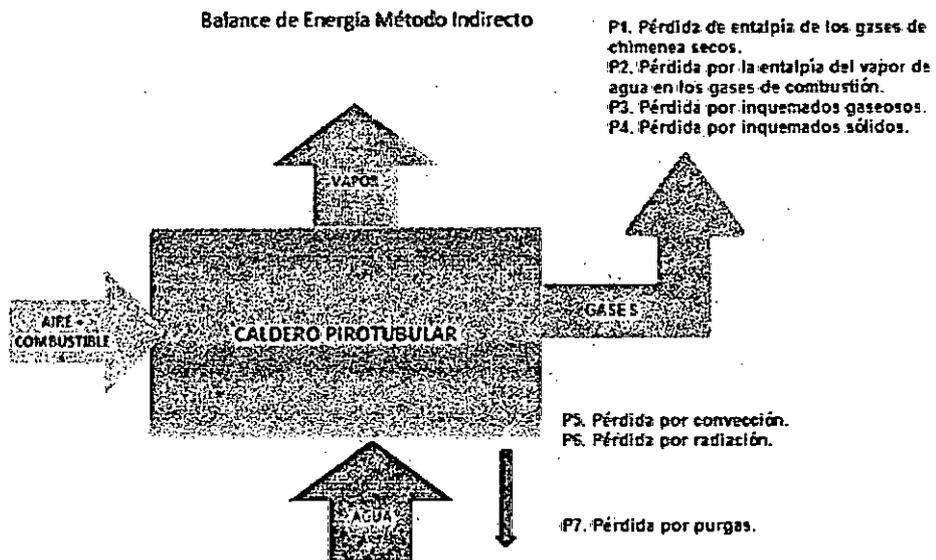
Este fue el método usado en esta investigación.

$$n_{\text{Caldera}} = 1 - P_1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6 - P_7 \quad (2.8)$$

---

<sup>15</sup> NTP350.300, 2002, Calderas industriales, Procedimiento para la determinación de la eficiencia térmica de calderas industriales, Perú,2002.

**FIGURA N°2.9**  
**BALANCE DE ENERGÍA – MÉTODO INDIRECTO**



a.2.1 (% P1) Pérdida de entalpía de los gases de chimenea secos (calor sensible).

Es la pérdida porcentual de calor debida a la entalpía en los gases de escape, en base seca, se calcula mediante:

$$P_1 = K \times \left\{ \frac{T_g - T_a}{[CO_2]} \right\} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dónde:

$T_g$ : Temperatura de los gases de la combustión en °C.

$T_a$ : Temperatura del medio ambiente en °C.

$[CO_2]$  : % de Dióxido de Carbono en los gases de la combustión.

$K$ : Es la constante de Siegert para el Combustible.

**TABLA N°2.13  
CONSTANTE SIEGERT.**

Combustible	K
Residuales	0.53
Destilados	0.48
GLP	0.40
Gas Natural	0.35

Fuente: NTP 350.300.

a.2.2 (% P2) Pérdida por la entalpía del vapor de agua en los gases de combustión.

La pérdida porcentual de calor debida a la entalpía del vapor de agua en los gases de escape, se calcula mediante:

$$P_2 = \frac{\{([H_2O] + 9 \times [H]) \times (2488 - 4.2 \times T_a + 2.1 \times T_g)\}}{PCS} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dónde:

$T_g$ : Temperatura de los gases de combustión en °C.

$T_a$ : Temperatura del medio ambiente en °C.

$[H_2O]$ : % de Agua en los gases de la combustión.

$[H]$ : % de Hidrogeno en los gases de la combustión.

$PCS$ : Poder calorífico Superior del Combustible en Kj/Kg.

a.2.3 (% P3) Pérdida por inquemados gaseosos.

La pérdida porcentual de calor debida a los inquemados gaseosos, se calcula mediante:

$$P_3 = K_1 \times \left\{ \frac{[CO]}{[CO_2] + [CO]} \right\} \dots \quad (2.11)$$

Dónde:

[CO]: % de Monóxido de Carbono en los gases de la combustión.

$K_1$ : Es la constante de Inquemados del combustible.

**TABLA N°2.14  
VALORES DE LA CONSTANTE K1**

Combustible	K1
Residuales	54
Destilados	53
GLP	48
Gas Natural	40

Fuente: NTP 350.300.

a.2.4 (% P4) Pérdida por inquemados sólidos.

Se calcula mediante:

$$P_4 = 0.4 \times B^2 + 0.8 \times B + 0.07 \dots \dots \dots \quad (2.12)$$

Dónde:

B = Índice de Bacharach, mediante el cual se evalúa la opacidad de los gases de la combustión.

**TABLA N°2.15  
INDICE DE BACHARACH**

INDICE DE BACHARACH	CALIFICACIÓN	EFFECTOS
1	Excelente	No hay ollín
2	Buena	Hollín muy reducido
3	Regular	Cierta cantidad de hollín
4	Pobre	Hollín visible
5	Muy pobre	Hollín muy visible
6 a 9	Pobrisima	Hollín muy muy visible

Fuente: NTP 350.300, 2002.

a.2.5 (% P5) Pérdida por convección.

La pérdida porcentual de calor debida a la convección, se obtiene sumando las pérdidas porcentuales por convección para cada tipo de superficie exterior, mediante:

$$P_5 = 80 \times \frac{Q_{p5}}{W_c} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$Q_{p5} = h_{cf} \times A_f \times (T_{sf} - T_a) + h_{cg} \times A_g \times (T_{sg} - T_a) \dots \dots \dots (2.14)$$

$$h_{cf} = 1.973 \times 10^{-3} (T_{sf} - T_a)^{0.25} \times (2.857 \times v + 1)^{0.5} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$W_c = 9.81 \times BHP \dots\dots\dots (2.16)$$

Dónde:

$T_{sf}$  : Temperatura superficie exterior de la caldera, lado del fluido (se asume la temperatura exterior del tambor o cilindro de la caldera) en °C.

$T_a$  : Temperatura del ambiente en °C.

$A_f$ : Superficie exterior que cubre al fluido (se asume la superficie exterior de la caldera) en m<sup>2</sup>.

$A_g$ : Superficie exterior que cubre los gases de la combustión (se asume la superficie exterior de la chimenea) en m<sup>2</sup>.

$h_{cf}$ : Coeficiente de convección de la superficie exterior de la caldera, que cubre al fluido de trabajo.

$h_{cg}$ : Coeficiente de convección de la superficie exterior de la caldera, que cubre a los gases de combustión.

$v$  = Es la velocidad del viento (m/s) que fluye por la parte exterior a la caldera.

a.2.6 (% P6) Pérdida por radiación.

La pérdida porcentual de calor debida a la radiación, se obtiene sumando las pérdidas porcentuales por radiación para cada tipo de superficie exterior, mediante:

$$P_6 = 80 \times \frac{Qp_6}{Wc} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Qp_6 = 5.763 \times 10^{-11} \times e \times \left[ (T_{sf} + 273)^4 - (T_a + 273)^4 \right] \times A_f + 5.763 \times 10^{-11} \times e \times \left[ (T_{sg} + 273)^4 - (T_a + 273)^4 \right] \times A_g \dots\dots\dots (2.18)$$

$$P_6 = 80 \times \left\{ 5.763 \times 10^{-11} \times e \times \left[ (T_{sf} + 273)^4 - (T_a + 273)^4 \right] \times A_f + 5.763 \times 10^{-11} \times e \times \left[ (T_{sg} + 273)^4 - (T_a + 273)^4 \right] \times A_g \right\} / (9.81 \times BHP) \dots\dots\dots (2.19)$$

Dónde:

$T_{sf}$  : Temperatura exterior de la caldera, lado del fluido (se asume la temperatura exterior del tambor o cilindro de la caldera) en °C.

$T_{sg}$  : Temperatura exterior de la caldera, lado de los gases (se asume la temperatura exterior de la chimenea) en °C.

$A_f$ : Superficie exterior que cubre al fluido (se asume la superficie exterior de la caldera) en m<sup>2</sup>.

$A_g$ : Superficie exterior que cubre los gases de la combustión (se asume la superficie exterior de la chimenea) en m<sup>2</sup>.

$e$  : Emisividad del material que cubre a la caldera sin unidades (valor de 0 a 1).

a.2.7 (% P7) Pérdida por Purgas.

La purga se realiza extrayendo agua de la parte inferior de la caldera, donde se encuentran más concentrados los sólidos e introduciendo agua de alimentación con una concentración muy baja.

La pérdida porcentual de calor debida a las purgas, se obtiene considerando los sólidos totales disueltos en ingreso a la caldera y a la salida de la misma, y la entalpía del vapor y líquido saturado mediante:

$$P_7 = \frac{TDS_{alim}}{TDS_{purga}} \times \frac{H_{liq}^{sat}}{H_{vapor}^{sat}} \times 100 \dots \dots \dots (2.20)$$

Dónde:

$TDS_{alim}$ : Sólidos totales disueltos en el agua de alimentación a la caldera en ppm.

$TDS_{purga}$ : Sólidos totales disueltos en la purga en ppm.

$H_{liq}^{sat}$ : Entalpía del líquido saturado a la presión de la caldera en Kj/Kg.

$H_{vapor}^{sat}$ : Entalpía del vapor saturado a la presión de la caldera en Kj/Kg.

Se puede resumir que las pérdidas en general para un porcentaje de carga mayor al 65% se encuentran dentro de los siguientes valores:

(% P1) Pérdidas por entalpía en los gases de chimenea secos < 11.5 %

(% P2) Pérdidas por entalpía del vapor de agua en los gases de combustión < 7.0 %

(% P3) Pérdidas por inquemados gaseosos < 0.04 %

(% P4) Pérdidas por inquemados sólidos < 2.7 %

(% P5) Pérdidas por convección y (% P6) Pérdidas por radiación < 1.5 %

(% P7) Pérdidas por purgas < 3.5 %<sup>16</sup>

Los porcentajes varían de acuerdo al tipo de combustible usado y a las condiciones de operación de las calderas.

La comunidad europea establece los siguientes requisitos mínimos de rendimiento energético en las calderas.

---

<sup>16</sup> Santizo, Mario, Calderas de vapor y eficiencias, s.f.

**TABLA N°2.16**  
**RENDIMIENTO MÍNIMO DE CALDERAS, SEGÚN TIPO**  
**Y POTENCIA (DIRECTIVA 92/42/CEE)**

Tipo de caldera	Intervalos de potencia kW	Rendimiento a potencia nominal		Rendimiento con carga parcial	
		Temperatura media del agua en la caldera (en ° C)	Expresión del requisito de rendimiento (en %)	Temperatura media del agua en la caldera (en ° C)	Expresión del requisito de rendimiento (en %)
Calderas estándar	4 a 400	70	$\geq 84 + 2 \log P_n$	$\geq 50$	$\geq 80 + 3 \log P_n$
Calderas de baja temperatura (*)	4 a 400	70	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$	40	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$
Calderas de gas de condensación	4 a 400	70	$\geq 91 + 1 \log P_n$	30 (**)	$\geq 97 + 1 \log P_n$

(\*) Incluidas las calderas de condensación que utilizan combustibles líquidos.

(\*\*) Temperatura del agua de alimentación de la caldera.

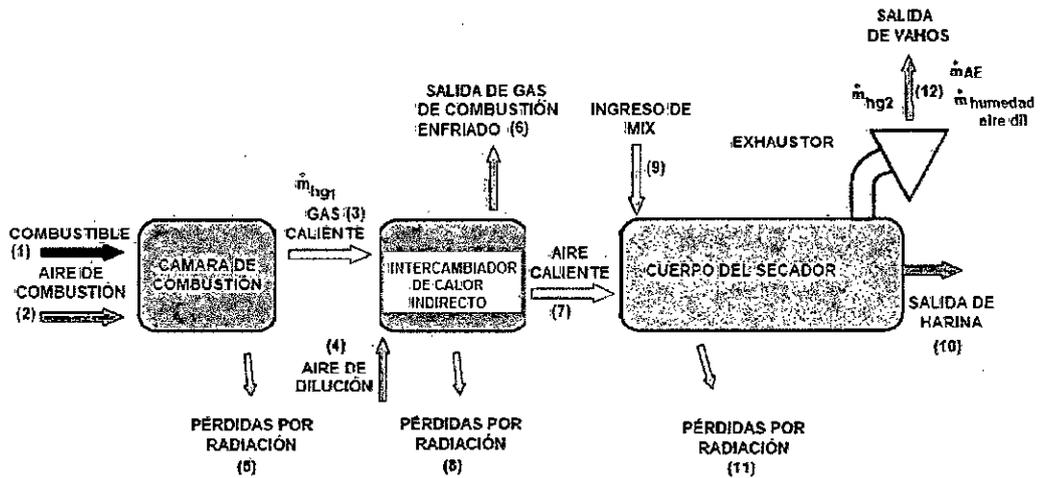
Fuente: Directiva 92/42/CEE, 1992.

Según este cuadro las calderas nuevas operando en carga parcial para 7.6 barg de presión de vapor deberían dar una eficiencia térmica de 82.64%.

Debido a que resulta más factible medir los gases de combustión, en lugar de medir el flujo de vapor (no se cuenta con medidor de flujo en la salida de vapor de la caldera) se usó el Método Indirecto para evaluar la eficiencia térmica de las calderas.

b. Eficiencia térmica del Secador de aire caliente de contacto indirecto de humos.

**FIGURA N°2.10**  
**BALANCE DE ENERGÍA – SECADOR DE AIRE CALIENTE DE CONTACTO INDIRECTO**



b.1 Determinación de la Eficiencia Térmica ( $n$ ) por el Método Directo.

$$n_{\text{Secador}} = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{ingreso}}} \dots \dots \dots (2.21)$$

Las pérdidas en el Secador de aire caliente son por Convección y Radiación.

b.2 Balance de energía.

El calor útil lo constituye la energía ganada por el agua evaporada en el secado, este calor evapora la humedad en la harina que luego sale como Vahos:

$$Q_{\text{útil}} = \dot{m}_{AE} * (h_{g \text{ agua}} - C_p * T_i) \dots \dots \dots (2.22)$$

Dónde:

$h_{g \text{ agua}}$ : Entalpía de vaporización del agua en Kj/Kg=2,257

$C_p$ : Calor específico promedio de la harina de pescado (2.28 Kj/Kg.°C).

$$C_{p \text{ Harina}} = [1 * \% \text{ agua} + 0.52 * \% \text{ Sólidos} + 0.40 \% \text{ grasas}] * 4186 \left[ \frac{J}{kg^{\circ}C} \right]$$

$T_i$ : Temperatura de la harina de pescado en °C a la salida del Secador.

$\dot{m}_{AE}$ : Flujo en masa de agua evaporada de la harina.

En tanto el calor de ingreso lo constituye la energía de reacción.

$$\dot{Q}_{\text{ingreso rx}} = \dot{m}_{\text{comb.}} * PCI \dots \dots \dots (2.23)$$

Eficiencia en el Secador.

$$Eficiencia = \frac{Q_{\text{útil}}}{(\dot{Q}_{\text{ingreso rx}})} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dónde:

$\dot{m}_{\text{combustible}}$ : Flujo másico de combustible en Kg/h.

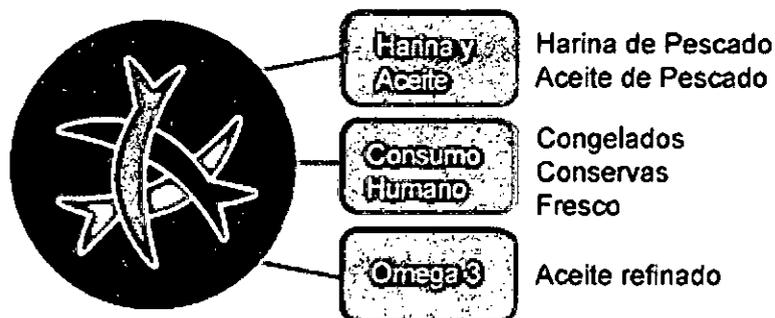
$PCI$ : Poder calorífico inferior del combustible en Kj/Kg.

$\dot{Q}_{\text{ingreso}}$ : Calor de ingreso al Secador en Kj/h.

### 2.2.7 Descripción de la planta de harina de pescado.

- La razón social de la planta es Tecnológica de Alimentos S.A. perteneciente al grupo Breca, la planta se encuentra ubicada en carretera a Paracas KM 17 Urb. Santa Elena Pisco, Ica.
- Esta planta se dedica a la extracción, producción y comercialización de harina y aceite de pescado. Siendo la harina de pescado el proceso que analizaremos.
- TASA<sup>17</sup> provee productos y servicios en tres líneas de negocio.

**FIGURA N°2. 11**  
**LÍNEAS DE NEGOCIO Y PRINCIPALES PRODUCTOS DE TASA**



Fuente: Tasa, 2012.

- La capacidad de la planta en procesamiento de harina de pescado es de 139 T/h. Posee una potencia instalada de 3.84 MW.
- La composición de la harina de pescado producida en Tecnológica de Alimentos S.A. en la Tabla N°2.17 en la página 85.

<sup>17</sup> TASA=Tecnológica de alimentos S.A.

El proceso de extracción del pescado se restringe en los periodos de veda, etapa en la cual se prohíbe la pesca de anchoveta. En el Perú al año existen dos vedas:

- Veda corta: febrero a marzo.
- Veda larga: Agosto, setiembre y octubre.

Siendo Produce la institución que define los periodos de veda cada año en el Perú.

Tasa exporta la harina de pescado, el producto se entrega en contenedores o buques graneleros:

- Asia: Principal mercado de la harina, destacando su uso para la acuicultura y la crianza de cerdos. En China, principal mercado de Asia, la distribución se realiza a través de importadores con almacenes en los principales puertos, a donde van los comerciantes que luego llevan el producto a los pequeños fabricantes de alimentos balanceados.
- Europa: Los productos son empleados para la industria del salmón (destacando Noruega) y la acuicultura marina en España, Grecia y Turquía. Existen pocos grandes fabricantes de alimentos balanceados que compran directamente grandes volúmenes.
- Otros: Destaca la industria del salmón en Chile y Canadá, entre otros mercados. Se utilizan mecanismos similares a los dos anteriores, dependiendo del sector industrial. (Tasa, Lima – Perú, 2012).

## 2.2.8 Descripción del proceso de elaboración de harina de pescado.

La Anchoveta, una de las principales especies para la fabricación de harina de pescado, es sometida a diferentes procesos con el fin de reducir su contenido de grasa y humedad, obteniendo de esta manera la harina de pescado.

La materia prima y el producto deben cumplir ciertas características y parámetros, los que se muestran en la Tabla N°2.17.

**TABLA N°2.17  
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS DE  
MATERIA PRIMA Y PRODUCTO**

MATERIA PRIMA			HARINA		PREMIUM	SUPER PRIME	PRIME	TAIWAN	THAILAND	STANDARD
ANCHOVETA			Proteína	% mín.	70	68	67	67	67	65/64
Característica	Und	Valor	Grasa	% máx.	10	10	10	10	10	10
Longitud	cm	Hasta 15.0	Humedad	% máx.	10	10	10	10	10	10
Peso	g	30	FFA	% máx.	7	7.5	10	10	10	-
Agua	%	72.9	Cenizas sin sal	% máx.	14	14	15	17	17	-
Proteínas	%	16.9	Arena y sal	% máx.	4	4	4.5	5	5	5
Grasas	%	8.5	TVN	% máx.	85	100	120	120	150	-
Sales minerales	%	1.7	Histamina	% máx.	100	500	1000	-	-	-
			Antioxidante	% máx.	150	150	150	150	150	150

Los porcentajes de cada uno de los componentes dependen de la calidad de la materia prima, del proceso en sí y de las características de los equipos utilizados; por ser diversa la calidad de la harina, se le clasifica como:

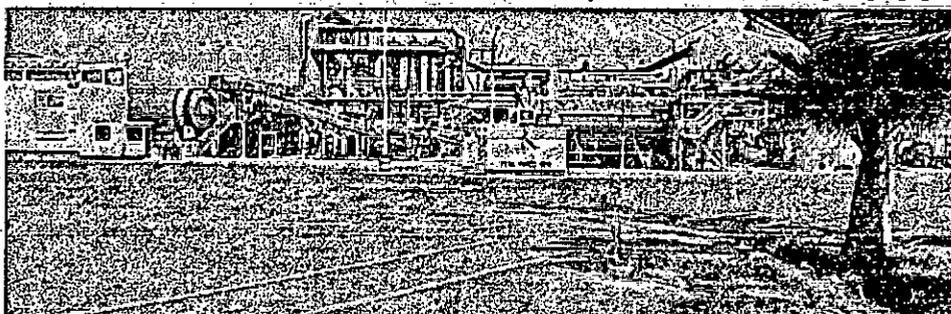
- Harina Steam Dried (Prime) y Super prime: Secado a vapor indirecto.
- Premium: Última etapa de secado con aire caliente, contacto indirecto de humos.

La harina de pescado es utilizada principalmente para la formulación de alimentos balanceados para la nutrición de animales de granja y acuícola; este agregado compite comercialmente con la harina de soja; siendo su principal mercado Europa, Norteamérica y el sudeste asiático, este último debido a su importante desarrollo acuícola.

El proceso de producción está constituido por las siguientes unidades de operación:

- Cocción.
- Predrenado (Pre strainer).
- Prensado.
- Recuperación de sólidos.
- Centrifugación.
- Evaporación.
- Molienda húmeda.
- Secado.
- Molienda seca, enfriado y ensaque.
- Molienda seca, enfriado y ensaque.

**FIGURA N°2.12**  
**VISTA GENERAL DE LA PLANTA PESQUERA TASA PISCO SUR**



a. Cocción.

Proceso continuo en donde el pescado proveniente de la poza de almacenamiento y traslado mediante tornillos sin fin y un elevador de cangilones de cajas es transportado hacia los cocinadores donde pasan por cocción con vapor mixto, vapor directo e indirecto, a través de chaquetas por un lapso de 20 minutos aproximadamente a una temperatura de 100 °C, permitiendo una cocción homogénea. Se cuenta con tres cocinas continuas las cuales tienen capacidades de 40, 20 y 30 toneladas respectivamente.

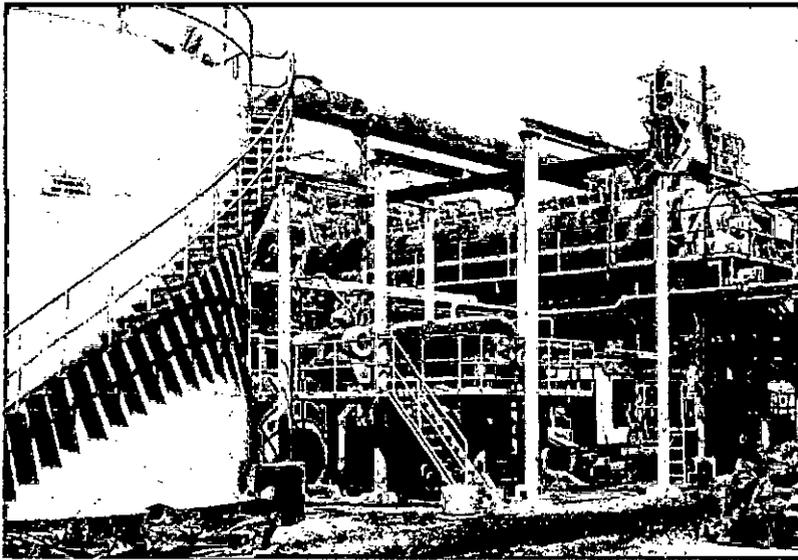
La característica de la cocción, lo determina el estado de conservación previa de la materia prima y su composición. La regulación del régimen de operación en el cocinador, se realiza de tres maneras:

- Regulando la dosificación al ingreso de la materia prima.
- Modificando la velocidad del transportador en el interior de las cocinas.
- Variando la presión del vapor.

Los objetivos de la cocción son tres: esterilizar (detener la actividad microbiológica), coagular las proteínas (desnaturalización) y liberar los líquidos retenidos en la materia prima, permitiendo la separación en dos fases:

- La fracción acuosa: que contiene la sanguaza, el condensado de vapor, los sólidos no solubles en suspensión y la grasa desprendida por efecto del calor.
- La fracción sólida: constituida en su mayor parte por proteínas.

**FIGURA N°2.13  
COCINAS DE ANCHOVETA**



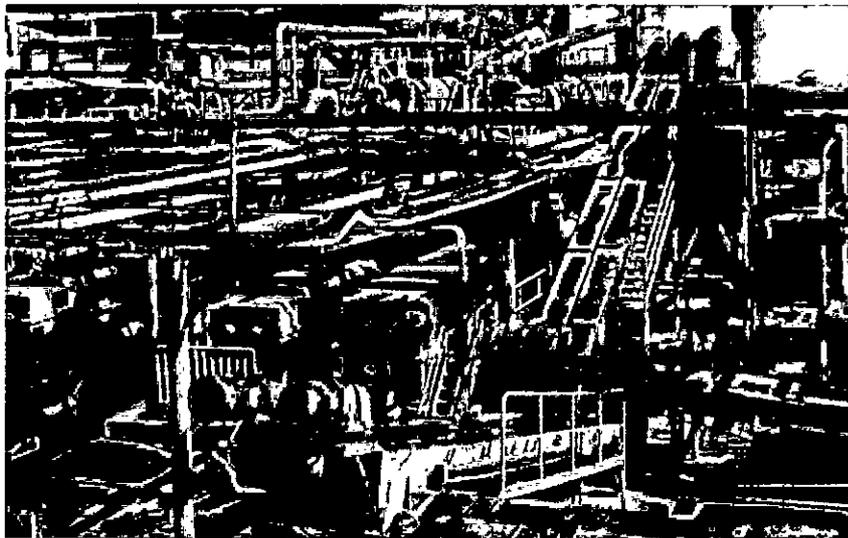
**b. Prensado.**

Antes el pescado pasa por un pre-desaguado o Prestrainer, es un pre-escurrido al prensado. Se cuenta con tres prensas de doble tornillo sinfín, este con una forma de mayor distancia entre los pasos, hacia una menor distancia, con el fin de ir reduciendo el volumen del pescado gradualmente hasta quedar al final como una masa, llamada torta de prensa que contenga la mínima

cantidad de agua y grasa, esta torta sale con una humedad entre 50 y 60 %. De la prensa sale dos sustancias:

- El líquido de prensa: licor de prensa, éste es tratado por un separador para conseguir torta de separador que es transportada para incrementar la torta de prensa, mientras que la fase líquida es conducida a la unidad de centrifugación.
- El sólido de prensa: torta de prensa, éste se va hacia el secado.

**FIGURA N°2.14  
PRENSAS DE ANCHOVETA**



c. Recuperación de sólidos.

El licor de prensa almacenado y calentado entre los 90 y 95 °C, ingresa a las unidades recuperadoras de sólidos, aquí se capturan las partículas de sólidos y son transportadas para incrementar la torta de prensa, mientras el líquido es conducido a la unidad centrifugación, con la denominación de caldo de separadora.

d. Centrifugación.

El caldo de la separadora es almacenado y calentado a temperaturas entre los 90 y 95°C, antes de ingresar a las centrifugas, donde gira a grandes velocidades para separar por diferencia de densidades el agua del aceite; el agua obtenida es denominada agua de cola, en tanto el aceite es almacenado en tanques para su posterior tratamiento.

**FIGURA N°2.15  
CENTRÍFUGAS**



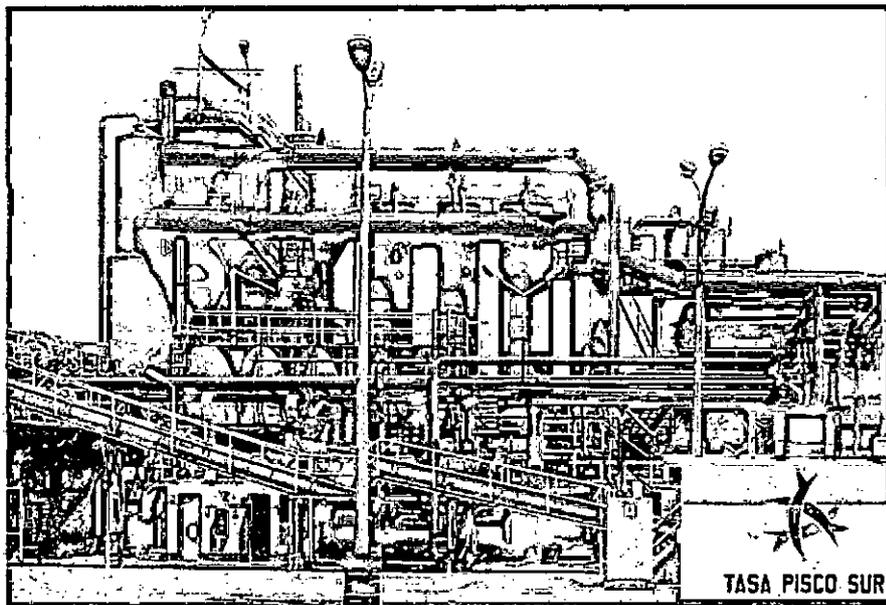
e. Evaporación.

El agua de cola es tratada en evaporadores múltiples en serie (cuatro etapas de evaporación al vacío), que son de película descendente, tratada con vapor de agua a temperaturas de 120, 100 y 70 °C; lo que sale, llamado concentrado donde los sólidos aumentan su concentración desde 6-7 % hasta 32-50 %, se aprovecha debido a las proteínas, vitaminas, etc.

Luego de este proceso parte del concentrado es enviado directamente a formar parte del scrap (torta de prensa), aumentándole su humedad en 10 % aproximadamente. El 20 % de la harina de pescado corresponde al concentrado así que debe dosificarse bien, para ello se cuenta con un Flujómetro.

**FIGURA N°2.16**

**PLANTA EVAPORADORA DE AGUA DE COLA**



f. Molienda húmeda.

Consiste en la molienda de la torta en el molino de húmedos cuyo objetivo es preparar la masa antes de ingresar al primer secador, disminuye su granulometría permitiendo el mayor contacto de la materia prima con el aire de secado.

g. Secado.

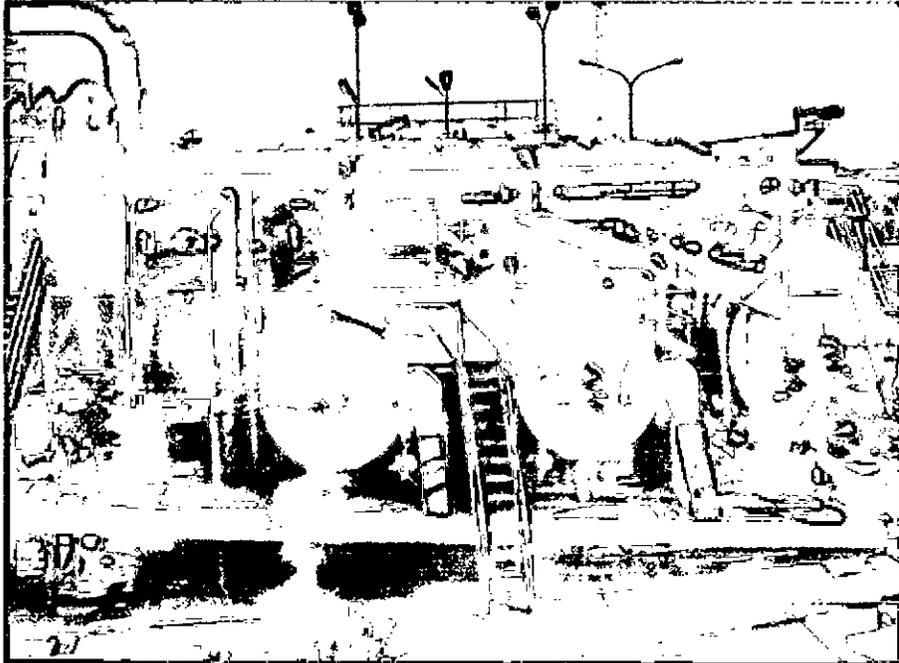
El secado operación unitaria cuyo propósito es desplazar la humedad en la harina. Un sólido humedecido (harina) con un líquido volátil (agua) se expone a un gas relativamente seco (aire), el líquido se vaporiza (transferencia de calor), el vapor abandona el sólido transportándose a la superficie y luego es arrastrado por aire caliente (transferencia de masa y calor). Con esta operación se logra estabilidad microbiana, reducir posibilidad de reacciones químicas deteriorativas y con ello reducir costos de almacenamiento y transporte.

En el proceso de producción de harina de pescado la torta de prensa junto con la torta de la Separadora y el concentrado son llevados a la etapa de secado.

El proceso en general ocurre en tres etapas:

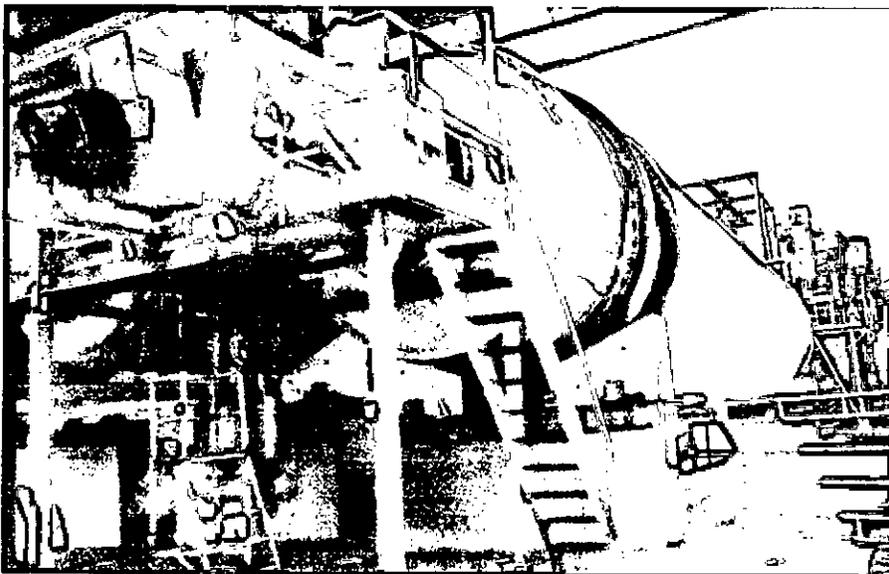
El primer secado (Presecado), la torta ingresa con una humedad del 55 % y sale a un promedio de 38 % en el Secador Rotadisco. Dura alrededor de 45 min., hasta aquí no puede haber más de 4 % de grasas.

**FIGURA N°2.17  
SECADOR ROTADISCO**



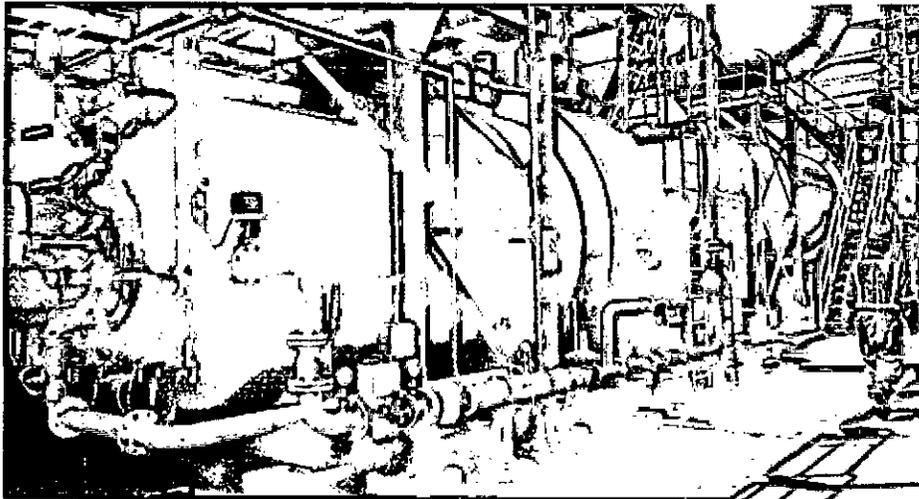
En la segunda etapa la torta recibe el nombre de Scrap e ingresa al Secador Rotatubos hasta llegar a una humedad de 20 %. La segunda etapa (secado) dura alrededor de 30 min.

**FIGURA N°2.18  
SECADOR ROTATUBOS**



En la tercera etapa el scrap es secado hasta llegar a una humedad de 8% en el Secador de aire caliente de contacto indirecto; se debe evitar que llegue a 10 % pues después en la etapa de succión es muy posible que aumente su humedad y perjudique la harina. La tercera etapa dura 15 min.

**FIGURA N°2.19  
SECADOR DE AIRE CALIENTE**



De la etapa de secado sale el Scrap más harina sin moler. La temperatura mínima del Scrap a la cual se puede decir que no hay peligro de formación de salmonella es de 70 °C, para reducir las partículas grandes de harina, pasa a un molino.

h. Enfriado y molienda seca.

El Scrap (producto deshidratado) debe ser enfriado a fin de detener reacciones químicas, bioquímicas y biológicas que tienen

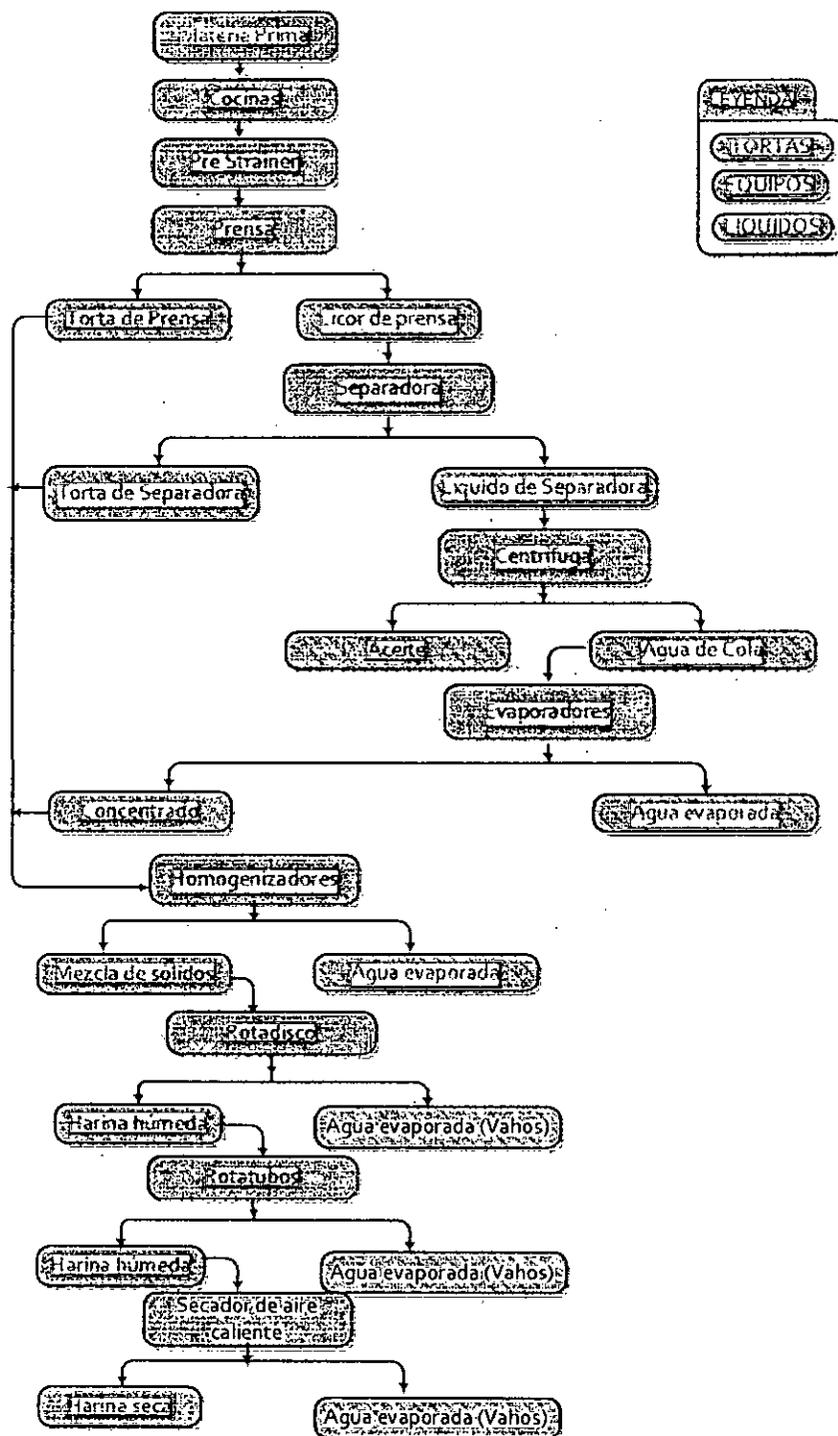
lugar en el proceso. El enfriamiento se lleva a cabo en un tambor rotativo en la cual la harina durante el transporte se irá enfriando. El Scrap que sale del Secador de aire caliente HLT son conducidos hacia una tolva pasando por un molino seco y las partículas que no pasen la rejilla son transportadas hacia un molino de martillo loco donde se reducirá de tal manera que pase por la rejilla.

La molienda debe de tener una granulometría de 75%.

Luego se transporta a través de una tubería por medio de un ventilador hacia un pequeño ciclón donde será separado y enfriado. La harina estabilizada por la adición de un antioxidante es posteriormente llenada en sacos de polipropileno y pesada en sacos de 50 kg.

“En temporada de proceso la planta procesa 134 Ton/h de anchoveta y produce 33.41 Ton /h de harina de pescado. Al año trabaja 6 meses al año, 24 días al mes y 12 h al día, es decir 1728 h al año. Por tanto, produce 57,732.48 Ton harina/año”.

**FIGURA N°2.20**  
**DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN**  
**HARINA DE PESCADO**



### 2.2.9 Fuente de suministro energético.

La planta productora de harina de pescado usa combustible y electricidad como fuente de energía en su proceso de producción. El mayor consumo es en combustible y en menor proporción la electricidad. Se puede considerar que el consumo de combustible representa el 98 % y el de energía eléctrica el 2% del total de energía que consume la planta.

#### a. Combustible.

El combustible líquido (R-500 y R-6) hasta mayo del 2015 lo suministraba Petroperú, luego del cambio de matriz energética Contugas es la concesionaria que suministra de gas natural a través de ductos de acero.

El combustible es usado en el proceso de combustión de las calderas (véase la lista de equipos y capacidades en la tabla 2.8 en la pág. 39) que entregan vapor a los consumidores de la tabla 2.18. También usa combustible el Secador de aire caliente (ver capacidad en la tabla N°2.8 en la pág. 39).

El combustible debe cubrir una demanda nominal total debido a las calderas de 5800 BHP y una demanda nominal de 800 BHP debido al Secador de aire Caliente.

**TABLA 2.18**  
**CONSUMIDORES DE VAPOR A 7.6 BAR EN TASA PISCO SUR**

ITEM	EQUIPOS
1	Cocina N°1
2	Cocina N°2
3	Cocina N°3
4	Rotadisco N°1
5	Rotadisco N°2
6	Rotadisco N°3
7	Rotatubo N°1
8	Rotatubo N°2
9	Rotatubo N°3
10	Rotatubo N°4
11	Rotatubo N°5
12	Cal. separadora N°1
13	Cal. separadora N°2
14	Cal. Tanque Sanguaza
15	Cal. Tanque de espuma
16	Cal. Tanque agua de bombeo

Un indicador del consumo de vapor es que por cada 100 toneladas de pescado procesado se consumen aproximadamente 22 mil kg vapor /h, lo que representa un consumo específico de 4.4 gal de petróleo /Ton pescado.

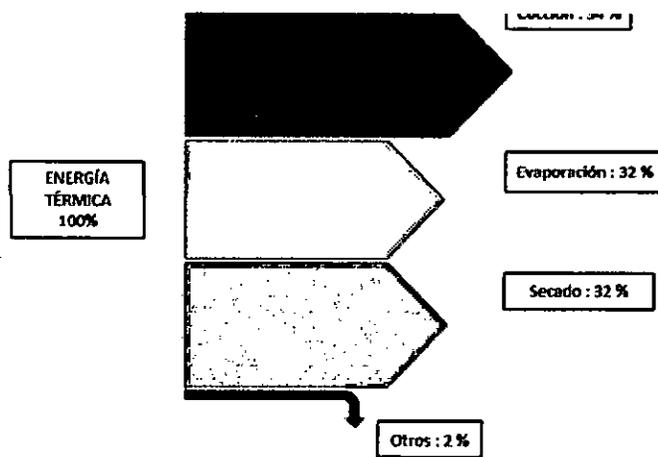
En los secadores la relación pescado / harina es aproximadamente 4,3 a 1. Se obtiene aproximadamente entre 216 a 232 kg de harina/tonelada de pescado y 34 kg de aceite crudo/tonelada de pescado.

El consumo de aire en los secadores es de 1000 a 1100 pies<sup>3</sup>/minuto-tonelada de pescado con una presión total a través

del sistema de 10 a 11" H<sub>2</sub>O (MINEM 2016).

Del total de energía térmica producida por el combustible en una planta productora de harina de pescado el mayor porcentaje se consume en los procesos de Cocción, Evaporación y Secado.

**GRÁFICO 2.12**  
**CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA EN UNA INDUSTRIA PESQUERA (%)**



Fuente: FONAN, 2016.

**b. Energía eléctrica.**

Suministrada por Egesur, la energía eléctrica es recibida en planta por una sub estación de media tensión (10 KV) y en la red interna los equipos eléctricos operan a 460 V, VAC, 60 Hz. En planta los consumidores son los motores en los equipos de recepción de materia prima, despacho de producto, proceso, instrumentación e iluminación y servicios generales. Del total de energía eléctrica recibida en planta productora de

harina de pescado el mayor porcentaje se consume en los procesos de Prensado y Secado.

El consumo eléctrico que evaluaremos es el de las calderas y secador.

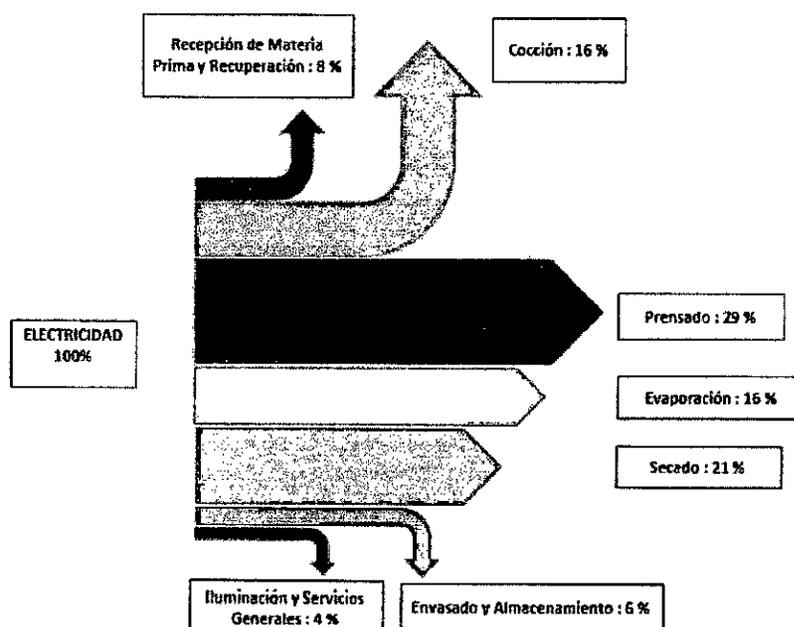
El consumo específico de energía eléctrica es de 140 KWh/Ton de harina (MINEM, 2016).

**TABLA 2.19  
NIVELES DE TENSIÓN ELÉCTRICA**

Abreviatura	Significado
MAT	Muy Alta Tensión: mayor a 100 kV
AT	Alta Tensión : mayor a igual 30 kV y menor o igual 100 kV
MT	Media Tensión : mayor a 1 kV y menor a 30 kV
BT	Baja Tensión : menor o igual a 1 kV

Fuente: MINAM, 2016.

**GRÁFICO 2.13  
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
EN UNA INDUSTRIA PESQUERA (%)**



Fuente: FONAN, 2016.

#### 2.2.10 Determinación de beneficios en base a indicadores por tipo de combustible.

El análisis se realizó al sistema dual energético implementado en la planta de harina de pescado Tasa – Pisco Sur, se eligieron tres indicadores el energético, económico y ambiental; los que nos permitirán determinar los beneficios obtenidos (diferencia en % entre el antes y después de la implementación del sistema dual).

La obtención de los beneficios nos permitió la comparación (brechmarking) respecto a índices existentes en el mismo sector de producción de harina de pescado.

##### a. Análisis de indicador energético.

Una producción eficiente incluye una mejora en la eficiencia energética. La optimización del uso del combustible es una de las principales preocupaciones y necesidad de las empresas para mantenerse competitivas en el mercado.

Se evaluó el aumento de eficiencia térmica, debido a la implementación del sistema dual energético.

$$IE = \text{Aumento de eficiencia térmica en \%} \quad (2.25)$$

La eficiencia térmica del equipo, muestra la energía primaria (combustible) que se debe abastecer a fin de cubrir la demanda de los

consumidores en planta. En la planta productora de harina de pescado esta demanda la cubre el proveedor del combustible. Entonces al haber un aumento de eficiencia térmica se necesitará menor demanda de combustible.

La eficiencia térmica se calcula de acuerdo al ítem 2.2.6.a.2 para las calderas y 2.2.6.b.1 para el secador.

Estos indicadores dependen principalmente de la tecnología y del control de pérdidas de energía en el proceso.

b. Análisis de indicador ambiental.

La disminución de la contaminación debido al uso de combustibles menos dañinos al medio ambiente es otro de los objetivos principales para la mejora en la eficiencia energética.

Los indicadores evaluados son la reducción de emisión de gases en cada equipo consumidor de combustible (las emisiones son datos directo de campo), debido a la implementación del sistema dual energético.

$$IA1 = \text{Reducción de emisiones de CO en \%} \quad (2.26)$$

$$IA1 = \text{Reducción de emisiones de CO}_2 \text{ en \%} \quad (2.27)$$

y las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de producto producido.

$$IA2 = \text{Reducción de } \frac{\text{Ton } CO_2}{\text{Ton harina producida}} \text{ en \%} \quad (2.28)$$

Los indicadores IA1 e IA2 muestran la huella que deja la producción de la harina de pescado.

Estos indicadores dependen principalmente de la composición del combustible, de la tecnología del proceso y del control de evacuación de emisiones.

c. Análisis de indicador económico.

Se evaluó la reducción de costo de combustible/Ton harina producida en el que se incurre debido a la implementación del sistema dual energético.

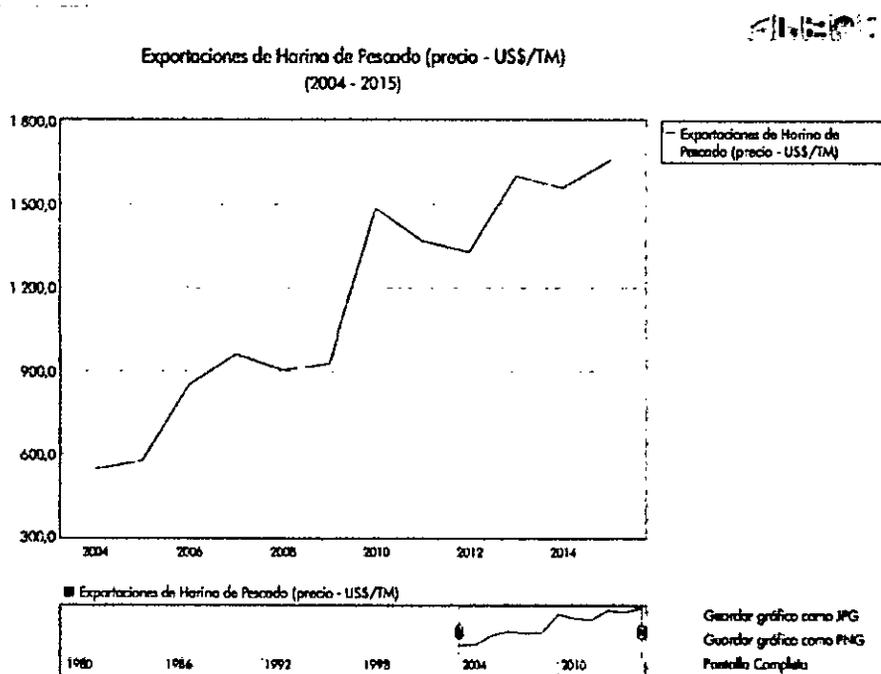
$$IC = \text{Reducción de } \frac{\text{USD consumo de combustible}}{\text{Ton de harina producida}} \text{ en \%...} \quad (2.29)$$

El indicador IC muestra el costo de combustible para producir una unidad de harina de pescado.

Depende principalmente de los precios en el mercado del combustible (tipo de combustible) y de la harina de pescado (calidad). Lo que se pretende es producir lo mismo a un menor costo.

Actualmente el precio de la harina de pescado es de 1,657 USD/Tm, el precio FOB es de 2,400 dólares y la cotización del gas natural en el Perú según la concesionaria Contugas es de 6.93 USD/MMBtu.

## GRÁFICO: 2.14 PRECIO DE LA HARINA DE PESCADO EN USD/TM



Fuente: Cotización de exportación de harina de pescado en  
USD/Tm. Consultada el 8 de junio del 2016. Obtenido del sitio  
web

<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/consulta/grafico>

El precio de la harina variará de acuerdo a la calidad, según se trate de  
harina Stem, Prime o Super Prime.

La tarifa eléctrica para pesqueras es aproximadamente 0.16 UDS/KWh.

El precio de los combustibles puestos en la planta incluido IGV son:

- R-500: 7.47 soles/gal=15.86 USD/MMBtu
- R-6: 7.56 soles/gal=16.01 USD/MMBtu

Fuente: Planta pesquera Tasa Pisco Sur.

#### 2.2.11 Evaluación del proyecto de inversión.

Para evaluar la inversión se utilizarán los indicadores de proyectos de inversión, considerando el valor del dinero en el tiempo.

##### a. Valor anual neto (VAN).

El valor anual neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujo de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual, todos los flujos de caja futuros y en determinar la equivalencia en el tiempo de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Dicha tasa de actualización (k) o de descuento (d) es el resultado entre el producto del costo medio ponderado de capital y la tasa de inflación del período. Cuando dicha equivalencia es mayor al

desembolso inicial, entonces es recomendable que el proyecto sea aceptado.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} \quad (2.30)$$

Si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro sin riesgo específico.

$VAN > 0$  La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ ). El proyecto puede aceptarse (crea valor).

$VAN < 0$  La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida ( $r$ ). El proyecto debería rechazarse (destruye valor).

$VAN = 0$  La inversión no produciría ganancias ni pérdidas (no crea ni destruye valor).<sup>18</sup>

b. Tasa interna de retorno (TIR).

Es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión. Tasa de descuento con la que el valor actual

---

<sup>18</sup> GALLARDO, JUAN. Preparación y elaboración de proyectos.

neto (VAN) es igual a cero. A mayor TIR mayor rentabilidad. Esta tasa se compara con una tasa mínima, y si TIR supera la tasa de corte, se acepta la inversión, en caso contrario se rechaza.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} = 0 \quad (2.31)$$

Si  $TIR > r$  Se aceptará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el costo de oportunidad).

Si  $TIR < 0$  Se rechazará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

c. Play back.

Denominado período medio de recuperación. Indica el tiempo que tardará la empresa en recuperar el desembolso inicial invertido en el proceso productivo.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Pay\ back = \left[ \begin{array}{c} \text{Período último} \\ \text{con flujo} \\ \text{acumulado negativo} \end{array} \right] + \left[ \frac{\text{Valor absoluto del último} \\ \text{flujo acumulado negativo}}{\text{Valor del flujo de caja} \\ \text{en el siguiente período}} \right] \quad (2.32)$$

## 2.3 Marco Conceptual.

2.3.1 Agua de cola: En la planta de harina de pescado es el líquido con cierto contenido de sólidos que sale del proceso de centrifugación que ingresa al proceso de evaporación para serle extraída el agua y concentrar los sólidos.

2.3.2 Bonos de carbono: Son instrumentos que certifican la reducción de la emisión de GEI, lo cual es medido en términos de toneladas de dióxido de carbono equivalente.

2.3.3 Caldera: Es el equipo en el cual se transfiere el calor producido por la combustión a un fluido de trabajo, para calentarlo o evaporarlo.

2.3.4 Caldera Pirotubular: Es aquella caldera en la cual los gases productos de la combustión, circulan por dentro de los tubos de la caldera y el agua por el exterior de ellos.

2.3.5 Combustible: Es una sustancia capaz de reaccionar con el oxígeno en presencia de una fuente de ignición dando como resultado una combustión.

2.3.6 Combustión: Es la reacción de oxidación rápida de un combustible durante la cual se libera energía y se generan emisiones gaseosas y material particulado.

2.3.7 Constante de Siegert: Es un parámetro usado para calcular la pérdida por calor sensible en los gases de escape, cuyo valor depende del contenido de carbono en el combustible.

2.3.8 Economizador: Se compone de un haz tubular ubicado en el flujo de gases de escape de la caldera. El agua de alimentación o retorno es conducida por el intercambiador, típicamente en contracorriente cruzada, a fin de lograr altos grados de eficiencia. Según la composición y el contenido de hollín en los gases de escape, los tubos del intercambiador van provistos de una estructura más o menos corrugada o de superficies de área extendidas, de número variable de aletas, para lograr un efecto amplificador de la superficie de transmisión de calor. Gracias a estas medidas se pueden aprovechar considerables cantidades de calor adicionales del efluente gaseoso: Las temperaturas medidas aguas abajo de las calderas Piro-tubulares, por ejemplo, fluctúan típicamente entre 180 y 280 °C, siendo reducidas a 110 - 130 °C con este procedimiento. Cada 10 °C de disminución de la temperatura los gases de escape incrementan el grado de eficiencia por un 0.5 % aproximadamente, de forma que el grado de eficiencia muchas veces aumenta por más del 5 % cuando se efectúa una implementación típica.

2.3.9 Eficiencia térmica: Es la relación entre el calor absorbido y el calor de combustión (expresado en porcentaje).

2.3.10 Gases de combustión: Son los gases producto de la reacción del combustible con el aire de combustión.

2.3.11 Índice de Bacharach u opacidad (B): Es un indicador cualitativo de la calidad de la combustión estimada a partir de la presencia de hollín y cenizas en los gases de combustión.

2.3.12 Usuarios de media tensión (MT) Y baja tensión (BT): Son usuarios en media tensión (MT) aquellos que están conectados con su empalme a redes cuya tensión de suministro es superior a 1 kV (kV = kilovolt) y menor a 30 kV. Son usuarios en baja tensión (BT) aquellos que están conectados a redes cuya tensión de suministro es igual o inferior a 1 kV.

2.3.13 Pérdidas por radiación: Son las pérdidas originadas por la temperatura de superficie de la caldera debido al mecanismo de radiación.

2.3.14 Pérdidas por convección: Son las pérdidas originadas por la diferencia de temperaturas entre la superficie de la caldera y el fluido que baña la superficie debido al mecanismo de convección.

2.3.15 Poder calorífico inferior (PCI): Es el calor que produce una unidad de masa o de volumen de combustible durante su combustión completa sin incluir el calor latente del agua formada por la combustión del hidrógeno contenido en el combustible. Su cálculo está determinado por la norma ASTM D 4868-90.

2.3.16 Poder calorífico superior (PCS): Es el calor que produce una unidad de masa o de volumen de combustible durante su combustión completa, incluyendo el calor latente del agua formada por la

combustión del hidrógeno contenido en dicho combustible. Su cálculo está determinado por la norma ASTM D 4868–90.

2.3.17 Potencia de la caldera: Es el máximo calor absorbido por el fluido de trabajo.

2.3.18 Presión de operación: Es la presión a la cual opera la caldera, según requerimiento del usuario.

2.3.19 Presión nominal de operación: Es la presión máxima a la cual puede operar la caldera, según especificación del fabricante.

2.3.20 Quemador: Es el dispositivo que se utiliza para efectuar la mezcla aire/combustible y realizar la combustión.

2.3.21 Sólidos disueltos: son la cantidad total de iones móviles cargados (positivos y negativos), incluyendo minerales, sales o metales disueltos en un volumen determinado de agua, expresada en unidades de mg por unidad de volumen de agua (mg/L), también conocidos como partes por millón (ppm). TDS está directamente relacionada con la pureza del agua y la calidad de los sistemas de purificación de agua. se refieren a las materias minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en agua. El medidor de TDS se basa en la conductividad eléctrica (CE) del agua H<sub>2</sub>O, la cual en su estado puro tiene prácticamente cero conductividad. La conductividad es generalmente cerca de 100 veces el total de cationes o aniones expresados como

equivalentes. TDS se calcula mediante la conversión de la CE por un factor de 0,5 a 1,0 veces la CE dependiendo de los niveles.

2.3.22 Temperatura de superficie: Es la temperatura de cada una de las superficies externas de la caldera, según su tipo. Se considera dos tipos de superficie exterior: aquella que cubre a gases de combustión (puertas con o sin refractario) y aquella que cubre al fluido de trabajo, con o sin aislamiento térmico.

2.3.23 Temperatura del combustible: Es la temperatura a la cual ingresa el combustible al quemador.

2.3.24 Torta de prensa: En la planta de harina de pescado es la materia orgánica que sale del proceso de prensado, luego de haber extraído el aceite y el caldo de prensa.

## 2.4 Marco Normativo.

Las actividades en el Subsector Hidrocarburos en el Perú están normadas por la Ley N° 26221, Ley Orgánica de Hidrocarburos y sus Reglamentos.

Respecto a calderas industriales se tiene:

- NTP350.300: Calderas industriales. Procedimiento para la determinación de la eficiencia térmica de calderas industriales.
- NTP350.301: Calderas industriales. Estándares de eficiencia térmica.

En relación a las actividades del gas natural existen las siguientes normas:

- Ley 27133, Ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural y su Reglamento D.S. N° 040-99-EM.
- Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos D.S. N° 042-99-EM.
- Reglamento para el transporte del gas natural D.S. N° 018-2007-EM.
- Norma técnica peruana: NTP 111.010: GAS NATURAL SECO: Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales.

En la normativa internacional se cuenta con lo siguiente:

- Norma Argentina: GAS DEL ESTADO: Disposiciones, Normas y Recomendaciones para el uso del gas natural en Instalaciones Industriales.
- Código ASME B31.3: Tuberías de Plantas Químicas y Refinerías de Petróleo.
- Normas Europeas: CEN UNE-EN 746-1, CEN UNE –EN 746-2 Equipos de tratamiento térmico industrial, parte 1 y parte 2 respectivamente.
- NFPA 54- 2002: Código Nacional de Gas.
- NFPA 86 -2003: Requerimientos de Seguridad para Quemadores Industriales.

Normativa ambiental.

El Sector Industrial Pesquero cuenta con una normatividad vigente la cual tiene por finalidad la conservación del medio ambiente.

- Decreto Ley N° 25977. Artículo 6 de la Ley general de la pesca establece que el Estado, dentro del marco regulador de la actividad pesquera, vela por la protección y preservación del medio ambiente exigiendo que se adopten las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar los daños o riesgos de contaminación y deterioro en el entorno marítimo, terrestre y atmosférico.
- Decreto Supremo N°012-2001.
- Resolución Ministerial N° 621-2008-PRODUCE. Los titulares de las plantas de harina y aceite de pescado y de harina residual de pescado están obligados a realizar la innovación tecnológica para mitigar sus emisiones al medio ambiente.
- Resolución Ministerial N° 242-2009-PRODUCE. Se modifica la Resolución Ministerial N° 621-2008-PRODUCE, que trata sobre la innovación del sistema de secado, por sistemas de secado a vapor indirecto, secado con recirculación de gases calientes, sistemas de secado de material particulado (finos de harina) u otros, siempre que sus emisiones estén en los rangos aprobados por el Decreto Supremo N° 011-2009-MINAM.
- Decreto Supremo N° 011-2009-MINAM: Límites Máximos Permisibles para las emisiones de la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Harina de Residuos Hidrobiológicos.
- Resolución Ministerial N° 061-2016-PRODUCE. Protocolo para el monitoreo de efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto.

### CAPÍTULO III: VARIABLES E HIPÓTESIS.

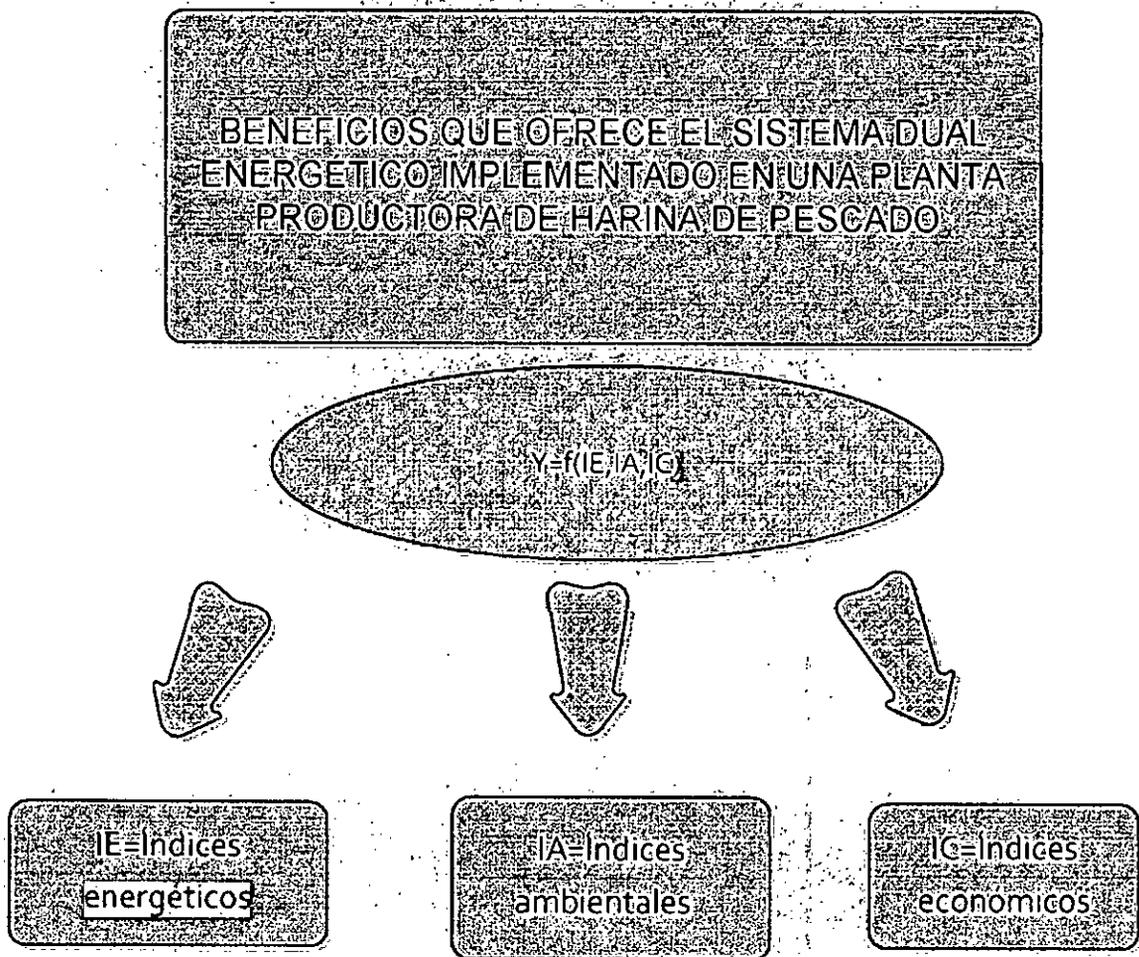
#### 3.1 Variables de la investigación.

Por su naturaleza, todas las variables son del tipo cuantitativas.

Por su dependencia, la variable Y (beneficios) es dependiente y las variables IE, IA, y IC (indicadores) son independientes.

$$Y = f(IE, IA, IC)$$

#### 3.2 Operacionalización de las variables.



VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADORES	MÉTODO
<p>Y= Beneficios que ofrece el sistema dual energético implementado en una planta productora de harina de pescado.</p>	<p>Indicadores energéticos, ambientales y económicos en %.</p>	<p><b>Tipo de investigación.</b>  <b>Por su finalidad.</b>  Aplicada.</p> <p><b>Por su diseño interpretativo.</b>  No experimental.</p> <p><b>Por el énfasis en la naturaleza de los datos manejados.</b>  Cuantitativa.</p> <p><b>Por el nivel de estudio</b>  Descriptiva, Evaluativa.</p> <p><b>Por el ámbito de desarrollo.</b>  De campo.</p> <p><b>Población.</b>  Equipos consumidores de combustible en la planta de harina de pescado en la ciudad de Pisco.</p> <p><b>Muestra.</b>  5 Calderas de vapor y 1 Secador de aire caliente Indirecto.</p> <p><b>Diseño.</b>  Por observación.  <math>Y=f(IE,IA,IC)</math></p> $OG \left\{ \begin{array}{l} oe1 (IE) \dots cp1 \\ oe2 (IA) \dots cp2 \\ oe3 (IC) \dots cp3 \end{array} \right\} CF$ <p>Dónde:  OG: Objetivo general.  Oe: Objetivo específico.  Cp: Conclusión parcial.  CF: Conclusión final.</p>

VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES	MÉTODO
IE=Índices energéticos.	<p>Eficiencia térmica en % usando combustible líquido.</p> <p>Eficiencia térmica en % usando gas natural.</p>	<p>Eficiencia térmica por el Método Indirecto.</p> <p>Balance de energía.</p> <p>Medición de parámetros.</p> <p>Cálculos matemáticos.</p>
<p>IA=Índices ambientales.</p> <p>IA1 CO</p> <p>IA1 CO<sub>2</sub>.</p> <p>IA2 C O<sub>2</sub>.</p>	<p>Emisiones de CO en ppm usando combustible líquido.</p> <p>Emisiones de CO en ppm usando gas natural.</p> <p>Emisiones de CO<sub>2</sub> en % usando combustible líquido.</p> <p>Emisiones de CO<sub>2</sub> en % usando gas natural.</p> <p>Ton CO<sub>2</sub>/Ton harina de pescado usando combustible líquido.</p> <p>Ton CO<sub>2</sub>/Ton harina de pescado usando combustible líquido.</p>	<p>Análisis de gases de chimenea con analizador digital.</p> <p>Cálculos matemáticos.</p>
IC=Índice económico.	<p>Costo en USD de combustible / Ton de harina de pescado usando combustible líquido.</p> <p>Costo en USD de combustible / Ton de harina de pescado usando gas natural.</p>	<p>Análisis económico.</p> <p>Análisis de rentabilidad.</p> <p>Cálculos matemáticos.</p>

### 3.3 Hipótesis.

#### 3.3.1 Hipótesis general.

El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco y específicamente el uso de gas natural **ofrece beneficios que contribuyen en mejorar el proceso y uso eficiente de los recursos.** Los beneficios se cuantificaron a través del análisis de los indicadores energéticos, ambientales y los económicos. Mediante la recopilación de datos en campo, la aplicación del plan estadístico se determinaron los indicadores, que permitieron realizar el análisis, comparación con índices existentes y la obtención de conclusiones que servirá como base de datos para mejorar el plan anual de ahorro energético en la empresa productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco.

#### 3.3.2 Hipótesis específica.

a. El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado mejora el indicador energético "IE", aumento de eficiencia térmica en %. Estos indicadores dependen principalmente de la tecnología y control de pérdidas del proceso.

a.1 El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado mejora el indicador energético "IE", aumento de eficiencia térmica en las calderas en un 5 %.

a.2 El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado mejora el indicador energético "IE", aumento de eficiencia térmica en el Secador en un 5 %.

b. El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado mejora los indicadores ambientales, reducción de emisiones en %. Estos indicadores dependen principalmente de la composición del combustible, de la tecnología del proceso y del control de evacuación de emisiones.

b.1 El indicador reducción de emisiones de CO en %, "IA1", mejora en 30 %.

b.2 El indicador reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en %, "IA1", mejora en 10 %.

b.3 El indicador reducción de Ton de emisiones de CO<sub>2</sub> por Ton de harina producida en %, "IA2", en calderas, mejora en un 20 %.

b.4 El indicador reducción de Ton de emisiones de CO<sub>2</sub> por Ton de harina producida en %, "IA2", en el Secador, mejora en un 20 %.

c. El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado mejora los indicadores económicos, reducción de costos en combustible por Ton de harina producida en %. Estos indicadores dependen principalmente de los precios en el mercado del combustible (tipo de combustible) y de la harina de pescado (calidad).

c.1 El indicador reducción de costo de combustible de calderas por Ton de harina producida "IC", mejora hasta en un 40 %.

c.2 El indicador reducción de costo de combustible de secador por Ton de harina producida "IC", mejora hasta en un 40 %.

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA.

### 4.1 Tipo de investigación.

El tipo de investigación es del tipo metodología Aplicada, el nivel de estudio es de campo.

### 4.2 Diseño de la investigación.

Para evaluar los beneficios que ofrece el sistema dual implementado en la planta productora de harina de pescado se usó la metodología Aplicada y el nivel de estudio es de campo (pre experimental). Se evaluaron dos sistemas, la caldera de vapor y el secador de aire caliente, con el fin de obtener relaciones entre las variables independientes y dependientes de cada sistema evaluado. Incluyó recolección de datos de campo usando las técnicas e instrumentos seleccionados, estos datos fueron analizados estadísticamente con el fin de obtener una matriz representativa como resultado. Los resultados fueron contrastados con datos bibliográficos mencionados en el marco teórico; a partir de ello se elaboraron las conclusiones del proyecto.

Observación de parámetros de operación en el proceso para determinación de indicadores "IE, IA e IC".

$$Y=f(IE,IA,IC)$$

$$OG \left\{ \begin{array}{l} oe1 (IE) \dots cp1 \\ oe2 (IA) \dots cp2 \\ oe3 (IC) \dots cp3 \end{array} \right\} CF$$

Dónde:

OG: Objetivo general.

oe: Objetivo específico.

CF: Conclusión final.

#### 4.3 Población y muestra.

##### 4.3.1 Población.

La unidad de análisis son los equipos consumidores de combustible en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco. Conformada por 7 calderas de vapor tipo Piro-tubular y un Secador de aire caliente de contacto indirecto de humos.

##### 4.3.2 Muestra.

Siete calderas de vapor tipo Piro-tubular de cuatro pasos (1 Und 1200 BHP, 1 Und de 900 BHP, 3 Und 800 BHP, 700 BHP, 600 BHP) y un Secador de aire caliente de contacto indirecto (800 BHP).

El muestreo es no probabilístico de tipo intencional, se evaluaron todos los equipos consumidores de combustible debido a que se necesitaba el consumo totalizado de combustible.

#### 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

##### 4.4.1 Técnicas.

Dentro de las técnicas usadas en este proyecto se encuentran:

1 era: La observación, consiste en el registro visual de los requerimientos de información, de acuerdo a las plantillas de toma de datos del Anexo IV.

2 da: La entrevista, consiste en formular verbalmente a personas relacionadas a los requerimientos de información.

3 era: La manipulación, por ejemplo, del Analizador para obtener la composición de los gases de chimenea, la manipulación del Pirómetro para obtener datos de temperatura superficial.

##### 4.4.2 Instrumentos.

Los instrumentos de recolección de datos a usar son los siguientes:

- Medidor de flujo de combustible.
- Analizador de gases de combustión.
- Pirómetro.
- Wincha.
- Plantilla para recolección de datos.

La técnica e instrumentos para la recolección de datos se usan de acuerdo al sistema a evaluar:

#### 4.4.3 Sistema caldera de vapor.

##### a. Evaluación energética.

Para obtener el indicador  $IE_1$  en las calderas se usará el Método Indirecto (ver desarrollo del método en el ítem 2.3.5 a.2) y el balance de masa y energía. En el Secador de aire caliente se usó el método Directo (ver ítem 2.3.5 b.1) y también el Balance de energía (ver ítem 2.3.5 b.2).

Para hallar el indicador  $IE_2$  en las calderas y el secador de aire caliente se usaron los resultados del Balance de masa y energía. Los datos necesarios se muestran en las plantillas de datos.

##### a.1 Equipos de medición y materiales de medición.

Todos los equipos deberán contar con su respectivo certificado de calibración emitido por un laboratorio certificado y con una vigencia no mayor a un año.

##### a.1.1 Analizador de gases de combustión.

Equipo digital que se colocó en el orificio de toma de muestras en la chimenea (muy cerca a la salida de la caldera), este equipo arrojó la siguiente información:

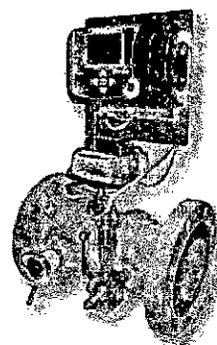
- % Volumen de  $CO_2$ .
- % Volumen de  $O_2$ .
- Ppm de  $CO$ .



- % Volumen exceso de O<sub>2</sub>.
- Temperatura de humos y ambiente.
- Eficiencia de la combustión.

#### a.1.2 Medidor de flujo de combustible.

Medidor tipo Turbina acompañado de Corrector de flujo digital, arroja el valor de consumo de gas natural en unidades estándar Sm<sup>3</sup>/h; es parte del sistema de gas natural existente.



#### a.1.3 Pirómetro.

Dispositivo manual láser con el que se tomó la temperatura superficial de los equipos.



#### a.1.4 Wincha.

Para obtener datos de longitud, diámetro de los equipos.



#### a.1.5 Plantillas.

Contiene el resumen de datos tomados en planta.

b. Evaluación ambiental.

Para obtener el indicador  $IA_1$  se usarán los resultados de la evaluación energética en el combustible líquido y en el gas natural, específicamente los valores de la medición con el analizador de gases:

- %CO<sub>2</sub>.
- ppm CO.

Para obtener el indicador  $IA_2$  además de los valores obtenidos con el Analizador de gases se usó los resultados del balance de masa y energía (toneladas de harina producidas).

c. Evaluación económica.

Para obtener el indicador  $IC_1$  se consideró el consumo de combustible líquido y de gas natural por mes.

#### 4.4.4 Sistema Secador de aire caliente.

a. Evaluación energética.

Los datos necesarios se obtuvieron mediante observación y mediante mediciones apoyada en la manipulación de los siguientes equipos:

#### a.1 Equipos de medición y materiales de medición.

Todos los equipos contaron con su respectivo certificado de calibración emitido por un laboratorio certificado y con una vigencia no mayor a un año.

##### a.1.1 Analizador de gases de combustión.

Equipo digital que se colocará en el orificio de toma de muestras en la chimenea (muy cerca a la salida de la caldera), la información que medirá este equipo es la siguiente:

- % Volumen de CO<sub>2</sub>.
- % Volumen de O<sub>2</sub>.
- Ppm de CO.
- % Volumen exceso de O<sub>2</sub>.
- Temperatura de humos y ambiente.

##### a.1.2 Pirómetro.

Equipos digitales, el primero láser que medirá las temperaturas superficiales en los equipos consumidores de combustible a fin de determinar las pérdidas por Convección y Radiación. El segundo equipo opera mediante rayos U.V. y mide temperaturas en los fluidos de paso por una tubería, nos

ayudará a determinar la temperatura de las purgas a fin de estimar las pérdidas por purgas.

a.1.3 Wincha.

a.1.4 Plantillas.

Para obtener datos de longitud, diámetro de los equipos.

Contiene el resumen de datos requeridos, lista para ser llenada con los datos experimentales.

b. Evaluación ambiental.

Para obtener el indicador IA1 se usaron los resultados de la evaluación energética en el combustible líquido y en el gas natural, específicamente los valores de la medición con el analizador de gases:

- %CO<sub>2</sub>.
- ppm CO.

Para obtener el indicador IA2 además de los valores obtenidos con el Analizador de gases se usó los resultados del balance de masa y energía (toneladas de harina producidas).

c. Evaluación económica.

Para obtener el indicador IC usó los consumo de combustible líquido y de gas natural por mes.

4.5 Procedimiento de recolección de datos.

4.5.1 Condiciones de toma de muestra.

- Los controles y mediciones de la inspección se realizaron transcurrido un periodo mínimo de 20 min a la puesta en marcha del equipo consumidor de combustible (caldera y secador).
- La toma de muestras de los gases de combustión y la medición de su temperatura se realizó con el equipo operando a su máxima potencia.
- La sonda del analizador de gases se colocó en posición de medida al menos 5 minutos, hasta que los valores a medir oscilaron muy poco en cuyo caso se registró y anotó en la plantilla con resumen de datos requeridos.

4.5.2 Pasos.

- Identificación física de las áreas, ubicación de equipos consumidores de combustible y el personal de mantenimiento a quien se le solicitó información.
- Registro de características de cada equipo consumidor de combustible (7 calderas y 1 secador de aire caliente).
- Se instalaron los equipos de medición de temperatura, medición de gases de chimenea en cada equipo consumidor de combustible.

e. Se tomó registro de los parámetros de acuerdo a la plantilla ...para su posterior evaluación.

- Se validó la data registrada en las plantillas y se procedió al procesamiento estadístico de los datos.

- Posteriormente se realizaron los cálculos y se obtuvieron los resultados, luego se interpretaron éstos resultados y se elaboraron las conclusiones y recomendaciones.

#### 4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos.

Etapa en la que se realizaron los cálculos e interpretación para verificar la hipótesis, y a partir de ello se obtuvieron conclusiones.

La metodología para el cálculo e interpretación de datos es la siguiente:

##### 4.6.1 Análisis preliminar de datos experimentales.

Se realizó un análisis exploratorio de los datos recopilados, los datos se analizaron para identificar datos atípicos, extremos, perdidos.

Habiendo realizado la validación de datos se procedió a realizar los cálculos con los datos representativos obtenidos.

##### 4.6.2 Cálculos.

A partir de datos validados se procedió a determinar los beneficios de acuerdo a lo planteado en los ítem 2.2.10.a y 2.2.6.a.2.

a. Indicador energético, "IE".

a.1 Eficiencia térmica en las calderas, usando combustible líquido residual R-500:

$$n_{Caldera} = 1 - P_1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6 - P_7 \dots \dots (2.8)$$

Caldera 1: 800 BHP

PARÁMETROS	Símb	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.93	9.88	9.62	9.85	9.49	9.78	9.76
Vapor de agua	P2	%	6.80	6.81	6.79	6.80	6.78	6.79	6.79
Inquemados gaseosos	P3	%	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Radiación	P6	%	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Purgas	P7	%	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Eficiencia térmica	$\eta$	%	79.96	80.01	80.28	80.04	80.42	80.11	80.14

Caldera 2: 900 BHP

PARÁMETROS	Símb	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.43	9.57	9.15	10.00	9.35	10.54	9.67
Vapor de agua	P2	%	6.78	6.81	6.79	6.81	6.78	6.75	6.79
Inquemados gaseosos	P3	%	0.02	0.03	0.13	0.02	0.00	0.03	0.04
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	1.65	2.63	1.65	2.63	1.63	2.14
Convección	P5	%	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.25	0.42
Radiación	P6	%	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.25	0.44
Purgas	P7	%	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Eficiencia térmica	$\eta$	%	80.15	80.96	80.32	80.54	80.25	80.49	80.51

Caldera 3: 700 BHP

PARÁMETROS	Símb	Und	1	3	5	6	8	10	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.47	10.33	9.30	9.30	10.26	10.18	9.80
Vapor de agua	P2	%	6.86	6.85	6.88	6.87	6.88	6.88	6.87
Inquemados gaseosos	P3	%	0.03	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Radiación	P6	%	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Eficiencia térmica	$\eta$	%	80.16	79.31	80.31	80.32	79.35	79.43	79.81

Caldera 4: 800 BHP

PARÁMETROS	Símb.	Und.	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.95	8.11	10.50	9.05	8.72	8.65	9.16
Vapor de agua	P2	%	6.83	6.81	6.86	6.80	6.77	6.78	6.81
Inquemados gaseosos	P3	%	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40	0.41	0.41
Radiación	P6	%	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Eficiencia térmica</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>%</b>	<b>79.65</b>	<b>81.53</b>	<b>79.07</b>	<b>80.59</b>	<b>80.95</b>	<b>81.00</b>	<b>80.47</b>

### Caldera 5: 600 BHP

PARÁMETROS	Símb.	Und.	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.39	9.34	9.63	8.76	8.77	9.87	9.29
Vapor de agua	P2	%	6.76	6.79	6.79	6.74	6.78	6.76	6.77
Inquemados gaseosos	P3	%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Radiación	P6	%	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Eficiencia térmica</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>%</b>	<b>80.30</b>	<b>80.32</b>	<b>80.03</b>	<b>80.94</b>	<b>80.91</b>	<b>79.82</b>	<b>80.39</b>

### Caldera 6: 800 BHP

PARÁMETROS	Símb.	Und.	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.41	8.83	9.73	9.02	9.06	9.06	9.19
Vapor de agua	P2	%	6.79	6.79	6.79	6.80	6.78	6.78	6.79
Inquemados gaseosos	P3	%	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Radiación	P6	%	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Purgas	P7	%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<b>Eficiencia térmica</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>%</b>	<b>80.48</b>	<b>81.05</b>	<b>80.16</b>	<b>80.85</b>	<b>80.84</b>	<b>80.82</b>	<b>80.70</b>

### Caldera 7: 1200 BHP

PARÁMETROS	Símb.	Und.	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	10.11	11.58	11.94	10.31	11.73	11.26	11.11
Vapor de agua	P2	%	7.01	7.01	7.01	7.01	7.02	7.01	7.01
Inquemados gaseosos	P3	%	0.0656	0.0765	0.0777	0.0663	0.0788	0.0754	0.0731
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Radiación	P6	%	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Eficiencia térmica</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>%</b>	<b>79.45</b>	<b>77.97</b>	<b>77.61</b>	<b>79.24</b>	<b>77.81</b>	<b>78.29</b>	<b>78.44</b>

#### a.2. Eficiencia térmica en el secador, usando combustible R-6.

A partir de datos validados se procedió a determinar los beneficios de acuerdo a lo planteado en los ítem 2.2.10.a, 2.2.6.b.1. y 2.2.6.b.2.

$$n_{\text{Secador}} = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{ingreso}}} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$Q_{\text{útil}} = \dot{m}_{\text{AE}} * (h_{g \text{ agua}} - C_p * T_i) \dots\dots\dots$$

(2.22)

$$\dot{Q}_{\text{ingreso rx}} = \dot{m}_{\text{comb.}} * PCI \dots\dots\dots (2.23)$$

$\dot{m}_{\text{AE}}$  = Flujo de ingreso al Secador (Humedad inicial – Humedad final)

Los datos de flujo de ingreso al secador, temperatura y humedades ver datos tomados en campo en Anexo 4.

$$= 41,394.96 \text{ Kg/h} (23.81 - 6.66) / 100 = 7,098.64 \text{ Kg/H agua evaporada}$$

$$\begin{aligned} \text{Masa de harina a la salida del Secador} &= 41,394.96 - 7,098.64 \\ &= 34,296.32 \text{ Kg/h} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{útil}} = 7,098.64 \text{ Kg/h} * (2,257 - 2.28 * 75) = 14'800,835.59 \frac{\text{Kj}}{\text{h}}$$

El calor de ingreso es:

$$\dot{m}_{\text{comb.}} = 567.89 \text{ Kg/h}$$

$$\dot{Q}_{\text{ingreso rx}} = \frac{567.89 \text{ Kg}}{\text{h}} * 39,770 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} = 22'585,046.55 \frac{\text{Kj}}{\text{h}}$$

$$\text{Eficiencia térmica en el Secador} = \frac{14'800,835.59}{22'585,046.55} * 100$$

$$\text{Eficiencia térmica en el Secador} = \mathbf{65.53 \%}$$

a.3 Eficiencia térmica en las calderas, usando gas natural:

$$n_{Caldera} = 1 - P_1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6 - P_7 \dots \dots (2.8)$$

Caldera 1: 800 BHP

PARÁMETROS	Símb.	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	6.21	6.19	5.89	5.79	6.15	5.76	6.00
Vapor de agua	P2	%	11.32	11.41	11.41	11.42	11.42	11.42	11.40
Inquemados gaseosos	P3	%	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Radiación	P6	%	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Eficiencia térmica</b>	<b>η</b>	<b>%</b>	<b>81.96</b>	<b>81.89</b>	<b>82.18</b>	<b>82.27</b>	<b>81.91</b>	<b>82.29</b>	<b>82.08</b>

Caldera 2: 900 BHP

PARÁMETROS	Símb.	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	5.42	5.17	5.47	5.42	5.51	10.54	6.25
Vapor de agua	P2	%	11.45	11.39	11.46	11.45	11.45	6.75	10.66
Inquemados gaseosos	P3	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.25	0.14
Radiación	P6	%	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.25	0.16
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Eficiencia térmica</b>	<b>η</b>	<b>%</b>	<b>82.53</b>	<b>82.83</b>	<b>82.48</b>	<b>82.53</b>	<b>82.45</b>	<b>81.84</b>	<b>82.44</b>

Caldera 3: 700 BHP

PARÁMETROS	Símb.	Und	1	3	5	6	8	10	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	5.43	4.99	4.99	3.85	4.98	6.38	5.10
Vapor de agua	P2	%	11.51	11.39	11.36	11.07	11.35	11.76	11.41
Inquemados gaseosos	P3	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Radiación	P6	%	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Eficiencia térmica</b>	<b>η</b>	<b>%</b>	<b>82.37</b>	<b>82.93</b>	<b>82.97</b>	<b>84.40</b>	<b>82.99</b>	<b>81.17</b>	<b>82.80</b>

### Caldera 4: 800 BHP

PARÁMETROS	Símb.	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	5.57	5.43	5.91	5.05	4.83	6.47	5.55
Vapor de agua	P2	%	11.38	11.25	11.42	11.13	11.19	11.43	11.30
Inquemados gaseosos	P3	%	0.04	0.04	0.04	0.00	0.04	0.04	0.03
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Radiación	P6	%	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Eficiencia térmica</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>%</b>	<b>82.41</b>	<b>82.69</b>	<b>82.04</b>	<b>83.23</b>	<b>83.34</b>	<b>81.47</b>	<b>82.53</b>

### Caldera 5: 600 BHP

PARÁMETROS	Símb.	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	6.08	5.43	5.65	5.92	5.61	5.57	5.71
Vapor de agua	P2	%	11.35	11.25	11.31	11.38	11.37	11.38	11.34
Inquemados gaseosos	P3	%	0.00	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Radiación	P6	%	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Purgas	P7	%	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
<b>Eficiencia térmica</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>%</b>	<b>82.00</b>	<b>82.71</b>	<b>82.45</b>	<b>82.10</b>	<b>82.41</b>	<b>82.43</b>	<b>82.29</b>

### Caldera 6: 800 BHP

PARÁMETROS	Símb.	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	5.54	5.90	5.83	5.79	5.82	5.76	5.77
Vapor de agua	P2	%	11.32	11.40	11.41	11.42	11.42	11.42	11.40
Inquemados gaseosos	P3	%	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Radiación	P6	%	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Eficiencia térmica</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>%</b>	<b>82.60</b>	<b>82.15</b>	<b>82.20</b>	<b>82.23</b>	<b>82.20</b>	<b>82.25</b>	<b>82.27</b>

### Caldera 7: 1200 BHP.

PARÁMETROS	Símb.	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	7.66	6.53	6.79	6.12	5.35	5.76	6.37
Vapor de agua	P2	%	11.82	11.58	11.69	11.53	11.36	11.39	11.56
Inquemados gaseosos	P3	%	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Radiación	P6	%	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Purgas	P7	%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<b>Eficiencia térmica</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>%</b>	<b>80.00</b>	<b>81.36</b>	<b>81.00</b>	<b>81.83</b>	<b>82.76</b>	<b>82.32</b>	<b>81.54</b>

a.4 Eficiencia térmica en el secador, usando gas natural.

$$n_{\text{Secador}} = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{ingreso}}} \dots \dots \dots (2. 2)$$

$$Q_{\text{útil}} = \dot{m}_{\text{AE}} * (h_{g \text{ agua}} - C_p * T_i) \dots \dots (2. 3)$$

$$\dot{m}_{\text{AE}} = \text{Masa de ingreso al Secador} (\text{Humedad inicial} - \text{Humedad final})$$

Los datos de flujo de ingreso al secador, temperatura y humedades ver datos tomados en campo en Anexo 5.

$$= 41,394.96 \text{ Kg/h} (20.35 - 5.63) / 100 = 6,091.56 \text{ Kg/h agua}$$

$$\text{Masa de harina salida del Secador} = 41,394.96 - 6,091.56 = 35,303.40 \text{ Kg/h}$$

$$Q_{\text{útil}} = 6,091.56 \text{ Kg/h} * (2257 - 2.28 * 70) = 12'776,446.42 \frac{\text{Kj}}{\text{h}}$$

El calor de ingreso es:

$$\dot{Q}_{\text{ingreso rx}} = \dot{m}_{\text{comb.}} * PCI \dots \dots \dots (2.23)$$

$$\dot{m}_{\text{comb.}} = 394.53 \text{ Kg/h}$$

$$\dot{Q}_{\text{ingreso}} = 394.53 \text{ Kg/h} * 49110 \text{ Kj/Kg} = 19'375,435 \text{ Kj/h}$$

$$\text{Eficiencia térmica en el Secador} = \frac{12'776,446.42}{19'375,435} * 100$$

$$\text{Eficiencia térmica en el Secador} = \mathbf{65.94 \%}$$

b. Indicador ambiental, "IA".

b.1 Emisión de gases por equipo consumidor.

b.1.1 Emisiones de CO:

Estos datos fueron tomados con el analizador de gases, ver reporte de gases de combustión en Anexo 2 para las calderas usando gas natural, en el Anexo 3 para las calderas usando gn, en el Anexo 4 para el secador usando R-6 y en Anexo 5 para el secador usando gn.

b.1.2 Emisiones de CO<sub>2</sub>:

Estos datos fueron tomados con el analizador de gases, ver reporte de gases de combustión en Anexo 2 para las calderas usando gas natural, en el Anexo 3 para las calderas usando gn, en el Anexo 4 para el secador usando R-6 y en Anexo 5 para el secador usando gn.

b.2 Reducción de emisiones, IA1.

b.2.1 Reducción de emisiones de CO en %, IA1 CO.

Se calculó de acuerdo a la ecuación 2.27 en la pág. 101:

$$IA1 \text{ (caldera 1)} = (180.33 - 84.83) / 180.33 = 52.96 \%$$

$$IA1 \text{ (caldera 2)} = (71.67 - 28.44) / 71.67 = 60.32 \%$$

$$IA1 \text{ (caldera 3)} = (77.33 - 25) / 77.33 = 67.67 \%$$

$$\text{IA1 (caldera 4)}=(124.2-75.17)/124.2=39.48 \%$$

$$\text{IA1 (caldera 5)}=(90.67-64.17)/90.67=29.23 \%$$

$$\text{IA1 (caldera 6)}=(106.3-73.17)/106.3=31.17 \%$$

$$\text{IA1 (caldera 7)}=(148.33-73.33)/148.33=50.56 \%$$

$$\text{IA1 (secador)}=(154.3-85)/154.3=44.91 \%$$

#### b.2.2 Reducción de emisiones de CO2 en %, IA1 CO2.

Se calculó de acuerdo a la ecuación 2.28 en la pág. 101:

$$\text{IA1 (caldera 1)}=(11.72-9.08)/11.72=22.55 \%$$

$$\text{IA1 (caldera 2)}=(12.08-9.86)/12.08=18.43 \%$$

$$\text{IA1 (caldera 3)}=(12.45-9.89)/12.45=20.59 \%$$

$$\text{IA1 (caldera 4)}=(12.3-8.95)/12.3=27.28 \%$$

$$\text{IA1 (caldera 5)}=(11.37-8.94)/11.37=21.32 \%$$

$$\text{IA1 (caldera 6)}=(11.25-9.23)/11.25=18 \%$$

$$\text{IA1 (caldera 7)}=(12.52-9.54)/12.52=23.81 \%$$

$$\text{IA1 (secador)}=(12.1-8.97)/12.1=25.87 \%$$

#### b.2 Emisión de gases por unidad de producto final.

##### **b.2.1 Para el combustible líquido residual R-500:**

Factor de emisión del petróleo: 81.66 Kg CO2/MMBtu

De la ecuación 2.28 en la pág. 101:

Emisiones de CO2/Ton de harina de pescado:

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{2,332.26 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0698 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{2,623.79 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0785 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{2,040.72 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0611 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{2,368.19 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0709 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{2,449.85 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0733 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{2,336.26 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0698 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{3,498.38 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.1047 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{2,238.30 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0700 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

**c.2.2 Para el combustible gas natural:**

Factor de emisión del GN: 59.19 Kg CO<sub>2</sub>/MMBtu

De la ecuación 2.28 en la pág. 101:

Emisiones de CO<sub>2</sub>/Ton harina de pescado:

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{1,738.85 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0520 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{1,956.20 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0586 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{1,521.49 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0455 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{1,738.85 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0520 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{1,304.13 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0390 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{1,738.85 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0520 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{2,608.27 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0781 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}} = \frac{1,738.85 \text{ Kg } \frac{\text{CO}_2}{\text{h}} / 1000}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.0520 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Ton harina}}$$

$$\frac{\text{Emisiones CO}_2 \text{ en 7 Calderas}}{\text{Ton harina}} = \frac{17,645.45 \text{ Kg CO}_2/\text{h}}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.5282 \text{ comb. líquido}$$

$$\frac{\text{Emisiones CO2 en 7 Calderas}}{\text{Ton harina}} = \frac{12,606.63 \text{ Kg CO2/h}}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.3774 \text{ gas natural}$$

$$\text{IA2 en 7 Calderas} = \frac{(0.5282 - 0.3774) \times 100}{0.5282} = 28.56 \%$$

Producción de Ton CO2 al año = 0.15 Ton CO2/Ton harina prod X 57,732.48

Ton harina/año=8,59.87 Ton CO2/año

Costo Ton CO2=6.79 USD/Ton CO2

= 58,800.52 USD/año

$$\frac{\text{Emisiones CO2 en Secador}}{\text{Ton harina}} = \frac{2,338.30 \text{ Kg CO2/h}}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.070 \text{ comb. líquido}$$

$$\frac{\text{Emisiones CO2 en Secador}}{\text{Ton harina}} = \frac{1,738.85 \text{ Kg CO2/h}}{33.41 \text{ Ton harina/h}} = 0.052 \text{ gas natural}$$

$$\text{IA2 en Secador} = \frac{(0.5282 - 0.3774) \times 100}{0.5282} = 25.64 \%$$

Producción de Ton CO2 al año = 0.02 Ton CO2/Ton harina prod\*57,732.48

Ton harina/año=1,154.65 Ton CO2/año

Costo Ton CO2=6.79 USD/Ton CO2

= 7,840.07 USD/año

c. Indicador económico, "IC", reducción de costo.

c.1. Costo del combustible en las 7 calderas por unidad de producto final, usando combustible líquido residual R-500.

$$\begin{aligned} \text{COSTO COMB. CALDERAS} &= \frac{207.06 * 15.86}{33.41 \text{ Ton harina/h}} \\ &= 98.28 \frac{\text{USD}}{\text{Ton harina}} \end{aligned}$$

c.2. Costo del combustible en Secador por unidad de producto final, usando combustible líquido residual R-500.

$$\begin{aligned} \text{COSTO COMB. SECADOR} &= \frac{28.63 * 16.01}{33.41 \text{ Ton harina/h}} \\ &= 13.72 \frac{\text{USD}}{\text{Ton harina}} \end{aligned}$$

c.3 Costo del combustible en calderas por unidad de producto final, usando gas natural.

$$\begin{aligned} \text{COSTO COMB. CALDERAS} &= \frac{212.99 * 6.93}{33.41 \text{ Ton harina/h}} \\ &= 44.18 \frac{\text{USD}}{\text{Ton harina}} \end{aligned}$$

c.4 Costo del combustible en Secador por unidad de producto final, usando gas natural.

$$\begin{aligned} \text{COSTO COMB. SECADOR} &= \frac{29.38 * 6.03}{33.41 \text{ Ton harina/h}} \\ &= 6.09 \frac{\text{USD}}{\text{Ton harina}} \end{aligned}$$

c.5 IC, reducción de costo de combustible por Ton de harina producida:

De la ecuación 2.29 en la pág. 101:

$$\text{IC CALDERAS} = \frac{(98.28 - 44.18) \times 100}{98.28} = 55.05 \%$$

$$\text{IC SECADOR} = \frac{(13.72 - 6.09) \times 100}{13.72} = 55.59 \%$$

d. Cálculo complementario: Rentabilidad del proyecto de inversión.

Para evaluar la rentabilidad del proyecto se calcularán los indicadores económicos VAN (Valor actual neto), TIR (Tasa interna de retorno), PAY BACK (Período de recuperación). Para ello se necesitó hallar los siguientes datos económicos:

d.1 Inversión total inicial.

La inversión inicial se realizó en el 2014 se resume en la siguiente tabla:

**TABLA N°4.1**  
**COSTO TOTAL DE INVERSIÓN**

<b>PRODUCTO O SERVICIO</b>	<b>COSTO USD</b>
Quemadores duales gn / residual y kits de conversión.	535,632.44
Instalación mecánica y eléctrica de quemadores.	181,869.65
Obras civiles.	62,904.70
Obras mecánicas.	644,712.24
Conexión a red de gn Contugas	1,085,506.00
Gastos de investigación	10,712.65
Supervisión externa	64,471.22
<b>TOTAL</b>	<b>2,585,808.91</b>

I=2'585,808.91 USD

d.2 Tiempo de evaluación.

Para la evaluación de la harina producida Se tomó en cuenta la producción en los meses de Abril, Mayo y Junio del 2015.

t=3 meses

d.3 Costo por temporada de operación y mantenimiento.

Se evaluó una temporada, abril, mayo y junio del 2015.

**TABLA N°4.2**  
**COSTOS DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO**  
**POR 1ERA TEMPORADA DE PRODUCCIÓN 2015**

COSTOS DE PRODUCCIÓN POR TEMPORADA	Costo USD	Porcentaje %
<b>1. Materiales directos.</b>	<b>8,530,374.52</b>	<b>61.90</b>
Anchoveta	7,274,788.25	
Aditivos	18,150.93	
Sacos	1,221,832.68	
Gastos de investigación	15,602.65	
<b>2. Mano de obra.</b>	<b>857,088.00</b>	<b>6.22</b>
Salarios	691,200.00	
leyes sociales.	165,888.00	
<b>3. Gastos indirectos de fabricación.</b>	<b>2,409,488.57</b>	<b>17.49</b>
Combustible	1,143,738.35	
Lubricantes	17,156.08	
Depreciación de planta y equipo	290,991.53	
Seguro planta	271,457.53	
Certificación de calidad harina para exportación	26,319.40	
Electricidad y agua	659,825.69	
<b>4. Gastos de administración.</b>	<b>802,185.33</b>	<b>5.82</b>
Alquileres.	218,243.65	
Sueldos de administración	371,014.20	
Honorario	40,780.80	
Donaciones	123,671.40	
Pago por derecho de pesca	14,799.33	
Utiles de oficina	8,294.40	
Depreciación maquinaria de oficina	2,488.32	
Correos y telecomunicaciones	22,893.23	
<b>5. Gastos de veda.</b>	<b>1,087,580.84</b>	<b>7.89</b>
Mantenimiento	603,807.43	
Publicidad	10,912.18	
Comisión agente aduana	145,495.77	
Almacenaje	109,121.82	
Fletes y gastos transporte	218,243.65	
<b>6. Gastos financieros</b>	<b>93,252.67</b>	<b>0.68</b>
Intereses y gastos docum. Descontados	72,747.88	
Pérdida por diferencia de cambio	7,274.79	
Intereses y gastos sobregiros	13,230.00	
<b>TOTAL</b>	<b>13,779,969.93</b>	<b>100</b>

#### d.4 Tasa de interés anual para el proyecto.

Tomando en cuenta el bajo riesgo del proyecto se considera una tasa del 18% anual ó 1.5 % mensual.

$$i=1.5 \%$$

#### d.5 Beneficio.

Con los datos de producción y rentabilidad de los meses de Abril, Mayo y Julio del 2015 se elaboraron las tablas de Estado de pérdidas y ganancias y Flujo económico de fondos:

**TABLA N°4.3**  
**ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS, 1ERA TEMPORADA 2015.**

Estado de Pérdidas y ganancias	Abril	Mayo	Junio
	1	2	3
Ingreso por ventas	11,031,733.41	9,495,671.05	2,439,212.09
(-) Costo de producción	6,619,040.04	5,697,402.63	1,463,527.26
(=) Utilidad bruta	4,412,693.36	3,798,268.42	975,684.84
(-) Gastos generales	496,428.00	496,428.00	421,963.80
(-) Gastos financieros	220,634.67	189,913.42	48,784.24
(+) Venta de act. tang. al mercado			
(-) Valor libro de activos tangibles			
(=) Utilidad antes de part. imp.	3,695,630.69	3,111,927.00	504,936.79
(-) Participaciones (10%)	369,563.07	311,192.70	50,493.68
(-) Impuesto a la renta (30%)	1,108,689.21	933,578.10	151,481.04
(=) Utilidad antes de reserva legal	2,217,378.41	1,867,156.20	302,962.08
(-) Reserva legal (20%)	443,475.68	373,431.24	60,592.42
(=) Utilidad disponible (US\$)	1,773,902.73	1,493,724.96	242,369.66

**TABLA N°4.4**  
**FLUJO ECONÓMICO DE FONDOS, 1ERA TEMPORADA 2015**

	0	1	2	3
	-2,585,808.91			
(=) Utilidad antes de reserva legal, USD	2,217,378.41	1,867,156.20	302,962.08	
(+) Amortización de intangibles, USD	13,304.27	11,202.94	1,817.77	
(+) Depreciación fabril, USD	33,260.68	280,073.43	45,444.31	
(+) Depreciación no fabril, USD	3,104.33	26,140.19	4,241.47	
(+) Gastos financieros*(1-0.3), USD	154,444.27	132,939.39	34,148.97	
(+) Valor residual (recupero), USD				
Flujo neto económico, USD	-2,585,808.91	2,421,491.96	2,317,512.15	388,614.60
VAN al 1.5% al mes, USD	-2,585,808.91	2,385,706.36	2,249,520.39	371,638.74
Flujo econ. Neto desc. Acumulado, USD		2,385,706.36	4,635,226.76	5,006,865.50
Valor actual neto por periodo, USD		-200,102.54	2,049,417.85	2,421,056.59

d.6 Análisis de la rentabilidad.

**Valor actual neto (VAN).**

$I_0=2'585,808.91$  USD (Inversión inicial).

$V_1=2'421,491.96$  USD (Rentabilidad del primer mes de operación, producción 6.8 Ton harina de pescado).

$V_2=2'317,512.15$  USD (Rentabilidad del segundo mes de operación, producción 5.9 Ton harina de pescado).

$V_3=388,614.60$  USD (Rentabilidad del tercer mes de operación, producción 1.5 Ton de harina de pescado).

**TABLA N°4.5  
RESUMEN VAN**

n	Periodos de actualización	inversión y rentabilidades	valor presente	valor acumulado
0		-2,585,808.91	-2,585,808.91	
1	1	2,421,491.96	2,385,706.36	-200,102.54
2	2	2,317,512.15	2,249,520.39	2,049,417.85
3	3	388,614.60	371,638.74	2,421,056.59
suma = VAN			2,421,056.59	

**Tasa de retorno de la inversión (TIR).**

Usando la ecuación 2.31:

$$VAN = -2',585,808.91 + \frac{2'385,706.36}{(1+k)^1} + \frac{2'249,520.39}{(1+k)^2} + \frac{371,638.74}{(1+k)^3} = 0$$

$$k = 56.88 \%$$

TIR=56.88 %

**Periodo de recuperación (PAY BACK).**

Usando la ecuación 2.32:

$$Pay\ back = [-200,102.54] + \left[ \frac{200,102.54}{2'049,471.85} \right]$$

$$Pay\ back = 1.09\ meses$$

## CAPÍTULO V: RESULTADOS.

Luego de realizar los cálculos y atendiendo a los objetivos e hipótesis planteados, se presenta los siguientes resultados.

### 5.1 Indicadores energéticos.

**TABLA N°5.1  
INDICADORES ENERGÉTICOS IE  
(AUMENTO DE EFICIENCIA TÉRMICA EN %)**

INDICADOR	EFICIENCIA TÉRMICA CON COMB. LÍQUIDO EN % (a)	EFICIENCIA TÉRMICA CON GAS NATURAL EN % (b)	VARIACIÓN DE EFICIENCIA TÉRMICA	AUMENTO DE EFICIENCIA TÉRMICA EN % IE (c)
IE1,1 (Caldera 1)	80.14	81.46	1.33	1.66
IE1,2 (Caldera 2)	80.51	82.06	1.55	1.93
IE1,3 (Caldera 3)	81.01	81.91	0.90	1.11
IE1,4 (Caldera 4)	80.24	81.83	1.59	1.98
IE1,5 (Caldera 5)	80.39	81.56	1.17	1.46
IE1,6 (Caldera 6)	80.50	81.48	0.98	1.22
IE1,7 (Caldera 7)	79.51	80.88	1.37	1.73
IE1,8 (Secador)	65.53	65.94	0.41	0.63

(a): Antes de la implementación del sistema dual energético.

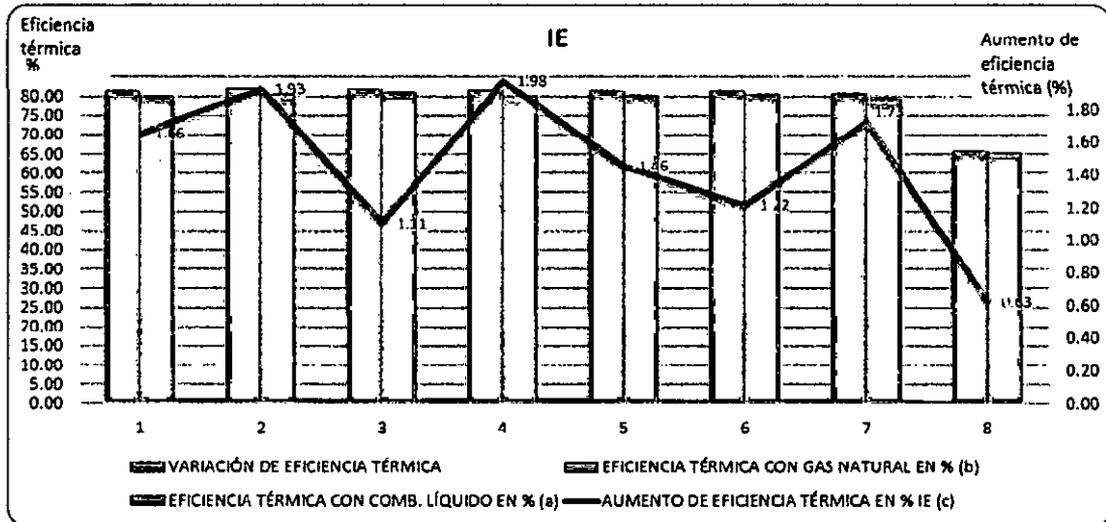
(b): Después de la implementación del sistema dual energético.

(c): Beneficio obtenido.

**TABLA N°5.2  
OBJETIVOS VS. RESULTADOS PARA INDICADORES ENERGÉTICOS IE.**

OBJETIVOS / RESULTADOS	Determinar la eficiencia térmica por consumo de combustible antes de la implementación del sistema dual energético.	Determinar la eficiencia térmica por consumo de combustible después de la implementación del sistema dual energético.	Determinar cuánto mejoran los IE con la implementación del sistema dual energético (%).	Comparar los indicadores calculados con índices existentes.		
				Indicadores IE	Índice existente	
IE1,1 (Caldera 1)	80.14	81.46	1.66	1.66	0.7	ALBÚJAR 2011
IE1,2 (Caldera 2)	80.51	82.06	1.93	1.93		
IE1,3 (Caldera 3)	81.01	81.91	1.11	1.11		
IE1,4 (Caldera 4)	80.24	81.83	1.98	1.98		
IE1,5 (Caldera 5)	80.39	81.56	1.46	1.46		
IE1,6 (Caldera 6)	80.50	81.48	1.22	1.22		
IE1,7 (Caldera 7)	79.51	80.88	1.73	1.73		
IE1,8 (Secador)	65.53	65.94	0.63	0.63		

**GRÁFICO N°5.1  
INDICADORES ENERGÉTICOS IE  
(AUMENTO EFICIENCIA TÉRMICA EN %)**



5.2 Indicadores ambientales.

**TABLA N°5.3  
INDICADORES AMBIENTALES IA1  
(REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO EN %)**

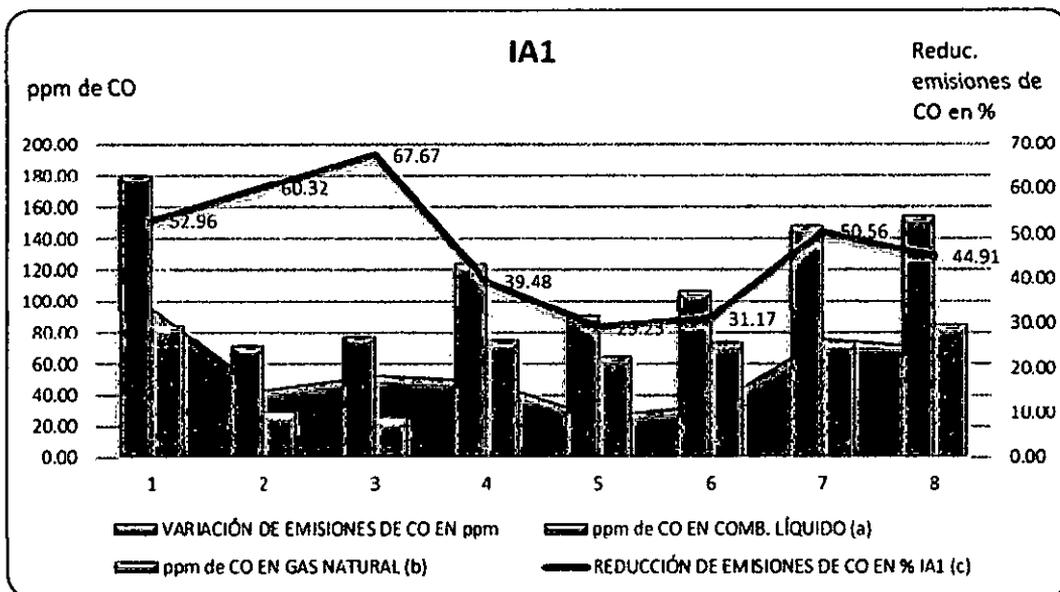
INDICADOR	ppm de CO EN COMB. LÍQUIDO (a)	ppm de CO EN GAS NATURAL (b)	VARIACIÓN DE EMISIONES DE CO EN ppm	REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO EN % IA1 (c)
IA1,1 CO (Caldera 1)	180.33	84.83	95.50	52.96
IA1,2 CO (Caldera 2)	71.67	28.44	43.23	60.32
IA1,3 CO (Caldera 3)	77.33	25.00	52.33	67.67
IA1,4 CO (Caldera 4)	124.20	75.17	49.03	39.48
IA1,5 CO (Caldera 5)	90.67	64.17	26.50	29.23
IA1,6 CO (Caldera 6)	106.30	73.17	33.13	31.17
IA1,7 CO (Caldera 7)	148.33	73.33	75.00	50.56
IA1,8 CO (Secador)	154.30	85.00	69.30	44.91

(a): Antes de la implementación del sistema dual energético.

(b): Después de la implementación del sistema dual energético.

(c): Beneficio obtenido.

**GRÁFICO N°5.2  
INDICADORES AMBIENTALES IA1  
(REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO EN %)**



**TABLA N°5.4  
OBJETIVOS VS. RESULTADOS PARA INDICADORES AMBIENTALES,  
IA1 (REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO EN %)**

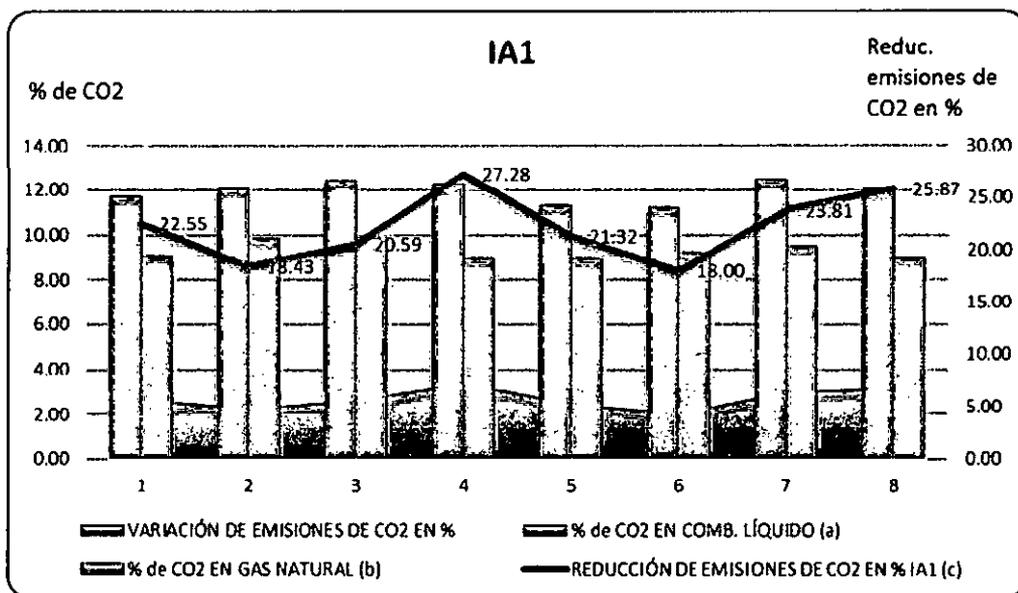
INDICADORES AMBIENTALES						
OBJETIVOS / RESULTADOS	Determinar las ppm de CO por consumo de combustible antes de la implementación del sistema dual energético.	Determinar las ppm de CO por consumo de combustible después de la implementación del sistema dual energético.	Determinar cuánto mejoran IA1 obtenidos con la implementación de sistema dual energético (%).	Comparar los indicadores calculados con índices existentes.		
				Indicadores IA1 para las emisiones de CO	Índice existente	
IA1,1 (Caldera 1)	180.33	84.83	52.96	52.96	Las emisiones se reducen en 25 %	MUÑOZ 2015
IA1,2 (Caldera 2)	71.67	28.44	60.32	60.32		
IA1,3 (Caldera 3)	77.33	25.00	67.67	67.67		
IA1,4 (Caldera 4)	124.20	75.17	39.48	39.48		
IA1,5 (Caldera 5)	90.67	64.17	29.23	29.23		
IA1,6 (Caldera 6)	106.30	73.17	31.17	31.17		
IA1,7 (Caldera 7)	148.33	73.33	50.56	50.56		
IA1,8 (Secador)	154.30	85.00	44.91	44.91		

**TABLA N°5.5**  
**INDICADORES AMBIENTALES, IA1**  
**(REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2 EN %)**

INDICADOR	% de CO2 EN COMB. LÍQUIDO (a)	% de CO2 EN GAS NATURAL (b)	VARIACIÓN DE EMISIONES DE CO2 EN %	REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2 EN % IA1 (c)
IA1,1 CO2 (Caldera 1)	11.72	9.08	2.64	22.55
IA1,2 CO2 (Caldera 2)	12.08	9.86	2.23	18.43
IA1,3 CO2 (Caldera 3)	12.45	9.89	2.56	20.59
IA1,4 CO2 (Caldera 4)	12.30	8.95	3.36	27.28
IA1,5 CO2 (Caldera 5)	11.37	8.94	2.42	21.32
IA1,6 CO2 (Caldera 6)	11.25	9.23	2.03	18.00
IA1,7 CO2 (Caldera 7)	12.52	9.54	2.98	23.81
IA1,8 CO2 (Secador)	12.10	8.97	3.13	25.87

- (a): Antes de la implementación del sistema dual energético.  
 (b): Después de la implementación del sistema dual energético.  
 (c): Beneficio obtenido.

**GRÁFICO N°5.3**  
**INDICADORES AMBIENTALES IA1**  
**(REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2 %)**



**TABLA N°5.6**  
**OBJETIVOS VS. RESULTADOS PARA INDICADORES AMBIENTALES, IA1**  
**(REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2 EN %)**

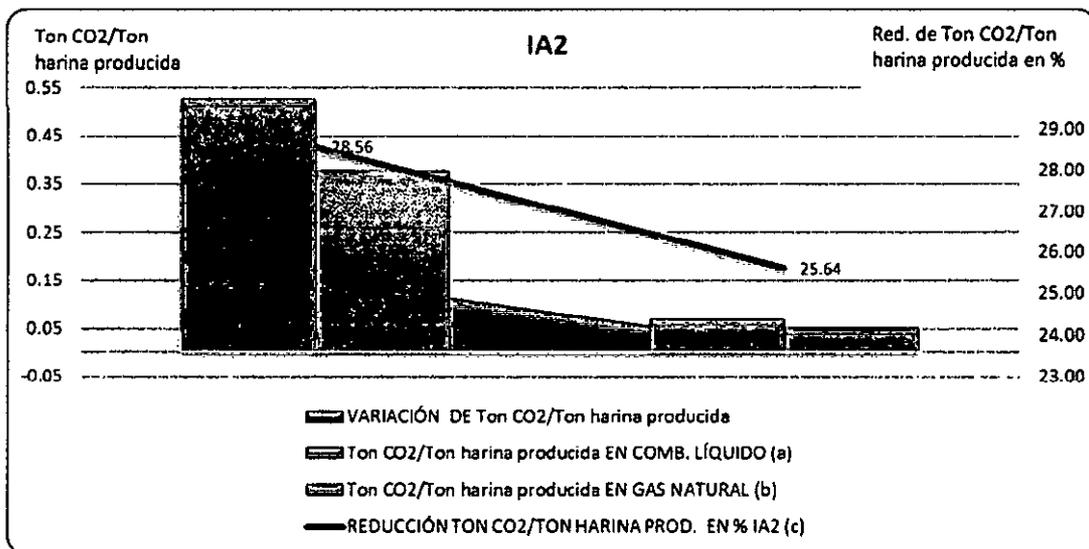
OBJETIVOS / RESULTADOS	Determinar el % de CO2 por consumo de combustible antes de la implementación del sistema dual energético.	Determinar el % de CO2 por consumo de combustible después de la implementación del sistema dual energético.	Determinar cuánto mejoran IA2 con la implementación del sistema dual energético (%).	Comparar los indicadores calculados con índices existentes.	
				Indicadores IA1 para las emisiones de CO2	Índice existente
IA1,1 (Caldera 1)	11.72	9.08	22.55	22.55	Las emisiones se reducen en 25 % MUÑOZ 2015
IA1,2 (Caldera 2)	12.08	9.86	18.43	18.43	
IA1,3 (Caldera 3)	12.45	9.89	20.59	20.59	
IA1,4 (Caldera 4)	12.30	8.95	27.28	27.28	
IA1,5 (Caldera 5)	11.37	8.94	21.32	21.32	
IA1,6 (Caldera 6)	11.25	9.23	18.00	18.00	
IA1,7 (Caldera 7)	12.52	9.54	23.81	23.81	
IA1,8 (Secador)	12.10	8.97	25.87	25.87	

- (a) Antes de la implementación del sistema dual energético.
- (b) Después de la implementación del sistema dual energético.
- (c) Beneficio obtenido.

**TABLA N°5.7**  
**INDICADORES AMBIENTALES IA2**  
**(REDUCCIÓN DE TON CO2 POR TON DE HARINA PRODUCIDA EN %).**

INDICADOR	USD combustible/Ton harina producida EN COMB. LÍQUIDO (a)	USD combustible/Ton harina producida EN GAS NATURAL (b)	VARIACIÓN DE USD combustible/Ton harina producida	REDUCCIÓN COSTO COMB./TON HARINA PROD. EN (%) IC (c)
IC (Calderas)	98.28	44.18	54.10	55.05
IC (Secador)	13.72	6.09	7.63	55.59

**GRÁFICO N°5.4  
INDICADORES AMBIENTALES IA2 EN CALDERAS Y SECADOR  
(REDUCCIÓN DE TON CO2 POR TON DE HARINA PRODUCIDA EN %)**



**TABLA N°5.8  
OBJETIVOS VS. RESULTADOS PARA INDICADORES AMBIENTALES,  
IA2 (REDUCCIÓN DE TON CO2 POR TON DE HARINA PRODUCIDA,  
EN %)**

OBJETIVOS / RESULTADOS	Determinar las Ton de CO2 por Ton de harina producida por consumo de combustible antes de la implementación del sistema dual-energético.	Determinar las Ton de CO2 por Ton de harina producida por consumo de combustible después de la implementación del sistema dual-energético.	Determinar cuánto mejoran IA2 con la implementación del sistema dual energético (%).	Comparar los indicadores calculados con índices existentes.	
				Indicadores IA2	Índice existente
Ton CO2/Ton harina producida					
IA2 (Calderas)	0.53	0.38	28.56	28.56	
IA2 (Secador)	0.07	0.05	25.64	25.64	

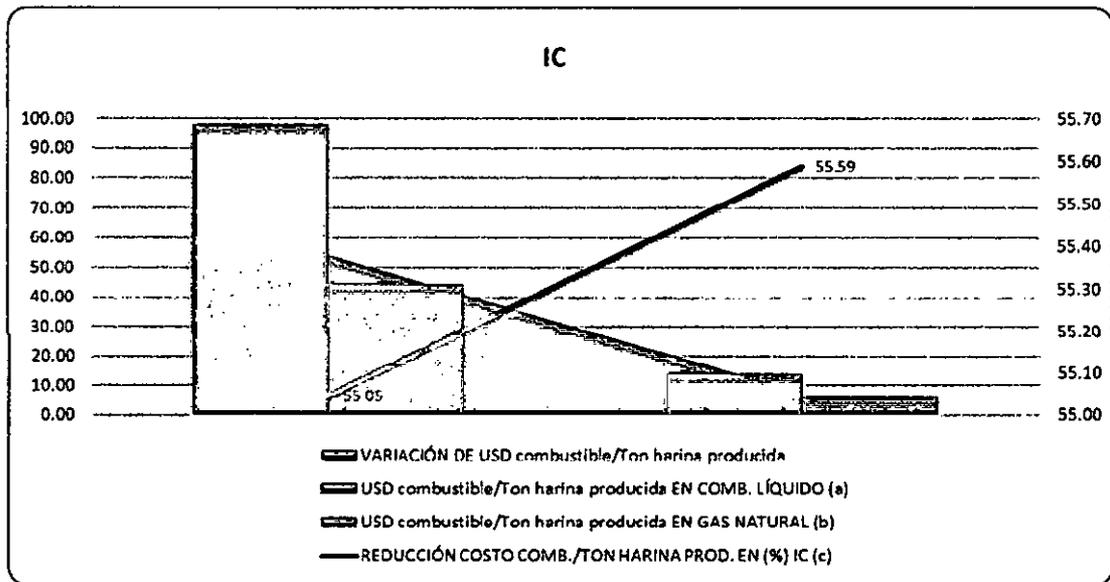
5.3 Indicadores económicos.

**TABLA N°5.9**  
**INDICADORES ECONÓMICOS, IC (REDUCCIÓN DE COSTO DE COMBUSTIBLE EN USD POR TON HARINA PRODUCIDA, EN %)**

INDICADOR	USD combustible/Ton harina producida EN COMB. LÍQUIDO (a)	USD combustible/Ton harina producida EN GAS NATURAL (b)	VARIACIÓN DE USD combustible/Ton harina producida	REDUCCIÓN COSTO COMB./TON HARINA PROD. EN (%)
IC (Calderas)	98.28	44.18	54.10	55.05
IC (Secador)	13.72	6.09	7.63	55.59

- (a) Antes de la implementación del sistema dual energético.  
 (b) Después de la implementación del sistema dual energético.  
 (c) Beneficio obtenido.

**GRÁFICO N°5.5**  
**INDICADORES ECONÓMICOS IC EN CALDERAS Y SECADOR**  
**(REDUCCIÓN DE COSTO DE COMBUSTIBLE POR TON HARINA DE PESCADO, EN %)**



**TABLA N°5.10**  
**OBJETIVOS VS. RESULTADOS PARA INDICADORES ECONÓMICOS, IC**  
**(REDUCCIÓN DE COSTO DE COMBUSTIBLE EN USD POR TON HARINA**  
**PRODUCIDA, EN %)**

OBJETIVOS / RESULTADOS	Determinar el costo de combustible por Ton de harina producida antes de la implementación del sistema dual energético en USD/Ton harina producida.	Determinar el costo de combustible por Ton de harina producida después de la implementación del sistema dual energético en USD/Ton harina producida.	Determinar cuánto mejoran IC con la implementación del sistema dual energético (%).	Comparar los indicadores calculados con índices existentes.	
				Indicadores IC	Índice existente
IC (Calderas)	98.28	44.18	55.05	55.05	43.00 MUÑOZ 2015
IC (Secador)	13.72	6.09	55.59	55.59	45.00 ESTRADA 2015

#### 5.4 Rentabilidad del proyecto ejecutado.

El sistema dual energético inició su implementación en Julio del 2014, la habilitación del proyecto fué en Abril del 2015, es decir en esta fecha la planta empezó a consumir gas natural (sistema dual implementado). La inversión fue de 2'585,808.91 USD.

**TABLA N°5.11**  
**RESUMEN DE INDICADORES DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO.**

Indicadores	Valores
Valor actual neto (VAN)	2'421,056.59 USD
Tasa interna de retomo (TIR)	56.88 %
Tiempo medio de recuperación (PAY BACK)	1.09 meses

## **CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis general que establece que el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco ofrece beneficios.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen MINAM (2015), García (2015) planta Pesquera Exalmar y Pesquera Diamante y Albújar & Capcha (2011) en la planta Vopak; todos los autores confirman que la conversión a gas natural ofrece beneficios.

### **6.1 Contratación de hipótesis con los resultados.**

6.1.1 Indicadores energéticos IE: La hipótesis (5%) no se cumplió, éste resultado puede atribuirse al desgaste de los equipos que van desde 1991 a 1997 en su mayoría y la caldera 1200 BHP del 2012. Sin embargo, en el caso de las Calderas está por encima de lo reportado por Albújar (0.7 %). En el secador las altas pérdidas de eficiencia térmica son debido al gran tamaño del equipo, considerando que tiene un diámetro de 3.8 m y una longitud total de 24.4 m, las pérdidas en su mayor porcentaje son debido a la convección y radiación. La mejora no es considerable y puede atribuirse a al desgaste de las superficies del secador considerando que el equipo en la actualidad tiene una antigüedad de 20 años, que causa

desgaste en las zonas de transferencia de calor y genera reducción de la eficiencia térmica del Secador

**TABLA N°6.1  
HIPÓTESIS VERSUS RESULTADOS, IE.**

HIPÓTESIS / RESULTADOS	El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado mejora el indicador energético "IE", aumento de eficiencia térmica en las calderas y secador en un 5 %.
IE1,1 (Caldera 1)	1.66
IE1,2 (Caldera 2)	1.93
IE1,3 (Caldera 3)	1.11
IE1,4 (Caldera 4)	1.98
IE1,5 (Caldera 5)	1.46
IE1,6 (Caldera 6)	1.22
IE1,7 (Caldera 7)	1.73
IE1,8 (Secador)	0.63

6.1.2 Indicadores ambientales IA1: En este caso los indicadores IA1 para el CO (30%) y para el CO<sub>2</sub> (10%) propuestos fueron superados y se puede atribuir en el caso del CO a que la combustión del gas natural, al estar ambos componentes combustible y comburente en la misma fase, favorece la combustión y con ello disminuye la producción de inquemados (CO); y en el caso del CO<sub>2</sub> a que la relación C/H para el caso de combustible residual es mayor al del gas natural por ende el residual produce más CO<sub>2</sub>

**TABLA N°6.2:  
HIPÓTESIS VERSUS RESULTADOS, IA1**

HIPÓTESIS / RESULTADOS	El indicador reducción de emisiones de CO en %, "IA1", mejora en 30 %	El indicador reducción de emisiones de CO2 en %, "IA1", mejora en 10 %.
IE1,1 (Caldera 1)	52.96	22.55
IE1,2 (Caldera 2)	60.32	18.43
IE1,3 (Caldera 3)	67.67	20.59
IE1,4 (Caldera 4)	39.48	27.28
IE1,5 (Caldera 5)	29.23	21.32
IE1,6 (Caldera 6)	31.17	18.00
IE1,7 (Caldera 7)	50.56	23.81
IE1,8 (Secador)	44.91	25.87

6.1.3 Indicadores ambientales IA2: Se encontró que los indicadores propuestos IA2 (20%) en las calderas y en el secador, fueron superados. Por tanto, se cumple la hipótesis. Adicionalmente a que la relación C/H para el caso de combustible residual es mayor al del gas natural por ende produce más CO<sub>2</sub>; este indicador puede atribuirse a que al usar gas natural se han optimizado los tiempos de operación, por tanto, se ha reducido la producción de CO<sub>2</sub>.

**TABLA N°6.3  
HIPÓTESIS VERSUS RESULTADOS, IA2**

HIPÓTESIS / RESULTADOS	El indicador reducción de Ton de emisiones de CO2 por Ton de harina producida en %, "IA2", en calderas y secador, aumenta en 20 %.
IA2 (Calderas)	28.56
IA2 (Secador)	25.64

6.1.4 Indicadores económicos, IC: Se encontró que el indicador económico IC (40%), fueron superados. Por tanto, se cumple la hipótesis En este caso el indicador superó al valor planteado en la hipótesis, y puede atribuirse a la gran capacidad instalada de la planta pesquera 6600 BHP (213 MMBtu/h para el gn), en estos casos los ahorros son más notorios.

**TABLA N°6.4  
HIPÓTESIS VERSUS RESULTADOS, IC.**

HIPÓTESIS/ RESULTADOS	El indicador costo de combustible por Ton de harina producida "IC" en las calderas y secador, mejora hasta en un 40 %.
IC (Calderas)	55.05
IC (Secador)	55.59

## 6.2 Contratación de resultados con otros estudios similares.

6.2.1 Indicadores energéticos, IE: Se encontró que el indicador IE (aumento de eficiencia térmica en %) en calderas, obtuvo un incremento mínimo de 0.63 % y un máximo de 1.98 %. Estos datos concuerdan con MINAM (2016) al concluir que se logra una mejora en la eficiencia térmica. Además, los indicadores hallados superan el 0.7 % de Albújar & Capcha (2011).

**TABLA N°6.5  
RESULTADOS VERSUS ESTUDIOS SIMILARES, IE.**

INDICADOR IE, AUMENTO DE EFICIENCIA TÉRMICA EN %	RESULTADOS	ESTUDIOS SIMILARES	
IE1,1 (Caldera 1)	1.66	0.7	ALBÚJAR 2011
IE1,2 (Caldera 2)	1.93		
IE1,3 (Caldera 3)	1.11		
IE1,4 (Caldera 4)	1.98		
IE1,5 (Caldera 5)	1.46		
IE1,6 (Caldera 6)	1.22		
IE1,7 (Caldera 7)	1.73		
IE1,8 (Secador)	0.63		

6.2.2 Indicadores ambientales, IA1: Se encontró que el indicador ambiental IA1 (Reducción de emisiones de CO en %) en calderas y secador, obtuvo una mejora mínima de 29.23 % y una máxima de 67.67 %. Estos buenos resultados se pueden atribuir a que, en el caso del gas natural al estar ambos componentes combustible y comburente en la misma fase, lo que favorece la combustión y con ello disminuye la producción de inquemados (CO). Concuerta con Muñoz (2015) quien indica que en la planta Pesquera Exalmar ubicadas en el Callao y Tambo de Mora que además operan con un sistema dual gas natural/petróleo, han reducido las

emisiones en 25 %, debido a que la combustión con gas natural es casi completa por ende se evita generar inquemados.

**TABLA N°6.6  
RESULTADOS VERSUS ESTUDIOS SIMILARES, IA1  
(REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO EN %)**

INDICADOR IA1, REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO EN %	RESULTADOS	ESTUDIOS SIMILARES	
IA1,1 (Caldera 1)	52.96	Las emisiones se reducen en 25 %	GARCÍA 2015
IA1,2 (Caldera 2)	60.32		
IA1,3 (Caldera 3)	67.67		
IA1,4 (Caldera 4)	39.48		
IA1,5 (Caldera 5)	29.23		
IA1,6 (Caldera 6)	31.17		
IA1,7 (Caldera 7)	50.56		
IA1,8 (Secador)	44.91		

6.2.3 Indicadores ambientales, IA2: Se encontró que el indicador ambiental IA1 (reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en %) en calderas y secador, obtuvo una mejora mínima de 18 % y una máxima de 27.28 %. En este caso el indicador no superó al indicador propuesto en la hipótesis, sin embargo, se encuentra dentro de los rangos de emisiones de CO<sub>2</sub> indicado en el marco teórico (véase ítem 2.2.2.a). Además; concuerda con Estrada (2015) quien declara que en dos de las plantas de Pesquera Diamante que han sido implementadas con el sistema dual gas/petróleo; gracias al uso

del gas natural las emisiones se han reducido en un 30 %, además del material Particulado.

**TABLA N°6.7**  
**RESULTADOS VERSUS ESTUDIOS SIMILARES, IA1**  
**(REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN %)**

INDICADOR IA1, REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EN %	RESULTADOS	ESTUDIOS SIMILARES	
IA1,1 (Caldera 1)	22.55	Las emisiones se reducen en 25 %	GARCÍA 2015
IA1,2 (Caldera 2)	18.43		
IA1,3 (Caldera 3)	20.59		
IA1,4 (Caldera 4)	27.28		
IA1,5 (Caldera 5)	21.32		
IA1,6 (Caldera 6)	18.00		
IA1,7 (Caldera 7)	23.81		
IA1,8 (Secador)	25.87		

6.2.4 Se encontró que el indicador ambiental IA2 (reducción de Ton de emisiones de CO<sub>2</sub>/Ton harina producida) en las calderas y el secador, obtuvo una mejora de 28.56 % para las calderas y 25.64 % para el secador. En este caso el indicador se sustenta en que la relación C/H para el caso de combustible residual es mayor al del gas natural por ende produce más CO<sub>2</sub>; y que al usar gas natural se han optimizado los tiempos de operación de las calderas, por tanto, se ha reducido la producción de CO<sub>2</sub>. Concuera con Muñoz (2015) quien indica que en la planta Pesquera Exalmar ubicadas en el Callao y Tambo de Mora que además operan con

un sistema dual gas natural/petróleo, han reducido considerablemente el impacto ambiental.

**TABLA N°6.8**  
**RESULTADOS VERSUS ESTUDIOS SIMILARES, IA2**  
**(REDUCCIÓN DE TON DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR TON HARINA DE**  
**PESCADO EN %)**

INDICADOR IA2, REDUCCIÓN DE TON DE CO2 POR TON HARINA PRODUCIDA EN %	RESULTADOS	ESTUDIOS SIMILARES	
IA2 (Calderas)	28.56	-	-
IA2 (Secador)	25.64	-	-

6.2.5 Indicadores económicos, IC: Se encontró que el indicador económico IC (reducción de costo de combustible en USD /Ton harina producida), obtuvo una mejora de 55.05 % en las calderas y 55.59 % en el secador. Puede atribuirse a la gran capacidad instalada de la planta pesquera 6600 BHP (213 MMBtu/h para el gn), en estos casos los ahorros son más notorios. Concuera con el MINAM (2016) que menciona que se reducen los costos de combustibles por cambio de matriz energética a gas natural, también concuerda con el ejemplo que menciona que la conversión a gas natural de una planta pesquera en Tambo de Mora obtuvo un ahorro de 51.5 % en costos de combustible. Concuera con Muñoz (2015), quien precisa que en las plantas Pesquera Exalmar en el Callao y Tambo de Mora el ahorro en combustible al usar gas natural es del 43 %. También

concuerta con Estrada, quien indica que en las plantas de Pesquera Diamante en Callao y Pisco el uso de gas natural representa un ahorro del 45 % en costo de combustible. Se sustenta en que el gas natural es licuado y el costo de gasificación del gas natural y transporte encarece el precio del final; y a su vez el ahorro disminuye.

**TABLA N°6.9**  
**RESULTADOS VERSUS ESTUDIOS SIMILARES, IC**  
**(REDUCCIÓN DE USD COSTO DE COMBUSTIBLE POR TON HARINA**  
**DE PESCADO EN %)**

INDICADOR, IC, REDUCCIÓN DE COSTO DE COMBUSTIBLE POR TON HARINA PRODUCIDA EN %	RESULTADOS	ESTUDIOS SIMILARES	
IC (Calderas)	55.05	43.00	GARCÍA 2015
IC (Secador)	55.59	45.00	

## CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES.

En la investigación realizada en la planta pesquera de harina de pescado en la ciudad de Pisco en el 2017, se llegó a la conclusión general que el sistema dual energético implementado ofrece beneficios que contribuyen en mejorar el proceso y uso eficiente de los recursos. Estos beneficios fueron cuantificados en base a indicadores energéticos, ambientales y económicos.

7.1 Se determinó que la eficiencia térmica en las calderas antes de la implementación del sistema dual energético se encuentra en el rango de 79.51 % y 80.51 %, después de la implementación se encuentra en el rango de 80.88 % a 82.06 % (véase tabla 5.1). El indicador energético "IE" (aumento de eficiencia térmica en las calderas) mejoró en un rango de 1.11 a 1.98 % (véase tabla N°5.1). Se comparó con índices existentes de estudios similares y se encontró que los resultados superan el 0.7 % de Albújar & Capcha, 2011 (véase tabla N°6.5). Existe la posibilidad de mejorar éstos índices (resultados) reduciendo las pérdidas en las calderas. Las pérdidas por convección pueden reducirse usando economizadores, al usar la temperatura de los gases de chimenea en la combustión de gas natural se puede precalentar el agua de ingreso a la caldera, aplicando mantenimiento al refractario y el aislamiento deteriorado en las calderas y realizando la regulación de la relación aire / combustible en el quemador. Otra oportunidad de mejora es controlar que las

calderas se mantengan en operación por encima del 75% de su capacidad de diseño.

7.2 Se determinó que la eficiencia térmica en el secador antes de la implementación del sistema dual energético era de 65.53 % y después de la implementación fue de 65.94 % (véase tabla 5.1). El indicador energético "IE" (aumento de eficiencia térmica en el secador) mejoró en 0.63 % (ver tabla 5.1). Se comparó con índices existentes de estudios similares y se encontró que los resultados superan el 0.7 % de Albújar & Capcha, 2011 (véase tabla N°6.5). Existe la posibilidad de mejorar éste índice reduciendo las pérdidas por convección y radiación aplicando mantenimiento al aislamiento. Otra oportunidad de mejora es controlar que el Secador se mantengan en operación por encima del 75% de su capacidad de diseño. Una mejora más drástica es reemplazar el Secador de aire existente por uno de una tecnología más avanzada, tomando en cuenta que tiene 20 años de antigüedad.

7.3 Se determinó que las emisiones en ppm de CO en las calderas antes de la implementación del sistema dual energético, se encontraban en el rango de 77.33 ppm a 180.33 ppm, las emisiones en ppm de CO en las calderas después de la implementación se encuentran en el rango de 25 ppm a 84.83 ppm (véase tabla N°5.3). El indicador energético "IA1" (reducción de emisiones de CO en %, en las calderas) mejoró en un rango de 29.23 % a 67.67 % (véase

tabla N°5.3). Se comparó con índices existentes de estudios similares y se encontró que los resultados superan el 25 % de Muñoz, 2015 (véase tabla N°6.6). Se justifica en que la combustión del gas natural se acerca más a una combustión completa y así se evita la formación de inquemados.

7.4 Se determinó que las emisiones en ppm de CO en el Secador antes de la implementación del sistema dual energético, era de 154.30 ppm, las emisiones en ppm de CO en el Secador después de la implementación fue de 85 ppm (véase tabla 5.3). El indicador ambiental "IA1" (reducción de emisiones de CO en %, en el secador) mejoró en 44.91 % (véase tabla N°5.3). Se comparó con índices existentes de estudios similares y se encontró que los resultados superan el 25 % de Muñoz, 2015 (véase tabla N°6.6). Se sustenta considerando que la combustión del gas natural se acerca más a una combustión completa y así se evita la formación de inquemados.

7.5 Se determinó que las emisiones en % de CO<sub>2</sub> en las calderas antes de la implementación del sistema dual energético, se encontraban en el rango de 11.25 % a 12.52 %, las emisiones en % de CO<sub>2</sub> en las calderas después de la implementación se encuentran en el rango de 8.94 % a 9.89 % (véase tabla N°5.5). El indicador ambiental "IA1" (reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en %, en las calderas) mejoró en un rango de 18 % a 23.81 % (véase tabla N°5.5). Se comparó con índices existentes de estudios similares y se encontró que los

resultados superan el 25 % de Muñoz, 2015 (véase tabla N°6.6). Se sustenta considerando que la composición del gas natural tiene una menor relación Carbono – Hidrógeno; por tanto, las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en la combustión del gas natural son menores.

7.6 Se determinó que las emisiones en % de CO<sub>2</sub> en el Secador antes de la implementación del sistema dual energético, fue de 12.10 %, las emisiones en % de CO<sub>2</sub> en el secador después de la implementación fue de 8.97 % (véase tabla N°5.5). El indicador ambiental "IA1" (reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en %, en el secador) mejoró en 25.87 % (véase tabla N°5.5). Se comparó el beneficio con índices existentes de estudios similares y se encontró que los resultados superan el 25 % de Muñoz, 2015 (ver tabla N°6.6). Se sustenta considerando que la composición del gas natural tiene una menor relación Carbono – Hidrógeno; por tanto, las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en la combustión del gas natural son menores.

7.7 Se determinó que las Ton de CO<sub>2</sub> por Ton de harina producida en las calderas antes de la implementación del sistema dual energético, fue de 0.53 Ton CO<sub>2</sub>/Ton harina, después de la implementación fue de 0.38 Ton CO<sub>2</sub>/Ton harina (véase tabla N°5.7). El indicador ambiental "IA2" (reducción de Ton de CO<sub>2</sub> /Ton harina en %, en las calderas) mejoró en 28.56 % (véase tabla N°5.7).

Esta reducción si se cotiza con bonos de carbono que equivale a tener la oportunidad de ingreso de 58,800.52 USD/año.

7.8 Se determinó que las Ton de CO<sub>2</sub> por Ton de harina producida en el secador antes de la implementación del sistema dual energético, fue de 0.07 Ton CO<sub>2</sub>/Ton harina, después de la implementación fue de 0.05 Ton CO<sub>2</sub>/Ton harina (véase tabla N°5.7). El indicador ambiental "IA2" en el secador (reducción de Ton de CO<sub>2</sub> /Ton harina en %) mejoró en 25.64% (véase tabla N°5.7). También se sustenta considerando que la composición del gas natural tiene una menor relación Carbono – Hidrógeno; por tanto, las Ton de CO<sub>2</sub> por Ton de harina producida se reducen. Esta reducción si se cotiza con bonos de carbono que equivale a tener la oportunidad de ingreso de 7,840.07 USD/año.

7.9 Se determinó que el costo de combustible por Ton de harina producida en las Calderas antes de la implementación del sistema dual energético era de 98.28 USD/Ton harina, después de la implementación fue de 44.18 UDS/Ton harina. El indicador económico "IC" en las calderas (reducción de costo de combustible /Ton harina en %) mejoró en 55.05 % (véase tabla N°5.9). Se sustenta al considerar que se trata de una planta con alta demanda de consumo de combustible y al disponer de una línea de distribución de gas natural al límite del predio, el ahorro se hace más significativo.

7.10 Se determinó que el costo de combustible por Ton de harina producida en el secador antes de la implementación del sistema dual energético era de 13.72 USD/Ton harina, después de la implementación fue de 6.09 UDS/Ton harina. El indicador económico "IC" en el secador (reducción de costo de combustible /Ton harina en %) mejoró en 55.59 % (véase tabla N°5.9). También se sustenta al considerar que se trata de una planta con alta demanda de consumo de combustible y al disponer de una línea de distribución de gas natural al límite del predio, el ahorro se hace más significativo.

7.11 Se determinó que la rentabilidad económica del proyecto de inversión de 2'585,808.91 USD, obtuvo un VAN de 2'421,056.59 USD, TIR de 56.88 % (véase tabla N°5.11), en un período de recuperación de 1.1 mes; éstos indicadores reportan una excelente viabilidad. Se tiene además en la actualidad ahorros económicos en el mantenimiento de los equipos; en las calderas como el mantenimiento de la cámara de combustión, tubos de gases calientes, chimenea se redujo de 24 veces al año a 3 veces al año; y con ello el ahorro económico en el mantenimiento. En el Secador de aire caliente, el mantenimiento de la cámara de combustión, los tubos en los intercambiadores, la chimenea también se redujo de 24 veces al año a 3 veces al año; y con ello el ahorro económico en el mantenimiento.

## **CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES.**

Al comprobarse que el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado ofrece beneficios, se da como recomendación general que se revise y optimice el plan anual de ahorro energético en la planta debido a que se ha encontrado oportunidades de mejora. Los beneficios pueden mejorar si se trabaja considerando buenas prácticas y la tecnología, como el reemplazo de equipos antiguos por otros con tecnologías más eficientes.

8.1 Previo a la toma de datos operativos se recomienda planificar las ubicaciones estratégicas del personal que apoyará en tomar nota de los parámetros de operación durante la corrida, esto a fin de contar con los parámetros de necesarios para la determinación de los indicadores.

8.2 Continuar con el estudio de otros tipos de ahorro de energía para maximizar la eficiencia térmica en los equipos consumidores de combustible y el uso sustentable de los recursos, que tiene como consecuencia el beneficio energético, ambiental y económico.

8.3 Existe la posibilidad de evaluar otros indicadores como el ambiental y el social.

## CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ALBÚJAR ESCUDERO, MASÍAS, & CAPCHA SOTO, RAÚL. **Análisis de la conversión de un quemador de petróleo industrial N°6 a gas natural para reducir costos de reconversión de caldera en Vopak Serlipasa.** Tesis de maestría. UNI. 2011.
- CASTILLO, P. **Manual práctico de la combustión industrial,** s.f.
- DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. **Directiva 92/42/CEE Relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos.** 1992.
- CENGEL, YUNUS. **Termodinámica.** México. McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. (Ed.y Trad.). Sexta Ed. 2006.
- CLEAVER BROOKS. **Manual para el cuidado de calderas.** México. s.f.
- CLEAVER BROOKS. **Manual de operación de Economizadores.** 2008.
- CONAE, PYME & SENER, **Eficiencia en calderas y combustión.** CONAE. Dirección de enlace y programas regionales. México. 2007.
- ENTRENA GONZÁLEZ F. **Eficiencia energética en las instalaciones de calefacción y ACS en los edificios.** España. Primera Ed. 2014.
- GOALCO PROYECTOS S.A. **Sistema de secado por aire caliente Goalco BT.** s.f.
- INEGA, **Factores de emisión para cálculo de toneladas de CO2.** España. 2007.
- Guía de Orientación del Uso Eficiente de la energía y de diagnóstico

Energético Industria Pésquera. 2016.

- MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN. **Anuario estadístico pesquero y acuícola.** Lima – Perú. 2015.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS DIRECCIÓN GENERAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. **Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético Industria Pesquera.** Lima – Perú. Mayo de 2016.
- NTP 321.002. Petróleo y derivados. **Petróleos industriales especificaciones.** Perú. 2014.
- NTP 350.300, **Calderas Industriales. Procedimiento para la determinación de la eficiencia térmica de calderas industriales.** Primera Ed. Perú. 2002.
- NTP 350.301. **Calderas Industriales. Estándares de eficiencia térmica.** 2da Ed. Perú. 2009.
- OSINERGMIN. **La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú.** Perú. 2015.
- REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARIA. **La industria pesquera y sus derivados.** Perú. Ed. 29. 30 de Noviembre del 2015.
- SERRANO J. & CARRANZA J. **Análisis teórico de la combustión en quemadores de gas natural.** Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. 2005.
- SMITH, VAN NESS & ABOIT M. **Introducción a la Termodinamica en Ingeniería Química.** Urbina, E. & Hidalgo M. (Trad.). México. McGraw-

Hill/Interamericana. Quinta Ed. 1996.

- THERMAL ENGINEERING LTDA. **Artículo Análisis de la eficiencia en calderas.** Santiago – Chile. s.f.
- TREYBAL, R. **Operaciones de transferencia de masa.** Segunda Ed. Islandia. 1991.
- VILLAFLORES G, MORALES G. & JORGE VELASCO. **Variables significativas del proceso de combustión del gas natural.** Universidad Nacional de Santa. Argentina. 2008.
- VÁSQUEZ H., PALACIOS J, OLÓRTEGUI T. & CÓNDOR J. **Análisis de cambio de combustible en calderas a gas natural.** Universidad Mayor de San Marcos. Lima – Perú. 2003 - 2005.

Fuentes de internet:

- BOEHM, R, 2007, **Desing analysis of termal systems, Jonh Willey and Sons, apund.** Navarro Flores, Carlos. Disponible en:  
[https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/411/1/PCM\\_M\\_Tesis\\_2015\\_Carlos\\_Navarro.pdf](https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/411/1/PCM_M_Tesis_2015_Carlos_Navarro.pdf). Consultada el 17 de Agosto del 2017.
- COMUNIDAD DE MADRID. **Guía básica calderas industriales eficientes.** Disponible en:  
<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-basica-calderas-industriales-eficientes-fenercom-2013.pdf>. Consultada el 17 de Agosto del

2017.

- ESPAÑA, **Cotización de Ton de carbono en euros**. Disponible en:  
<http://es.investing.com/commodities/carbon-emissions>. Consultada el 20 de Junio del 2016.
- RPP Noticias, **Conozca los bonos de Carbono y qué hace Perú al respecto**. Disponible en:  
<http://rpp.pe/tecnologia/mas-tecnologia/conozca-los-bonos-de-carbono-y-que-hace-peru-al-respecto-noticia-514590>. Consultada el 10 de Abril del 2016.
- ESPAÑA, **Cotización de Ton de harina métrica de pescado**. Disponible en:  
<http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=harina-de-pescado>. Consultada el 19 de Junio del 2016.
- INDEX MUNDI, **Cotización de exportación de harina de pescado en UDS/Tm**. Perú. Disponible en:  
<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/consulta/grafico>. Consultada el 20 de Junio del 2016.
- TASA, **Postulación al premio nacional a la calidad**, Lima – Perú, 2012. Disponible en:  
[http://www.cdi.org.pe/pdf/PNC\\_2012/informe\\_TASA.pdf](http://www.cdi.org.pe/pdf/PNC_2012/informe_TASA.pdf). Consultada el 17 de Octubre del 2016.

# **ANEXOS.**

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: BENEFICIOS QUE OFRECE EL SISTEMA DUAL ENERGÉTICO IMPLEMENTADO EN UNA PLANTA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	MÉTODOLOGÍA
¿Cuáles son los beneficios que ofrece el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado ubicada en la ciudad de Pisco?	Cuantificar y dar a conocer los beneficios que ofrece el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco a través de indicadores.	El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco y específicamente el uso de gas natural ofrece beneficios que contribuyen en mejorar el proceso y uso eficiente de los recursos. Los beneficios se cuantificaron a través del análisis de los indicadores energéticos, ambientales y los económicos. Mediante la recopilación de	Y=Beneficios que ofrece el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco.	Indicadores energéticos, ambientales y económicos en %.	<p><b>Tipo de investigación.</b></p> <p><b>Por su finalidad.</b> Aplicada.</p> <p><b>Por su diseño interpretativo.</b> No experimental.</p> <p><b>Por el énfasis en la naturaleza de los datos manejados.</b> Cuantitativa.</p> <p><b>Por el nivel de estudio</b> Descriptivo, Evaluativo.</p> <p><b>Por el ámbito de desarrollo.</b> De campo.</p> <p><b>Población.</b> Equipos consumidores de combustible en la planta de</p>

		datos en campo, la aplicación del plan estadístico se determinaron los indicadores, que permitieron realizar el análisis, comparación con índices existentes y la obtención de conclusiones que servirá como base de datos para mejorar el plan anual de ahorro energético en la empresa productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco.			harina de pescado en la ciudad de Pisco.  <b>Muestra.</b> 7 Calderas de vapor y 1 Secador de aire caliente Indirecto.  <b>Diseño.</b> Por observación. $Y=f(IE,IA,IC)$ $OG \left\{ \begin{array}{l} oe1 (IE) \dots cp1 \\ oe2 (IA) \dots cp2 \\ oe3 (IC) \dots cp3 \end{array} \right\} CF$ Dónde: OG: Objetivo general. oe: Objetivo específico. Cp: Conclusión parcial. CF: Conclusión final.
SUB-PROBLEMA	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES	MÉTODOLOGÍA
a) ¿En qué medida mejora el indicador energético en el sistema dual	a) Determinar la eficiencia térmica por consumo de combustible antes de la	a) El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado	IE=Aumento de eficiencia térmica del equipo consumidor de combustible.	a) Eficiencia térmica en %) usando combustible líquido.	Eficiencia térmica por el Método Indirecto.  Balance de energía.  Medición de parámetros.

<p>energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco?</p>	<p>implementación del sistema dual energético.</p> <p>b) Determinar la eficiencia térmica por consumo de combustible después de la implementación del sistema dual energético.</p> <p>c) Determinar cuánto mejoran los indicadores económicos, IE con la implementación del sistema dual energético (indicador energético).</p> <p>d) Comparar los indicadores calculados con índices existentes.</p>	<p>mejora el indicador energético "IE", aumento de eficiencia térmica en %. Estos indicadores dependen principalmente de la tecnología y control de pérdidas del proceso.</p> <p>a.1 El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado mejora el indicador energético "IE", aumento de eficiencia térmica en las calderas en un 5 %.</p> <p>a.2 El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado mejora el indicador energético "IE",</p>		<p>b) Eficiencia térmica en %) usando gas natural.</p> <p>c) IE, aumento de eficiencia térmica en %.</p>	<p>Cálculos matemáticos.</p>
--	---	--	--	--	------------------------------

		aumento de eficiencia térmica en el Secador en un 5 %.			
b) ¿En qué medida mejoran los indicadores ambientales en el sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado en la ciudad de Pisco?	<p>a) Determinar las emisiones de CO, CO<sub>2</sub> y las Ton CO<sub>2</sub> por Ton harina producida por consumo de combustible antes de la implementación del sistema dual energético.</p> <p>b) Determinar las emisiones de CO, CO<sub>2</sub> y las Ton CO<sub>2</sub> por Ton harina producida por consumo de combustible después de la implementación del sistema dual energético.</p>	<p>b) El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado mejora los indicadores ambientales "IA" reducción de emisiones en %. Estos indicadores dependen principalmente de la composición del combustible, de la tecnología del proceso y del control de evacuación de emisiones.</p> <p>b.1 El indicador reducción de emisiones de CO en %, "IA1", mejora en 30 %.</p>	<p>IA1 CO.</p> <p>IA1 CO<sub>2</sub>.</p> <p>IA2 CO<sub>2</sub>.</p>	<p>a) Emisiones de CO en ppm usando combustible líquido. Emisiones de CO<sub>2</sub> en % usando combustible líquido. Ton CO<sub>2</sub>/Ton harina de pescado usando combustible líquido.</p> <p>b) Emisiones de CO en ppm usando gas natural. Emisiones de CO<sub>2</sub> en % usando gas natural. Ton CO<sub>2</sub>/Ton harina de pescado usando gas natural.</p>	<p>Análisis de gases de chimenea con analizador digital.</p> <p>Cálculos matemáticos.</p>

	<p>c) Determinar cuánto mejoran los indicadores IA1, con la implementación del sistema dual energético (indicadores ambientales).</p> <p>d) Comparar los indicadores calculados con índices existentes.</p>	<p>b.2 El indicador reducción de emisiones de CO2 en %, "IA1", mejora en 10 %.</p> <p>b.3 El indicador reducción de Ton de emisiones de CO2 por Ton de harina producida en %, "IA2", en calderas, mejora en un 20 %.</p> <p>b.4 El indicador reducción de Ton de emisiones de CO2 por Ton de harina producida en %, "IA2", en el Secador, mejora en un 20 %.</p>		<p>c) IA1, reducción de emisiones de CO y CO2 en %.</p> <p>IA2, reducción de emisiones en Ton CO2/Ton harina producida en %.</p>	
<p>c) ¿En qué medida mejoran los indicadores económicos en el sistema dual energético implementado en la planta productora de</p>	<p>a) Determinar el costo de combustible por Ton de harina producida antes de la implementación del sistema dual energético.</p>	<p>c) El sistema dual energético implementado en la planta productora de harina de pescado mejora los indicadores económicos "IC" reducción de costo de combustible por</p>	<p>IC=Costo de combustible por Tonelada de harina producida.</p>	<p>a) Costo de combustible líquido en USD/Ton harina producida.</p> <p>b) Costo de gas natural en USD/Ton harina producida.</p>	<p>Análisis económico.</p> <p>Análisis de rentabilidad.</p> <p>Cálculos matemáticos.</p>

<p>harina de pescado en la ciudad de Pisco?</p>	<p>b) Determinar el costo de combustible por Ton de harina producida después de la implementación del sistema dual energético.</p> <p>c) Determinar cuánto mejoran los indicadores económicos, IC con la implementación del sistema dual energético.</p> <p>d) Comparar los indicadores calculados con índices existentes.</p>	<p>Ton de harina producida en %. Estos indicadores dependen principalmente de los precios en el mercado del combustible (tipo de combustible) y de la harina de pescado (calidad).</p> <p>c.1 El indicador reducción de costo de combustible en calderas por Ton de harina producida "IC", mejora hasta en un 40 %.</p> <p>c.2 El indicador reducción de costo de combustible en el secador por Ton de harina producida "IC", mejora hasta en un 40 %.</p>		<p>c) IC Reducción de combustible/Ton de harina de pescado en %</p>	
---	--	--	--	---	--

## ANEXO 2: Reportes de eficiencia térmica con GN.

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300.2001										
Fecha:	25/04/2017									
Hora de Inicio :	07:00 p.m.									
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>										
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A - PISCO SUR									
Dirección:	Carretera Pisco - Paracas - Perú									
Localidad:	Pisco	Entidad:	TERMODINAMICA S.A.							
<b>A DATOS DE LA CALDERA</b>										
Identificación :	Caldera N° 1									
Marca :	CLEAVER BROOKS									
Modelo:	CB600-800									
Serie:	L-94156									
Año de fabricación :	1995									
Número de pasos :	-									
Tipo :	Pilotubular Horizontal									
Potencia Nominal BHP / (Kg/h)	800	11600								
Presion de Diseño (Psig) :	150									
Presion de Trabajo (Psig) :	125									
Combustible :	GN									
<b>B CONDICIONES DE OPERACIÓN</b>										
<b>AGUA - VAPOR</b>		<b>COMBUSTIBLE</b>		<b>AIRE DE COMBUSTION</b>						
Presion de Vapor (psig):	125	Temperatura(°C):	-	Temperatura (°C):	29					
Temperatura de Ingreso del agua (°C):	85	Presión de Atomizac	0.253	Presión Barométrica (m barg):						
TDS alimentación:	60			Humedad relativa (%)						
TDS purga:	333									
<b>C MEDICIONES REALIZADAS</b>										
<b>Condiciones Ambientales</b>										
PARÁMETROS	Símb.	unidades	1	2	3	4	5	6	Promedio	
HORA			19:01	19:18	19:30	19:35	19:40	19:42		
FECHA			25-04-17	25-04-17	25-04-17	25-04-17	25-04-17	25-04-17		
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.28	0.3	0.30	
Temperatura Ambiente	TA	°C	27	27	27	27	27	27	27.00	
<b>Gases de Combustión</b>										
PARÁMETROS	Símb.	Posicion	1	2	3	4	5	6	Promedio	
HORA			19:01	19:18	19:30	19:35	19:40	19:42		
Presión de operación	Pop	Barg	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	4.5	4.3	4.5	4.1	4.2	4.0	4.3	
Monóxido de Carbono	CO	ppm	59.0	88.0	82.0	93.0	92.0	95.0	84.8	
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	8.19	8.75	9.19	9.41	9.44	9.47	9.1	
Temperatura de humos	Tg	°C	183.5	192.9	191.9	192.8	192.5	193.1	191.1	
Eficiencia de Combustión	η	%	84.9	84.7	84.6	84.6	84.6	84.8	84.7	
Observaciones										
<b>Radiación</b>										
Temperatura de superficie (°C)										
Ver ubicación de los puntos en la figura	# de Punto	perficie lateral				Placas				
		Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior			
	1	68.5	62.3	66.8	45.3	137.0	151.3			
	2	79.6	46.2	63.2	35.5	78.6	65.3			
	3	41.2	35.9	50.6	33.7	64.2	87.9			
	4	41.0	35.7	39.0	33.2	119.0	37.9			
	5	39.4	30.5	37.8	36.7	133.2	33.8			
	6	39.3	60.7	36.6	43.3	64.8	71.1			
	7	40.1	35.0	36.1	43.3	128.7	43.8			
	8	81.1	47.7	65.4	39.4	139.0	60.8			

Temperatura de la superficie del agua      Tsf =    45.94  
 Temperatura de la superficie del gas        Tsg =    88.53  
 Area de la superficie del agua                Af (m<sup>2</sup>) = 56.55  
 Area de la superficie del gas                 Ag (m<sup>2</sup>) = 9.82

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado                        GN  
 Constante de Sievert ( k)                    0.35  
 PCS ( kJ/kg )                                  53913.00  
 H<sub>2</sub>O en el combustible                        0.00  
 H en el combustible                            25.00  
 Constante k1                                    40.00  
 Emisividad                                      0.96  
 B (Índice de Bacharach)                    1.00  
 CO<sub>2</sub> max                                        11.90  
 H<sub>liq</sub>'sat (Kj/Kg)                                761.01  
 H<sub>vapor</sub>'sat (Kj/Kg)                            2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Símb.	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	6.69	6.64	6.28	6.17	6.14	6.14	6.34
Vapor de agua	P2	%	11.52	11.60	11.59	11.60	11.60	11.60	11.59
Inquemados gaseosos	P3	%	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Radiación	P6	%	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Eficiencia térmica</b>	<b>η</b>	<b>%</b>	<b>81.20</b>	<b>81.15</b>	<b>81.52</b>	<b>81.62</b>	<b>81.66</b>	<b>81.64</b>	<b>81.46</b>

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 1.

Durante las mediciones se observó lo siguiente :

- \* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 120 y 125 psig de presión de generación de vapor.
- \* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:
  - La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periódicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar si se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300.2001

Fecha:	25/04/2017
Hora de inicio:	20:00
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A.
Dirección:	Carretera Pisco - Paracas - Perú
Localidad:	Pisco Sur

A DATOS DE LA CALDERA

Identificación:	Caldera N° 2
Marca:	DISTRAL S.A.
Modelo:	3VBS-900-150/A-3235
Año de fabricación:	1997
Número de pasos:	--
Tipo:	Piro tubular Horizontal Automático
Potencia Nominal BHP / (Kg/h)	900 / 13050
Presión de Diseño (Psig):	150
Presión de Trabajo (Psig):	120
Combustible:	GN

B CONDICIONES DE OPERACIÓN

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presión de Vapor (psig):	110	Temperatura(°C):	70	Temperatura (°C):	29
Temperatura de ingreso:	85	Presión de Atomizac	0.253	Presión Barométrica	
TDS alimentación:	50			Humedad relativa (%)	
TDS purga:	278				

C MEDICIONES REALIZADAS

Condiciones Ambientales

PARAMETROS	Símb	unidades	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			20:37	20:38	20:42	20:42	20:54	21:10	
FECHA			25/04/17	25/04/17	25/04/17	25/04/17	25/04/17	25/04/17	
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Temperatura Ambiente	TA	°C	26	26	25	26	26	26	26

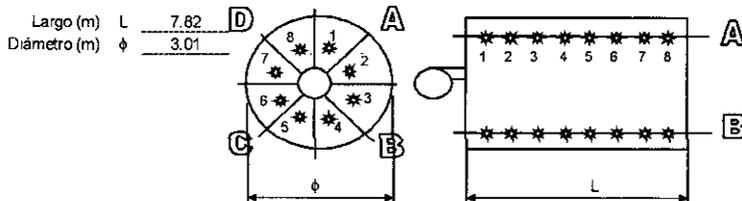
Gases de Combustión

PARAMETROS	Símb	Posición	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			20:37	20:38	20:42	20:42	20:54	21:10	
Presión de operación de vapor	Pop	Barg	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	3.1	3.0	3.2	3.1	3.3	3.4	3.2
Monóxido de Carbono	CO	ppm	0	0	0	0	0	0	0.0
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	9.97	9.88	9.95	9.97	9.8	9.57	9.86
Temperatura de humos	Tg	°C	187.4	181.1	188.4	187.4	187.2	191.8	187.2
Eficiencia de Combustión	η	%	85.1	85.4	85	85.1	84.3	84.7	84.9
Observaciones									

Radiación

# de Punto.	Temperatura de superficie (°C)					
	Superficie lateral				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	72.4	66.2	70.7	49.2	140.9	155.2
2	83.5	50.1	57.1	39.4	82.5	69.2
3	45.1	39.8	54.5	37.6	68.1	91.8
4	44.9	39.6	42.9	37.1	122.9	68.0
5	43.3	34.4	41.7	40.6	137.1	73.0
6	43.2	54.6	40.5	37.2	68.7	75.0
7	44.0	38.9	40.0	37.2	132.6	47.7
8	85.0	51.6	69.3	33.3	142.9	64.7

Ver ubicación de los puntos en la figura



Temperatura de la superficie del agua	Tsf =	48.90
Temperatura de la superficie del gas	Tsg =	96.27
Area de la superficie del agua	Af (m <sup>2</sup> ) =	73.95
Area de la superficie del gas	Ag (m <sup>2</sup> ) =	14.23

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado	GN
Constante de Sievert ( k )	0.35
PCS ( kJ/kg )	53913
H <sub>2</sub> O en el combustible	0.00
H en el combustible	25.00
Constante K1	40.00
Emisividad	0.96
CO <sub>2</sub> max	11.90
H <sub>liq</sub> <sup>sat</sup> (Kj/Kg)	761.01
H <sub>vapor</sub> <sup>sat</sup> (Kj/Kg)	2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Simb	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	5.67	5.49	5.71	5.67	5.76	10.54	6.47
Vapor de agua	P2	%	11.57	11.51	11.58	11.57	11.57	6.75	10.76
Inquemados gaseosos	P3	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.25	0.18
Radiación	P6	%	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.25	0.19
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Eficiencia térmica</b>	<b>η</b>	<b>%</b>	<b>82.09</b>	<b>82.31</b>	<b>82.03</b>	<b>82.09</b>	<b>82.00</b>	<b>81.84</b>	<b>82.06</b>

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 2. Durante las mediciones se observó lo siguiente :

- \* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 120 y 125 psig de presión de generación de vapor.
- \* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:
  - La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periodicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar si se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300:2001

Fecha:	25/04/2017
Hora de inicio :	16:00
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A
Dirección:	Carretera Pisco - Paracas - Perú
Localidad:	Pisco

A DATOS DE LA CALDERA

Identificación :	Caldera N° 3
Marca :	DISTRAL S.A.
Modelo :	WBS-700-150/A-26
Año :	1991
Número de pasos :	--
Tipo :	Protubular Horizontal
Capacidad ( BHP/Kg/h ) :	700   10150
Presion de Diseño (Psig) :	150
Presion de Trabajo (Psig) :	125
Combustible :	GN

B CONDICIONES DE OPERACIÓN

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presion de Vapor :	110	Temperatura(°C) :	70	Temperatura :	29
Temperatura de ingreso	85	Presion de Atomizac	0.253	Presión Barométrica	
TDS alimentación:	50			Humedad relativa (%)	
TDS purga:	278				

C MEDICIONES REALIZADAS

Condiciones Ambientales

PARAMETROS	Simb	unidades	1	3	5	6	8	10	Promedio
HORA			16:17	16:21	16:24	16:27	16:32	16:34	
FECHA			25-04-17	25-04-17	25-04-17	25-04-17	25-04-17	25-04-17	
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Temperatura Ambiente	TA	°C	26	26	26	26	26	26	26.0

Gases de Combustión

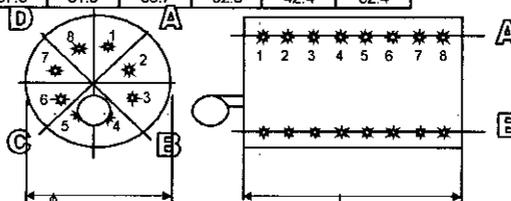
PARAMETROS	Simb	Posicion	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			21:27	16:21	16:24	16:27	21:34	21:35	
Presión de operación	Pop	Barg	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.62
Oxigeno	O <sub>2</sub>	%	2.1	2.4	2.2	2.3	2.7	2.1	2.3
Monóxido de Carbono	CO	ppm	24	23	25	22	24	32	25.0
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	9.53	9.55	10.25	10.27	10.19	9.53	9.9
Temperatura de humos	Tg	°C	178.1	181.1	181.1	185	179.4	226.9	188.6
Eficiencia de Combustión	η	%	84.8	84.8	84.3	84.5	85.4	84	84.6
Observaciones									

Radiación

# de Punto	Temperatura de superficie (°C)					
	Superficie lateral				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	57.8	58.9	53.3	54.9	42.2	85.3
2	55.9	55.4	58.8	57.8	43.4	84.8
3	52.7	58.8	54.3	57.9	47.9	139.8
4	51.8	57.6	52.3	58.6	50.5	140.9
5	48.9	58.8	51.8	54.0	51.2	119.0
6	50.4	51.9	47.4	54.7	46.8	121.3
7	49.8	59.8	51.5	58.7	48.8	78.0
8	57.8	51.0	55.7	52.3	42.4	82.4

Ver ubicación de los puntos en la figura

Largo (m) L 6.4  
Diámetro (m) φ 3.0



Temperatura de la superficie del agua  $T_{sf} = 54.60$   
 Temperatura de la superficie del gas  $T_{sg} = 76.53$   
 Area de la superficie del agua  $A_f (m^2) = 60.32$   
 Area de la superficie del gas  $A_g (m^2) = 14.14$

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado GN  
 Constante de Sievert (k) 0.35  
 PCS (kJ/kg) 53913.00  
 H<sub>2</sub>O en el combustible 0.00  
 H en el combustible 25.00  
 Constante k1 40.00  
 Emisividad 0.96  
 CO<sub>2</sub> max 11.90  
 H<sub>liq</sub><sup>sat</sup> (Kj/Kg) 761.01  
 H<sub>vapor</sub><sup>sat</sup> (Kj/Kg) 2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Smb	Und	1	3	5	6	8	10	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	5.59	5.68	5.30	5.42	5.27	7.38	5.77
Vapor de agua	P2	%	11.49	11.51	11.51	11.55	11.50	11.92	11.58
Inquemados gaseosos	P3	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Radiación	P6	%	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Eficiencia térmica</b>	<b>η</b>	<b>%</b>	<b>82.19</b>	<b>82.07</b>	<b>82.46</b>	<b>82.30</b>	<b>82.50</b>	<b>79.97</b>	<b>81.91</b>

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 3. Durante las mediciones se observó lo siguiente :

\* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 120 y 125 psig de presión de generación de vapor.

\* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:

- La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periódicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar si se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300:2001

Fecha:	26/04/2017
Hora de Inicio :	14:00 p.m.
DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A. - PISCO SU
Dirección:	Carretera Pisco - Paracas - Perú
Localidad:	Pisco

A DATOS DE LA CALDERA

Identificación :	Caldera Nº 4
Marca :	CLEAVER BROOKS
Modelo:	CB600-800
Serie:	L-93674
Año de fabricación :	1994
Número de pasos :	--
Tipo:	ular Horizontal Autor
Potencia Nominal -BHP / (Kg/f)	800 / 11600
Presión de Diseño (Psig) :	150
Presión de Trabajo (Psig) :	125
Combustible :	GN

B CONDICIONES DE OPERACIÓN

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presión de Vapor (psig):	125	Temperatura(°C):	-	Temperatura (°C):	29
Temperatura de ingreso	85	Presión de Atomizaci	0.253	Presión Barométrica	
TDS alimentación:	50			Humedad relativa (%)	
TDS purga:	250				

C MEDICIONES REALIZADAS

Condiciones Ambientales

PARAMETROS	Símb	Unidades	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			14:00	14:19	14:35	14:46	14:52	15:10	
FECHA			26-04-17	26-04-17	26-04-17	26-04-17	26-04-17	26-04-17	
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.28	0.3	0.30
Temperatura Ambiente	TA	°C	26	26	26	26	26	26	26.00

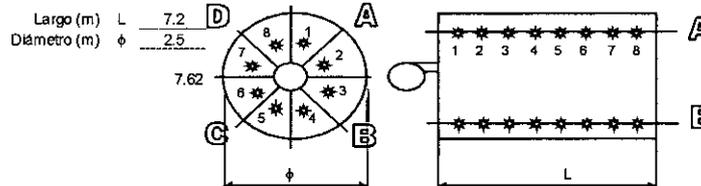
Gases de Combustión

PARÁMETROS	Símb	Posición	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			14:00	14:19	14:35	14:46	14:52	15:10	
Presión de operación	Pop	Barg	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	4.0	5.3	4.5	5.8	4.2	4.0	4.6
Monóxido de Carbono	CO	ppm	104.0	82.0	82.0	0.0	93.0	90.0	75.2
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	9.47	8.74	9.19	8.46	9.34	8.47	8.9
Temperatura de humos	Tg	°C	187.4	172.3	191.9	158.6	165.6	193.1	178.2
Eficiencia de Combustión	η	%	85.1	85.1	84.6	85.4	84.6	84.8	84.9
Observaciones									

Radiación

# de Puntos	Temperatura de superficie (°C)				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	82.4	72.3	76.8	55.3	147.0	161.3
2	93.5	56.2	63.2	45.5	88.6	75.3
3	55.1	45.9	60.6	43.7	74.2	97.9
4	54.9	45.7	49.0	43.2	129.0	47.9
5	53.3	40.5	47.8	46.7	143.2	43.8
6	53.2	60.7	46.6	43.3	74.8	81.1
7	54.0	45.0	46.1	43.3	138.7	53.8
8	95.0	57.7	75.4	39.4	149.0	70.8

Ver ubicación de los puntos en la figura



Temperatura de la superficie del agua  $T_{sf} = 55.98$   
 Temperatura de la superficie del gas  $T_{sg} = 98.53$   
 Area de la superficie del agua  $A_f (m^2) = 56.55$   
 Area de la superficie del gas  $A_g (m^2) = 9.82$

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado GN  
 Constante de Sievert ( k) 0.35  
 PCS ( kJ/kg) #####  
 H<sub>2</sub>O en el combustible 0.00  
 H en el combustible 25.00  
 Constante k1 40.00  
 Emisividad 0.96  
 CO<sub>2</sub> max 11.90  
 H<sub>líq</sub><sup>sat</sup> (Kj/Kg) 761.01  
 H<sub>vapor</sub><sup>sat</sup> (Kj/Kg) 2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Simb	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	5.97	5.86	6.32	5.49	5.23	6.90	5.96
Vapor de agua	P2	%	11.57	11.44	11.61	11.32	11.38	11.62	11.49
Inquemados gaseosos	P3	%	0.04	0.04	0.04	0.00	0.04	0.04	0.03
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.17	0.17
Radiación	P6	%	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Eficiencia térmica	$\eta$	%	81.73	81.98	81.35	82.51	82.66	80.74	81.83

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 4. Durante las mediciones se observó lo siguiente :

- \* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 120 y 125 psig de presión de generación de vapor.
- \* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:
  - La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periodicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar si se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300.2001

Fecha:	26/04/2017
Hora de inicio:	11:00
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A.
Dirección:	Carretera Pisco - Paracas - Perú
Localidad:	Pisco

A DATOS DE LA CALDERA

Identificación:	Caldera N° 5
Marca:	CLEAVER BROOKS
Modelo:	CB800L-23278
Año:	1993
Número de pasos:	-
Tipo:	Pirotubular Horizontal Automático
Capacidad (BHP/Kg/h):	600 / 8700
Presión de Diseño (Psig):	150
Presión de Trabajo (Psig):	125
Combustible:	GN

B CONDICIONES DE OPERACIÓN

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presión de Vapor:	110	Temperatura(°C):	70	Temperatura:	29
Temperatura de ingreso:	85	Presión de Atomización:	0.253	Presión Barométrica (r):	
TDS alimentación:	62			Humedad relativa (%):	
TDS purga:	300				

C MEDICIONES REALIZADAS

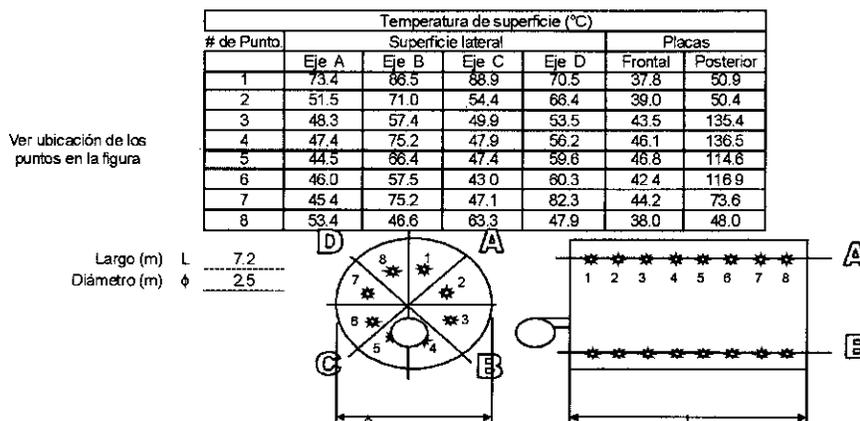
Condiciones Ambientales

PARAMETROS	Simb	unidades	1	2	3	3	5	6	Promedio
HORA			11:05 a.m	11:08 a.m	11:35 a.m	11:47 a.m	11:55 a.m	02:06 p.m	
FECHA			26-04-17	26-04-17	26-04-17	26-04-17	26-04-17	26-04-17	
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Temperatura Ambiente	TA	°C	26	26	26	26	26	26	26.0

Gases de Combustión

PARAMETROS	Simb	Posicion	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			11:05	11:08	11:35	11:47	11:55	14:06	
Presión de operación	Pop	Barg	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	5.8	5.3	5.2	4.9	4.5	4	5.0
Monóxido de Carbono	CO	ppm	0	82	55	70	82	96	64.2
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	8.46	8.74	8.8	8.87	9.32	9.47	8.9
Temperatura de humos	Tg	°C	183.5	172.3	178.6	186.7	186	187.4	182.4
Eficiencia de Combustión	$\eta$	%	85.4	85.1	85.7	84.1	84.4	84.7	84.9
Observaciones									

Radiación



Temperatura de la superficie del agua	Tsf =	58.88
Temperatura de la superficie del gas	Tsg =	66.51
Area de la superficie del agua	Af (m <sup>2</sup> ) =	56.55
Area de la superficie del gas	Ag (m <sup>2</sup> ) =	9.82

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado	GN
Constante de Siegert ( k)	0.35
PCS ( kJ/kg )	53913.00
H2O en el combustible	0.00
H en el combustible	25.00
Constante k1	40.00
Emisividad	0.96
CO2 max	11.90
H_liq <sup>sat</sup> (Kj/Kg)	761.01
H_vapor <sup>sat</sup> (Kj/Kg)	2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Simb	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	6.52	5.86	6.07	6.34	6.01	5.97	6.13
Vapor de agua	P2	%	11.54	11.44	11.49	11.56	11.56	11.57	11.53
Inquemados gaseosos	P3	%	0.00	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Radiación	P6	%	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
Purgas	P7	%	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Eficiencia térmica	$\eta$	%	81.24	81.96	81.71	81.36	81.69	81.72	81.56

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 5. Durante las mediciones se observó lo siguiente :

- \* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 120 y 125 psig de presión de generación de vapor.
- \* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:
  - La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a que los tubos se encontraban sucios. Se habia programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periodicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar si se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300:2001

Fecha:	26/04/2017
Hora de Inicio :	16:00 p.m.
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A - PISCO SUR
Dirección :	Carretera Pisco - Paracas - Perú
Localidad :	Pisco

A DATOS DE LA CALDERA

Identificación :	Caldera N° 6
Marca :	CLEAVER BROOKS
Modelo:	CB600-800
Serie:	L-94156
Año de fabricación :	1995
Número de pasos :	-
Tipo :	Caldera Horizontal Autor
Potencia Nominal BHP / (Kgfh)	800   11600
Presión de Diseño (Psig) :	150
Presión de Trabajo (Psig) :	125
Combustible :	GN

B CONDICIONES DE OPERACIÓN

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presión de Vapor (psig):	125	Temperatura(°C):	-	Temperatura (°C):	29
Temperatura de ingreso (°C):	85	Presión de Atomización:	0.253	Presión Barométrica	
TDS alimentación:	56			Humedad relativa (%)	
TDS purga:	300				

C MEDICIONES REALIZADAS

Condiciones Ambientales

PARAMETROS	Simb	unidades	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			16:05	16:19	16:24	16:36	16:42	16:54	
FECHA			26-04-17	26-04-17	26-04-17	26-04-17	26-04-17	26-04-17	
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.28	0.3	0.30
Temperatura Ambiente	TA	°C	26	26	26	26	26	26	26.00

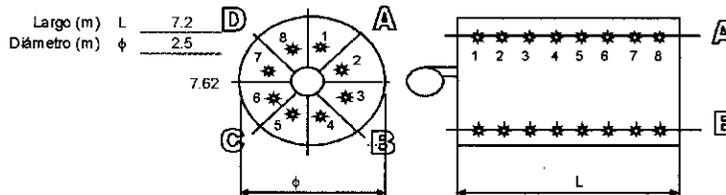
Gases de Combustión

PARAMETROS	Simb	Posicion	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			16:05	16:19	16:24	16:36	16:42	16:54	
Presión de operación	Pop	Barg	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	4.0	4.3	4.7	4.3	4.2	4.0	4.3
Monóxido de Carbono	CO	ppm	59.0	86.7	83.3	63.0	72.0	75.0	73.2
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	9.19	9.15	9.29	9.21	9.24	9.27	9.2
Temperatura de humos	Tg	°C	183.5	192.3	191.9	192.8	192.5	193.1	191.0
Eficiencia de Combustión	η	%	84.6	85.7	83.6	85.6	82.6	83.8	84.3
Observaciones									

Radiación

# de Punto	Temperatura de superficie (°C)					
	perficie lateral				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	78.5	72.3	76.8	56.3	147.0	161.3
2	89.6	56.2	63.2	45.5	88.6	75.3
3	51.2	45.9	60.6	43.7	74.2	97.9
4	51.0	45.7	49.0	43.2	129.0	47.9
5	49.4	40.5	47.8	46.7	143.2	43.8
6	49.3	60.7	46.6	43.3	74.8	81.1
7	50.1	45.0	46.1	43.3	138.7	53.8
8	91.1	57.7	75.4	39.4	149.0	70.8

Ver ubicación de los puntos en la figura



Temperatura de la superficie del agua  $T_{sf} = 55.00$   
 Temperatura de la superficie del gas  $T_{sg} = 98.53$   
 Area de la superficie del agua  $A_f (m^2) = 56.55$   
 Area de la superficie del gas  $A_g (m^2) = 9.82$

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado GN  
 Constante de Sievert (k) 0.35  
 PCS (kJ/kg) 53913.00  
 H<sub>2</sub>O en el combustible 0.00  
 H en el combustible 25.00  
 Constante k<sub>1</sub> 40.00  
 Emisividad 0.96  
 CO<sub>2</sub> max 11.90  
 H<sub>liq</sub><sup>sat</sup> (Kj/Kg) 761.01  
 H<sub>vapor</sub><sup>sat</sup> (Kj/Kg) 2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Símb.	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	6.00	6.36	6.25	6.34	6.31	6.31	6.26
Vapor de agua	P2	%	11.54	11.61	11.61	11.62	11.61	11.62	11.60
Inquemados gaseosos	P3	%	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Radiación	P6	%	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Eficiencia térmica	$\eta$	%	81.81	81.36	81.48	81.39	81.42	81.41	81.48

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 6. Durante las mediciones se observó lo siguiente :

- \* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 120 y 125 psig de presión de generación de vapor.
- \* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:
  - La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periodicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar si se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300.2001

Fecha:	27/04/2017
Hora de Inicio:	23:00
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A.
Dirección:	Carretera Pisco - Paracas - Perú
Localidad:	Pischo

A DATOS DE LA CALDERA

Identificación:	Caldera N°7
Marca:	CLEAVER BROOKS
Modelo:	CBI-400-1200-150
Serie:	T3919-1-1
Año:	2012
Número de pasos:	-
Tipo:	Protubular Horizontal Automático
Capacidad ( BHP/Kg/h ):	1200   17400
Presión de Diseño (Psig):	200
Presión de Trabajo (Psig):	125
Combustible:	GN

B CONDICIONES DE OPERACIÓN

	AGUA - VAPOR	COMBUSTIBLE	AIRE DE COMBUSTION
Presión de Vapor:	110	Temperatura(°C): 70	Temperatura: 29
Temperatura de ingreso:	85	Presión de Atomiza: 0.253	Presión Barométrica
TDS alimentación:	50		Humedad relativa (%)
TDS purga:	310		

C MEDICIONES REALIZADAS

Condiciones Ambientales

PARAMETROS	Simb	unidades	1	3	5	6	8	10	Promedio
HORA			23:10	23:29	23:32	23:44	23:50	23:56	
FECHA			27/04/17	27/04/17	27/04/17	27/04/17	27/04/17	27/04/17	
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Temperatura Ambiente	TA	°C	26	26	26	26	26	26	26.0

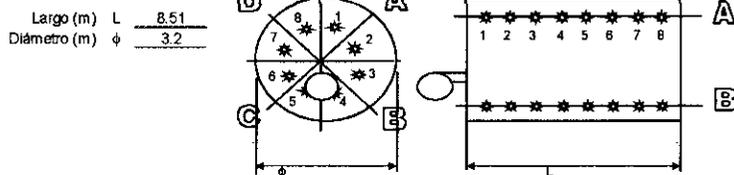
Gases de Combustión

PARAMETROS	Simb	Posicion	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			23:10	23:29	23:32	23:44	23:50	23:56	
Presión de operación	Pop	Barg	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	4.5	4.2	3.8	4.1	4.6	4.4	4.3
Monóxido de Carbono	CO	ppm	73.0	68.0	65.0	73.0	80.0	81.0	73.3
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	9.19	9.3	9.58	9.6	9.7	9.78	9.5
Temperatura de humos	Tg	°C	238.3	211.2	223.1	205.4	185.9	189.3	208.9
Eficiencia de Combustión	η	%	82.7	83.1	83.5	83.8	84.7	84.8	83.8
Observaciones									

Radiación

# de Punto	Temperatura de superficie (°C)					
	Superficie lateral				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	74.0	75.1	89.5	71.1	38.4	51.5
2	52.1	71.6	55.0	67.0	39.6	51.0
3	48.9	58.0	50.5	54.1	44.1	136.0
4	48.0	63.8	48.5	56.8	46.7	137.1
5	45.1	55.0	48.0	60.2	47.4	115.2
6	46.6	58.1	43.6	60.9	43.0	117.5
7	46.0	75.8	47.7	82.9	44.8	74.2
8	54.0	47.2	51.9	48.5	38.6	48.6

Ver ubicación de los puntos en la figura



Temperatura de la superficie del agua  $T_{sf} = 57.98$   
 Temperatura de la superficie del gas  $T_{sg} = 67.11$   
 Area de la superficie del agua  $A_f (m^2) = 85.55$   
 Area de la superficie del gas  $A_g (m^2) = 16.08$

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado GN  
 Constante de Sievert ( k) 0.35  
 PCS ( kJ/kg ) 53913.00  
 H<sub>2</sub>O en el combustible 0.00  
 H en el combustible 25.00  
 Constante k1 40.00  
 Emisividad 0.96  
 CO<sub>2</sub> max 11.90  
 H<sub>liq</sub>\*sat (Kj/Kg) 761.01  
 H<sub>vapor</sub>\*sat (Kj/Kg) 2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Símb	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	8.09	6.95	7.20	6.53	5.75	5.84	6.73
Vapor de agua	P2	%	12.02	11.78	11.88	11.73	11.56	11.59	11.76
Inquemados gaseosos	P3	%	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Inquemados Solidos	P4	%	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Convección	P5	%	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Radiación	P6	%	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Purgas	P7	%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<b>Eficiencia térmica</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>%</b>	<b>79.27</b>	<b>80.64</b>	<b>80.29</b>	<b>81.11</b>	<b>82.06</b>	<b>81.94</b>	<b>80.88</b>

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 7. Durante las mediciones se observó lo siguiente :

- \* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 120 y 125 psig de presión de generación de vapor.
- \* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periodicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar si se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

### ANEXO 3: Reportes de eficiencia térmica con R-500.

#### DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300.2001

Fecha:	19/05/2012		
Hora de inicio:	20:00		
DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DEL CONSULTOR	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A		
Dirección:	Carretera Pisco - Paracas - Perú		
Localidad:	Pisco	Entidad:	TERMODINAMICAS.A

#### A DATOS DE LA CALDERA

Identificación:	Caldera N° 1	
Marca:	CLEAVER BROOKS	
Modelo:	CB600-800/L-94156	
Año de fabricación:	1995	
Número de pasos:	—	
Tipo:	Pirotubular Horizontal Automatico	
Potencia Nominal BHP / (Kg/h)	800	11600
Presión de Diseño (Psig):	200	
Presión de Trabajo (Psig):	110	
Combustible:	RESIDUAL 500	

#### B CONDICIONES DE OPERACIÓN

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presión de Vapor (psig):	110	Temperatura(°C):	70	Temperatura (°C):	29
Temperatura de ingreso:	85	Presión de Atomización (psig)	0.253	Presión Barométrica (m)	
TDS alimentación:	70			Humedad relativa (%):	
TDS purga:	333				

#### C MEDICIONES REALIZADAS

##### Condiciones Ambientales

PARAMETROS	Simb	unidades	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			20:00	20:10	20:20	20:30	20:40	20:50	
FECHA			19-05-12	19-05-12	19-05-12	19-05-12	19-05-12	19-05-12	
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.28	0.3	0.30
Temperatura Ambiente	TA	°C	18	18	18	18	18	18	18.00

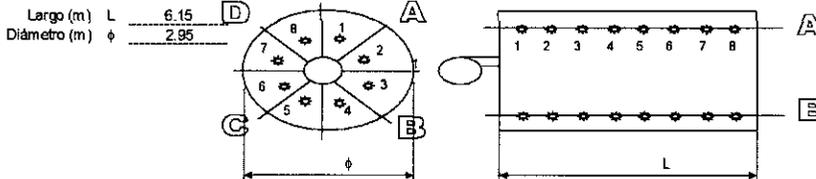
##### Gases de Combustión

PARAMETROS	Simb	Posición	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			20:00	20:10	20:20	20:30	20:40	20:50	
Presión de operación	Pop	Barg	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	4.7	4.6	4.1	5.3	5.6	5.8	5.0
Monóxido de Carbono	CO	ppm	177.0	169.0	179.0	184.0	180.0	193.0	180.33
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	11.9	12.3	11.7	11.2	11.4	11.8	11.72
Temperatura de humos	T <sub>g</sub>	°C	228.9	228.8	229.7	229.8	229.4	229.3	229.3
Eficiencia de Combustión	η	%	84.6	84.4	85.2	83.9	84.0	85.0	84.5
Opacidad	Op		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

##### Radiación

Ver ubicación de los puntos en la figura

# de Punto.	Temperatura de superficie (°C)					
	Superficie lateral				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	59.9	84.9	85.4	59.7	175.6	56.9
2	59.7	83.8	84.8	59.6	177.2	58.3
3	58.8	82.5	83.6	59.3	185.8	58.8
4	58.6	82.3	83.2	58.9	187.6	58.9
5	58.0	81.6	82.8	58.6	184.8	58.8
6	57.9	81.4	82.2	58.4	185.4	58.3
7	57.7	81.2	82.1	58.2	177.3	57.6
8	56.5	81.1	79.6	58.1	177.2	57.4



Temperatura de la superficie del agua	Tsf =	70.64
Temperatura de la superficie del gas	Tsg =	119.74
Area de la superficie del agua	Af (m <sup>2</sup> ) =	56.55
Area de la superficie del gas	Ag (m <sup>2</sup> ) =	9.82

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado	Residual 500
Constante de Sievert ( k)	0.53
PCS ( kJ/kg )	42283.00
H2O en el combustible	0.10
H en el combustible	11.20
Constante k1	54.00
Emisividad	0.96
CO2 max	15.80
H <sub>líq</sub> sat (Kj/Kg)	761.01
H <sub>vapor</sub> sat (Kj/Kg)	2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Símb	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.39	9.08	9.59	10.02	9.83	9.49	9.57
Vapor de agua	P2	%	6.90	6.90	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91
Inquemados gaseosos	P3	%	0.08	0.07	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.31	0.31	0.31	0.31	0.30	0.31	0.31
Radiación	P6	%	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Purgas	P7	%	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
<b>Eficiencia térmica</b>	<b>η</b>	<b>%</b>	<b>80.32</b>	<b>80.64</b>	<b>80.12</b>	<b>79.68</b>	<b>79.88</b>	<b>80.21</b>	<b>80.14</b>

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 1. Durante las mediciones se observó lo siguiente :

- \* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 90 y 98 psig de presión de generación de vapor.
- \* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:
  - La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a la que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente.

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periódicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar si se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300:2001

Fecha:	19/05/12		
Hora de Inicio:	21:00		
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>		<b>DATOS DEL CONSULTOR</b>	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A		Responsable: Ing. Ciroaldo Sivipaucar Gómez
Dirección:	Carretera Pisco - Paracas - Perú		Asistente: Ing. Hugo Bautista Reyes
Localidad:	Pisco		Entidad: TERMODINAMICA S.A

A DATOS DE LA CALDERA

Identificación:	Caldera N° 2	
Marca:	DISTRAL S.A	
Modelo:	3WBS-900-150/A-3235	
Año de fabricación:	1997	
Número de pasos:	-	
Tipo:	Hrotubular Horizontal Automático	
Potencia Nominal BHP / (Kg/h)	900	13050
Presión de Diseño (Psig):	150	
Presión de Trabajo (Psig):	110	
Combustible:	RESIDUAL 500	

B CONDICIONES DE OPERACIÓN

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presión de Vapor (psig):	110	Temperatura(°C):	70	Temperatura (°C):	29
Temperatura de ingreso:	85	Presión de Atomización (psig):	0.253	Presión Barométrica:	
TDS alimentación:	56			Humedad relativa (%):	
TDS purga:	279				

C MEDICIONES REALIZADAS

Condiciones Ambientales

PARAMETROS	Simb	unidades	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			21:00	21:10	21:20	21:30	21:40	21:50	
FECHA			19/05/12	19/05/12	19/05/12	19/05/12	19/05/12	19/05/12	
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Temperatura Ambiente	TA	°C	17	17	17	17	17	17	17

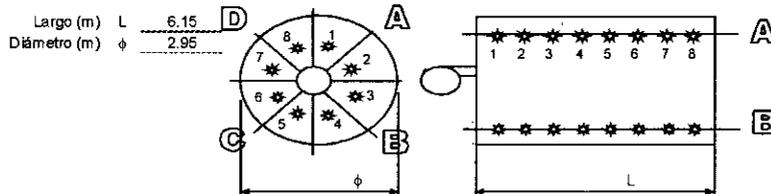
Gases de Combustión

PARAMETROS	Simb	Posición	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			21:00	21:10	21:20	21:30	21:40	21:50	
Presión de operación	Pop	Barg	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.60
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	4.7	4.6	4.1	5.3	5.6	4.0	4.7
Monóxido de Carbono	CO	ppm	33.0	60.0	267.0	29.0	8.0	33.0	71.7
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	11.4	12.6	11.8	12.1	12.5	12.1	12.1
Temperatura de humos	Tg	°C	227.8	226.3	227.4	227.6	226.8	226.9	227.1
Eficiencia de Combustión	η	%	84.6	84.4	85.2	83.9	84.0	80.4	83.8
Opacidad	Op.		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Observaciones									

Radiación

# de Punto	Temperatura de superficie (°C)					
	Superficie lateral				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	90.9	107.1	105.4	88.4	145.6	94.1
2	84.8	108.2	104.8	88.3	141.2	93.9
3	84.5	105.8	103.8	89.8	142.8	96.5
4	85.3	104.6	103.6	89.5	147.6	95.5
5	89.1	103.9	103.3	89.1	141.8	95.7
6	89.3	106.2	103.1	89.8	143.4	95.2
7	79.6	106.1	102.7	88.5	147.3	94.8
8	79.3	105.7	102.5	88.2	147.6	94.5

Ver ubicación de los puntos en la figura



Temperatura de la superficie del agua	Tsf =	95.97
Temperatura de la superficie del gas	Tsg =	119.84
Area de la superficie del agua	Af (m <sup>2</sup> ) =	73.95
Area de la superficie del gas	Ag (m <sup>2</sup> ) =	14.23

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado	Residual 500
Constante de Sievert ( k)	0.53
PCS ( kJ/kg )	42,283.00
H <sub>2</sub> O en el combustible	0.10
H en el combustible	11.20
Constante-k1	54.00
Emisividad	0.96
CO <sub>2</sub> max	15.80
H <sub>liq</sub> *sat (Kj/Kg)	761.01
H <sub>vapor</sub> *sat (Kj/Kg)	2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Símb.	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.80	8.80	9.45	9.22	8.90	10.54	9.45
Vapor de agua	P2	%	6.91	6.90	6.91	6.91	6.90	6.75	6.88
Inquemados gaseosos	P3	%	0.02	0.03	0.12	0.01	0.00	0.03	0.03
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	1.65	2.63	1.65	2.63	1.63	2.14
Convección	P5	%	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.25	0.49
Radiación	P6	%	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.25	0.50
Purgas	P7	%	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Eficiencia térmica	$\eta$	%	79.51	81.48	79.75	81.07	80.43	80.49	80.51

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 2. Durante las mediciones se observó lo siguiente:

- \* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 90 y 98 psig de presión de generación de vapor.
- \* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:
  - La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periódicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar aun más si es que se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300.2001

Fecha:	19/05/2012		
Hora de Inicio :	22:00		
DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DEL CONSULTOR	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A	Responsable :	Ing. Clodoaldo Sivipaucar Gomez
Dirección :	Carretera Pisco - Paracas - Perú	Asistente :	Ing. Hugo Bautista Reyes
Localidad :	Pisco	Entidad:	TERMODINAMICA S.A

A DATOS DE LA CALDERA

Identificación :	Caldera N° 3	
Marca :	DISTRAL S A	
Modelo :	H-WBS-700-150/A-262	
Año :	1991	
Número de pasos :	-	
Tipo :	ubular Horizontal Autom	
Capacidad ( BHP/Kg/h ) :	700	10150
Presion de Diseño ( Psig ) :	200	
Presion de Trabajo ( Psig ) :	110	
Combustible :	Residual 500	

B CONDICIONES DE OPERACIÓN

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presion de Vapor :	110	Temperatura(°C) :	70	Temperatura :	29
Temperatura de ingreso :	85	Presión de Atomización	0.253	Presión Barométrica (m)	
TDS alimentación:	60			Humedad relativa (%) :	
TDS purga:	310				

C MEDICIONES REALIZADAS

Condiciones Ambientales

PARÁMETROS	Simb	unidades	1	3	5	6	8	10	Promedio
HORA			22:00	22:10	22:20	22:30	22:40	22:50	
FECHA			19/05/2012	19/05/2012	19/05/2012	19/05/2012	19/05/2012	19/05/2012	19/05/2012
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Temperatura Ambiente	TA	°C	17	17	16	16	16	16	16.3

Gases de Combustión

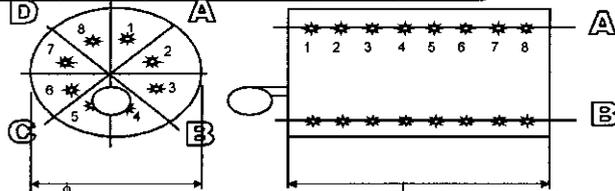
PARÁMETROS	Simb	Posicion	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			22:00	22:10	22:20	22:30	22:40	22:50	
Presión de operación	P <sub>op</sub>	Barg	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.60
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	4.2	4.4	3.7	4.1	3.8	3.6	4.0
Monóxido de Carbono	CO	ppm	73.0	88.0	77.0	71.0	72.0	83.0	77.3
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	12.3	12.2	12.6	12.5	12.5	12.6	12.5
Temperatura de humos	T <sub>g</sub>	°C	218.7	218.8	218.5	218.7	218.2	218.5	218.6
Eficiencia de Combustión	η	%	83.2	83.3	83.5	83.4	83.5	83.7	83.4
Opacidad	Op		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Observaciones									

Radiación

# de Punto	Temperatura de superficie (°C)					
	Superficie lateral				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	85.4	86.5	100.9	82.5	109.8	72.9
2	73.5	88.0	68.4	82.4	61.0	62.4
3	70.3	73.4	64.9	75.5	65.5	147.4
4	69.4	85.2	63.9	78.2	68.1	148.5
5	66.5	71.4	64.4	77.6	68.8	136.6
6	68.0	73.5	59.0	75.3	64.4	138.9
7	67.4	87.2	62.1	94.3	66.2	95.6
8	75.4	68.6	67.3	69.9	60.0	68.0

Ver ubicación de los puntos en la figura

Largo (m) L 6.2  
Diámetro (m) φ 2.6



Temperatura de la superficie del agua	Tsf =	74.88
Temperatura de la superficie del gas	Tsg =	89.63
Area de la superficie del agua	Af (m <sup>2</sup> ) =	60.32
Area de la superficie del gas	Ag (m <sup>2</sup> ) =	14.14

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado	Residual 500
Constante de Sievert (k)	0.53
PCS (kJ/kg)	42283.00
H <sub>2</sub> O en el combustible	0.10
H en el combustible	11.20
Constante k1	54.00
Emisividad	0.96
CO <sub>2</sub> max	15.80
H <sub>liq</sub> sat (Kj/Kg)	761.01
H <sub>vapor</sub> sat (Kj/Kg)	2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Símb	Und	1	3	5	6	8	10	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	8.69	8.77	8.52	8.59	8.57	8.52	8.61
Vapor de agua	P2	%	6.86	6.86	6.87	6.87	6.87	6.87	6.87
Inquemados gaseosos	P3	%	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Radiación	P6	%	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Eficiencia térmica	η	%	80.95	80.86	81.10	81.02	81.05	81.10	81.01

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 3.

Durante las mediciones se observó lo siguiente :

\* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 90 y 98 psig de presión de generación de vapor.

\* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:

- La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a la que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periodicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar aun más si es que se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉRMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300:2001

Fecha:	19/05/2012
Hora de Inicio:	22:00
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A.
Dirección:	Carretera Plisco - Paracas - Perú
Localidad:	Plisco
<b>DATOS DEL CONSULTOR</b>	
Entidad:	TERMODINAMICA S.A.

A DATOS DE LA CALDERA

Identificación:	Caldera Nº 4
Marca:	CLEAVER BROOKS
Modelo:	CB600-800L-94156
Año de fabricación:	1995
Número de pasos:	-
Tipo:	Horizontal Automata
Potencia Nominal BHP / (Kg/h)	800 / 11600
Presión de Diseño (Psig):	200
Presión de Trabajo (Psig):	110
Combustible:	RESIDUAL 500

B CONDICIONES DE OPERACIÓN

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presión de Vapor (psig):	110	Temperatura(°C):	70	Temperatura(°C):	29
Temperatura de ingreso:	85	Presión de Atomización:	0.253	Presión Barométrica (m):	
TDS alimentación:	60			Humedad relativa (%):	
TDS purga:	310				

C MEDICIONES REALIZADAS

Condiciones Ambientales

PARAMETROS	Simb.	unidades	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			20:00	20:10	20:20	20:30	20:40	20:50	
FECHA			19/05/2012	19/05/2012	19/05/2012	19/05/2012	19/05/2012	19/05/2012	
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.28	0.3	0.30
Temperatura Ambiente	TA	°C	18	18	18	18	18	18	18.00

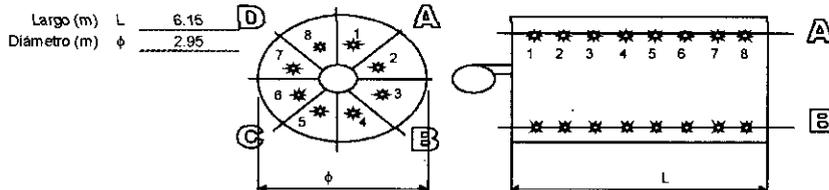
Gases de Combustión

PARAMETROS	Simb.	Posicion	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			22:00	22:15	22:20	22:28	22:38	22:53	
Presión de operación	Pop	Barg	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	4.7	4.6	4.1	5.3	5.6	5.8	5.0
Monóxido de Carbono	CO	ppm	121.0	112.0	131.0	129.0	120.0	132.0	124.2
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	10.5	11.3	10.2	11.1	11.2	10.8	10.9
Temperatura de humos	Tg	°C	215.1	209.3	220.1	207.6	202.3	204.0	209.7
Eficiencia de Combustión	η	%	84.6	84.4	85.2	83.9	84.0	85.0	84.5
Opacidad	Op		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

Radiación

# de Punto.	Temperatura de superficie (°C)					
	Superficie lateral				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	87.1	80.9	95.4	73.9	155.6	169.9
2	98.2	74.8	81.8	66.1	97.2	93.9
3	69.8	64.5	79.2	62.3	92.8	106.5
4	69.6	64.3	67.7	61.8	137.6	76.5
5	68.0	59.1	66.1	65.3	151.8	62.4
6	67.9	79.3	65.2	61.9	93.4	89.7
7	65.7	63.6	64.7	63.9	147.3	72.4
8	101.7	76.3	91.2	59.0	157.6	79.4

Ver ubicación de los puntos en la figura



Temperatura de la superficie del agua	Tsf =	91.23
Temperatura de la superficie del gas	Tsg =	111.50
Area de la superficie del agua	Af (m <sup>2</sup> ) =	56.55
Area de la superficie del gas	Ag (m <sup>2</sup> ) =	9.82

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado	Residual 500
Constante de Siegert ( k)	0.53
PCS ( kJ/kg )	42283.00
H <sub>2</sub> O en el combustible	0.10
H en el combustible	11.20
Constante k1	54.00
Emisividad	0.96
CO <sub>2</sub> max	15.80
H <sub>liq</sub> 'sat (Kj/Kg)	761.01
H <sub>vapor</sub> 'sat (Kj/Kg)	2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Símb.	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.95	8.97	10.50	9.05	8.72	9.13	9.39
Vapor de agua	P2	%	6.83	6.81	6.86	6.80	6.77	6.78	6.81
Inquemados gaseosos	P3	%	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40	0.41	0.41
Radiación	P6	%	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Eficiencia térmica	η	%	79.65	80.66	79.06	80.58	80.95	80.52	80.24

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 4.

Durante las mediciones se observó lo siguiente :

- \* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 90 y 98 psig de presión de generación de vapor.
- \* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:
  - La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periodicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar aun más si es que se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300.2001

Fecha:	20/05/2012		
Hora de inicio:	12:00		
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>		<b>DATOS DEL CONSULTOR</b>	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A	Responsable:	Ing. Cdoaldo Sivipaucar Gomez
Dirección:	Carretera Pisco - Paracas - Perú	Asistente:	Ing. Hugo Bautista Reyes
Localidad:	Pisco	Entidad:	TERMODINAMICA S.A.

A DATOS DE LA CALDERA

Identificación:	Caldera N° 5
Marca:	CLEAVER BROOKS
Modelo:	CB600L-23278
Año:	1993
Número de pasos:	--
Tipo:	Horizontal Autonomo
Capacidad (BHP/Kg/h):	600   8700
Presion de Diseño (Psig):	200
Presion de Trabajo (Psig):	110
Combustible:	Residual 500

B CONDICIONES DE OPERACIÓN

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presion de Vapor:	110	Temperatura(°C):	70	Temperatura:	29
Temperatura de ingreso:	85	Presión de Atomizada:	0.253	Presión Barométrica (mmHg):	
TDS alimentación:	60			Humedad relativa (%):	
TDS purga:	310				

C MEDICIONES REALIZADAS

Condiciones Ambientales

PARAMETROS	Symb	unidades	1	3	5	6	8	10	Promedio
HORA			12:00	12:10	12:20	12:30	12:40	12:50	
FECHA			20-05-12	20-05-12	20-05-12	20-05-12	20-05-12	20-05-12	20-05-12
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Temperatura Ambiente	TA	°C	18	18	18	18	18	18	18,0

Gases de Combustión

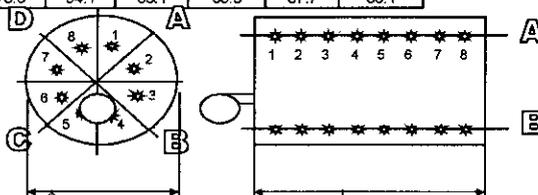
PARAMETROS	Symb	Posicion	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			12:00	12:10	12:20	12:30	12:40	12:50	
Presión de operación	Pop	Barg	7.6	7.6	7.5	7.6	7.6	7.6	7.6
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	5.7	5.7	5.3	5.6	5.4	5.5	5.5
Monóxido de Carbono	CO	ppm	99.0	93.0	92.0	87.0	97.0	78.0	90.7
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	11.3	10.7	11.4	11.8	11.2	11.8	11.4
Temperatura de humos	Tg	°C	214.5	214.5	214.9	214.6	213.3	214.5	214.4
Eficiencia de Combustión	η	%	85.6	84.6	85.8	86.4	84.2	85.1	85.3
Opacidad	Op	%	4.0	4.0	4.3	4.0	4.0	4.0	4.0
Observaciones									

Radiación

Ver ubicación de los puntos en la figura

# de Punto.	Temperatura de superficie (°C)					
	Superficie lateral				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	78.4	97.5	98.2	78.5	69.8	53.9
2	77.5	97.0	97.4	78.8	61.8	55.2
3	77.3	96.4	96.9	78.5	65.5	55.7
4	77.4	95.5	96.9	78.2	68.1	56.9
5	76.5	95.4	96.4	71.9	68.8	56.3
6	76.2	94.9	95.8	72.9	64.4	56.8
7	75.7	94.5	95.4	71.8	66.2	53.5
8	75.3	94.1	95.1	69.9	67.7	53.1

Largo (m) L 6.2  
Diámetro (m) φ 2.6



Temperatura de la superficie del agua  $T_{sf} = 86.01$   
 Temperatura de la superficie del gas  $T_{sg} = 60.79$   
 Area de la superficie del agua  $A_f (m^2) = 56.55$   
 Area de la superficie del gas  $A_g (m^2) = 9.82$

#### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado Residual 500  
 Constante de Sievert ( k) 0.53  
 PCS ( kJ/kg ) 42283.00  
 H<sub>2</sub>O en el combustible 0.10  
 H en el combustible 11.20  
 Constante k1 54.00  
 Emisividad 0.96  
 CO<sub>2</sub> max 15.80  
 H<sub>lq</sub><sup>sat</sup> (Kj/Kg) 761.01  
 H<sub>vapor</sub><sup>sat</sup> (Kj/Kg) 2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Simb	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.22	9.73	9.15	8.83	9.24	8.83	9.17
Vapor de agua	P2	%	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83
Inquemados gaseosos	P3	%	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.03	0.04
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
Radiación	P6	%	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Eficiencia térmica	$\eta$	%	80.34	79.82	80.40	80.73	80.32	80.74	80.39

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 5. Durante las mediciones se observó lo siguiente :

- \* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 90 y 98 psig de presión de generación de vapor.
- \* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:
  - La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periódicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar aun más si es que se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

**DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300-2001**

Fecha:	19/05/2012
Hora de inicio :	23:00
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A.
Dirección :	Carretera Pisco - Paracas - Perú
Localidad : Pisco	Entidad: <b>TERMODINAMICAS.A</b>

**A DATOS DE LA CALDERA**

Identificación :	Caldera N° 6
Marca :	CB600-800
Modelo :	L-94156
Año de fabricación :	1995
Número de pasos :	--
Tipo :	Pirrotubular Horizontal Automatico
Potencia Nominal BHP / (Kg/h)	800 / 11600
Presión de Diseño (Psig) :	200
Presión de Trabajo (Psig) :	110
Combustible :	RESIDUAL 500

**B CONDICIONES DE OPERACIÓN**

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presión de Vapor (psig):	110	Temperatura(°C) :	70	Temperatura (°C):	29
Temperatura de ingreso :	85	Presión de Atomización (p):	0.253	Presión Barométrica:	
TDS alimentación:	55			Humedad relativa (%)	
TDS purga:	350				

**C MEDICIONES REALIZADAS**

**Condiciones Ambientales**

PARAMETROS	Símb	unidades	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			23:00	23:13	23:25	23:34	23:44	23:54	
FECHA			19-05-12	19-05-12	19-05-12	19-05-12	19-05-12	19-05-12	
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.30
Temperatura Ambiente	TA	°C	18	18	18	18	18	18	18.00

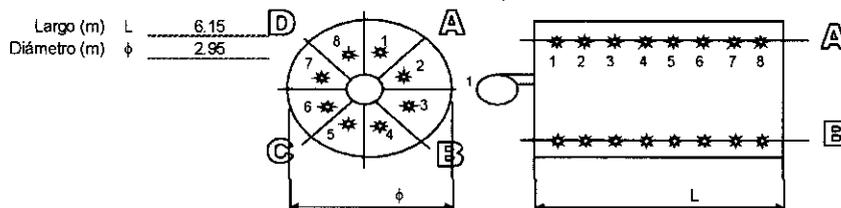
**Gases de Combustión**

PARÁMETROS	Símb	Posicion	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			23:00	23:13	23:25	23:34	23:44	23:54	
Presión de operación	Pop	Barg	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	4.7	4.6	4.1	5.3	5.6	5.8	5.0
Monóxido de Carbono	CO	ppm	119.0	109.0	101.0	98.0	103.0	108.0	106.3
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	10.6	10.2	10.2	10.9	10.9	10.9	10.6
Temperatura de humos	Tg	°C	204.1	204.3	205.3	204.6	204.3	204.4	204.5
Eficiencia de Combustión	η	%	83.6	83.4	84.2	82.9	84.7	83.9	83.8
Opacidad	Op		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

**Radiación**

# de Punto.	Temperatura de superficie (°C)					
	Superficie lateral				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	87.1	80.9	85.4	83.9	132.5	81.5
2	98.2	79.8	81.8	83.7	132.5	81.7
3	69.8	79.5	79.2	82.6	132.9	82.3
4	69.6	79.3	67.6	82.3	133.3	84.2
5	68.0	79.1	66.4	82.1	133.1	84.6
6	67.9	78.7	65.2	81.8	132.8	83.5
7	68.7	78.4	64.7	81.5	132.4	83.1
8	99.7	78.1	94.0	81.3	132.2	82.2

Ver ubicación de los puntos en la figura



Temperatura de la superficie del agua  $T_{sf} = 82.54$   
 Temperatura de la superficie del gas  $T_{sg} = 95.24$   
 Area de la superficie del agua  $A_f (m^2) = 85.55$   
 Area de la superficie del gas  $A_g (m^2) = 16.08$

#### D CÁLCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

##### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado Residual 500  
 Constante de Sievert (k) 0.53  
 PCS ( kJ/kg ) 42,283.00  
 H<sub>2</sub>O en el combustible 0.10  
 H en el combustible 11.20  
 Constante k1 54.00  
 Emisividad 0.96  
 CO<sub>2</sub> max 15.80  
 H<sub>líq</sub>\*sat (Kj/Kg) 761.01  
 H<sub>vapor</sub>\*sat (Kj/Kg) 2,776.79

##### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Simb	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.22	10.57	10.90	9.41	10.71	10.28	10.14
Vapor de agua	P2	%	6.91	6.91	6.91	6.91	6.92	6.91	6.91
Inquemados gaseosos	P3	%	0.0656	0.0765	0.0777	0.0663	0.0788	0.0754	0.0731
Inquemados Solidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Radiación	P6	%	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Purgas	P7	%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Eficiencia térmica	$\eta$	%	80.44	79.08	78.75	80.24	78.93	79.37	79.51

#### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 5. Durante las mediciones se observó lo siguiente :

- \* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 90 y 98 psig de presión de generación de vapor.
- \* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:
  - La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

#### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periodicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

#### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar si se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS INDUSTRIALES - NTP 350.300:2001

Fecha:	20/05/2012		
Hora de Inicio:	03:00		
DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DEL CONSULTOR	
Nombre:	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A.	Responsable:	Ing. Cdoaldo Sivipaucar Gomez
Dirección:	Carretera Pisco - Paracas - Perú	Asistente:	Ing. Hugo Bautista Reyes
Localidad:	Pisco	Entidad:	TERMODINAMICAS.A.

A DATOS DE LA CALDERA

Identificación:	Caldera N° 7
Marca:	CLEAVER BROOKS
Modelo:	CBL-400-1200-150
Serie:	T3919-1-1
Año:	2012
Número de pasos:	-
Tipo:	ular Horizontal Autor
Capacidad ( BHP/Kg/h ):	1200   17400
Presion de Diseño ( Psig ):	200
Presion de Trabajo ( Psig ):	110
Combustible:	Residual 500

B CONDICIONES DE OPERACIÓN

AGUA - VAPOR		COMBUSTIBLE		AIRE DE COMBUSTION	
Presion de Vapor:	110	Temperatura(°C):	70	Temperatura:	29
Temperatura de ingreso:	85	Presión de Atomizac	0.253	Presión Barométrica	
TDS alimentación:	55			Humedad relativa (%)	
TDS purga:	316				

C MEDICIONES REALIZADAS

Condiciones Ambientales

PARAMETROS	Símb	unidades	1	3	5	6	8	10	Promedio
HORA			17:40	17:51	17:53	17:56	17:59	18:19	
FECHA			20-05-12	20-05-12	20-05-12	20-05-12	20-05-12	20-05-12	20-05-12
Velocidad del viento	V	m/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Temperatura Ambiente	TA	°C	15	15	15	15	15	15	15.0

Gases de Combustión

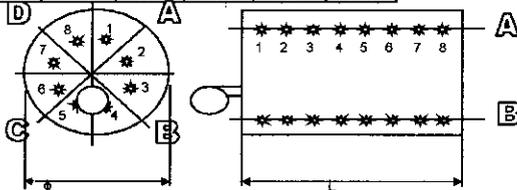
PARÁMETROS	Símb	Posición	1	2	3	4	5	6	Promedio
HORA			17:40	17:51	17:53	17:56	17:59	18:19	
Presión de operación	Pop	Barg	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%	5.9	6.0	5.9	5.7	5.7	5.8	5.8
Monóxido de Carbono	CO	ppm	146.0	149.0	147.0	145.0	152.0	151.0	148.3
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	%	12.0	10.5	10.2	11.8	10.4	10.8	11.0
Temperatura de humos	Tg	°C	223.8	224.4	224.7	224.6	225.2	224.4	224.5
Eficiencia de Combustión	η	%	85.6	85.6	85.7	85.8	85.8	85.3	85.6
Opacidad	Op		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Observaciones									

Radiación

# de Punto	Temperatura de superficie (°C)					
	Superficie lateral				Placas	
	Eje A	Eje B	Eje C	Eje D	Frontal	Posterior
1	95.4	96.5	110.9	92.5	89.3	82.5
2	73.5	93.0	84.3	82.8	71.2	82.1
3	70.3	79.4	80.4	85.5	72.3	157.4
4	69.4	85.2	73.5	88.6	73.5	158.5
5	66.5	76.4	79.3	92.1	71.7	136.6
6	68.0	79.5	75.6	93.4	74.1	138.9
7	67.4	97.2	73.5	104.3	76.9	103.9
8	75.4	66.6	83.7	79.3	70.4	84.5

Ver ubicación de los puntos en la figura

Largo (m) L  $\frac{6.61}{2.8}$   
 Diámetro (m)  $\phi$



## ANEXO 4: Toma de datos en Secador consumiendo R-6.

Temperatura de la superficie del agua	Tsf =	78.95
Temperatura de la superficie del gas	Tsg =	107.80
Area de la superficie del agua	Asf (m <sup>2</sup> ) =	56.55
Area de la superficie del gas	Asg (m <sup>2</sup> ) =	9.82

### D CALCULO DE LA EFICIENCIA TERMICA DE LA CALDERA

#### Datos para el cálculo de la Eficiencia Térmica

Combustible empleado	Residual 500
Constante de Sievert ( k)	0.53
PCS ( kJ/kg )	42,283.00
H <sub>2</sub> O en el combustible	0.10
H en el combustible	11.20
Constante k1	54.00
Emisividad	0.96
CO <sub>2</sub> max	15.80
H <sub>líq</sub> <sup>sat</sup> (Kj/Kg)	761.01
H <sub>vapor</sub> <sup>sat</sup> (Kj/Kg)	2,776.79

#### Calculo de la eficiencia termica

PARÁMETROS	Símb	Und	1	2	3	4	5	6	Promedio
Calor Sensible en gases	P1	%	9.31	9.68	9.73	9.07	9.06	9.06	9.32
Vapor de agua	P2	%	6.78	6.78	6.79	6.78	6.78	6.78	6.78
Inquemados gaseosos	P3	%	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Inquemados Sólidos	P4	%	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
Convección	P5	%	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Radiación	P6	%	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Purgas	P7	%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Eficiencia térmica	η	%	80.51	80.13	80.08	80.75	80.76	80.75	80.50

### E OBSERVACIONES

Para la aplicación de la NTP para el Cálculo de eficiencia térmicas en calderas se procedió a evaluar la caldera N° 6.

Durante las mediciones se observó lo siguiente :

\* Todas las mediciones fueron realizadas en llama alta y operando la caldera entre 90 y 98 psig de presión de generación de vapor.

\* De acuerdo a los resultados obtenidos la caldera se encuentra en buen estado de operación. Los problemas principales encontrados son:

- La temperatura de los gases de combustión estaba muy elevada debido principalmente a que los tubos se encontraban sucios. Se había programado un mantenimiento para realizar estos trabajos.

### F RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- \* Continuar operando la caldera con los análisis periódicos de gases de combustión y la regulación correspondiente.
- \* Realizar el mantenimiento al caldero que incluya limpieza de tubos.

### G CONCLUSIONES

En general la caldera se encuentra en buenas condiciones de operación sin embargo se puede mejorar si se implementan las recomendaciones anteriormente descritas.

**Plantilla de toma de datos**

**"Condiciones del producto en el Secador con petróleo R-6"**

Número: 05-H1  
 Fecha: 19/05/2012  
 Equipo: Secador HLT  
 Tipo de combustible: R-6  
 Hora inicio: 20:00 p.m.  
 Hora finalización: 02:00 a.m.

Flujo de harina húmeda de ingreso: 41,394.96 Kg/h

		Secado III con aire caliente							
Hora		20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	Promedio
Muestra	Temperatura de gases ingreso a intercambiador	747	774	724	741	783	789	790	764
	Temperatura de gases salida de intercambiador	317	360	273	374	365	381	371	349
	ppm CO	154.3							
	% CO2	12.1							
	Temperatura de aire ingreso a Secador	323	372	280	394	376	395	381	360
	Temperatura aire al interior de Secador	96	99	101	90	93	100	98	97
	Temperatura aire a la salida del Secador	76	77	77	70	73	75	80	75
	Temperatura aire ingreso a ventilador C-130	19	20	19	19	20	20	20	20
	Humedad ingreso al Tambor	23.76	23.45	23.78	23.19	24.54	24.17	23.80	23.81
	Humedad salida del Tambor	6.51	6.88	6.60	6.15	6.46	7.03	6.29	6.56
Humedad final	6.77	6.91	6.78	6.24	6.51	7.11	6.33	6.66	

**Observaciones:**

Flujo de agua evaporada= 7,098.64 Kg/h  
 Flujo de combustible R-6= 567.89 Kg/h = 21.31 MMBtu/h  
 Flujo de harina a la salida= 34,296.32 Kg/h

## ANEXO 5: Toma de datos en Secador consumiendo GN.

Plantilla de tomato de datos

"Condiciones del producto en el Secador con GN"

Número: 05-H2  
 Fecha: 04-05-17  
 Equipo: Secador HLT  
 Tipo de combustible: GN  
 Hora inicio: 13:30  
 Hora finalización: 15:10 pm

Flujo de harina húmeda de ingreso: 41,394.96 Kg/h

		Secado III con aire caliente							
Hora		13:30	13:40	13:50	13:55	14:00	14:30	15:10	Promedio
Muestra	Temperatura de gases ingreso a intercambiador	650	678	649	638	679	689	670	665
	Temperatura de gases salida de intercambiador	302	345	258	359	350	366	356	334
	ppm CO	85.00							
	% CO2	8.97							
	Temperatura de aire ingreso a Secador	308	357	265	379	361	380	366	345
	Temperatura aire al interior de Secador	86	89	91	80	83	90	88	87
	Temperatura aire a la salida del Secador	66	67	67	60	63	65	70	65
	Temperatura aire ingreso a ventilador C-130	19	20	19	19	20	20	20	20
	Humedad ingreso al Tambor	20.35	20.58	20.86	20.05	20.84	20.92	18.82	20.35
	Humedad salida del Tambor	5.21	5.55	5.01	5.79	5.61	5.43	5.34	5.42
Humedad final	5.42	5.76	5.22	6.00	5.82	5.64	5.55	5.63	

Observaciones:

Flujo de agua evaporada= 6,091.56 Kg/h  
 Flujo de combustible gn= 394.53 Kg/h = 18.28 MMBtu/h  
 Flujo de harina a la salida= 35,303.40 Kg/h

ANEXO 6: Factores de emisión de CO<sub>2</sub>.

Factores de emisión para o cálculo das toneladas de CO<sub>2</sub>

	factor emisión t CO <sub>2</sub> / TJ	factor emisión t CO <sub>2</sub> / tep	factor de oxidación
<b>COMBUSTIBLES FÓSILES LÍQUIDOS</b>			
<b>Combustibles primarios</b>			
petróleo bruto	73,3	3,0689244	0,995
orimulsión	80,7	3,3787476	0,995
líquidos de gas natural	63,1	2,6418708	0,995
<b>Combustibles/productos secundarios</b>			
gasolina	69,3	2,8014524	0,995
queroseno	71,9	3,0103092	0,995
aceite de esquisto bituminoso gasóleo	77,4	3,2405632	0,995
gasóleo	74,1	3,1024188	0,995
fuel oil residual	77,4	3,2405632	0,995
gas licuado de petróleo	63,1	2,6418708	0,995
etano	61,6	2,5780688	0,995
nafta	73,3	3,0689244	0,995
alquitran	80,7	3,3787476	0,995
lubrificantes	73,3	3,0689244	0,995
coque de petróleo	100,8	4,2202944	0,995
materias primas de refinaría	73,3	3,0689244	0,995
outros aceites	73,3	3,0689244	0,995
<b>COMBUSTIBLES FÓSILES SÓLIDOS</b>			
<b>Combustibles primarios</b>			
antracita	98,3	4,1156244	0,990
carbón para coque	94,6	3,9607128	0,990
otros carbones bituminosos	94,6	3,9607128	0,990
carbón subbituminoso	96,1	4,0235148	0,990
lignito	101,2	4,2370416	0,990
esquisto bituminoso	106,7	4,4673156	0,990
turba	106	4,4380080	0,990
<b>Combustibles secundarios</b>			
briquetas de lignito e aglomerados	94,6	3,9607128	0,990
coque de gas / fornos de coque	108,2	4,5301176	0,990
<b>COMBUSTIBLES FÓSILES GASEOSOS</b>			
monóxido de carbono	155,2	6,4979136	0,995
gas natural (seco)	56,1	2,3487948	0,995
metano	54,9	2,2985532	0,995
hidróxeno	0	0,0000000	0,995

Fonte: Decisión 2007/589/CE da Comisión, de 18 de xullo de 2007

Fuente: Instituto energético de Galicia, 2007.

**ANEXO 7: Dimensiones y parámetros de operación de secador de aire caliente.**

Marca de Secador	HLT
Capacidad de evaporación	8000 Kg/h
Temperatura de ingreso de aire de secado	250 a 380°C
Temperatura de salida de vahos a HR=28%	90°C
Flujo de aire seco	65306 Kg/h
Diámetro del cuerpo principal	3800 mm
Diámetros de entrada y salida	3220 mm
Longitud del cuerpo principal	18820 mm
Longitud total	24430 mm
Distancia entre ejes de pistas rotatorias	19710 mm
Altura de eje sobre nivel de referencia	3757 mm
Material de cilindro rotatorio	ASTM A-36
Espesor de cuerpo principal	16 mm
Espesor de zona de transmisión	19 mm
Motor de accionamiento de transmisión	120 HP
Velocidad de rotación de cilindro	5.8 rpm

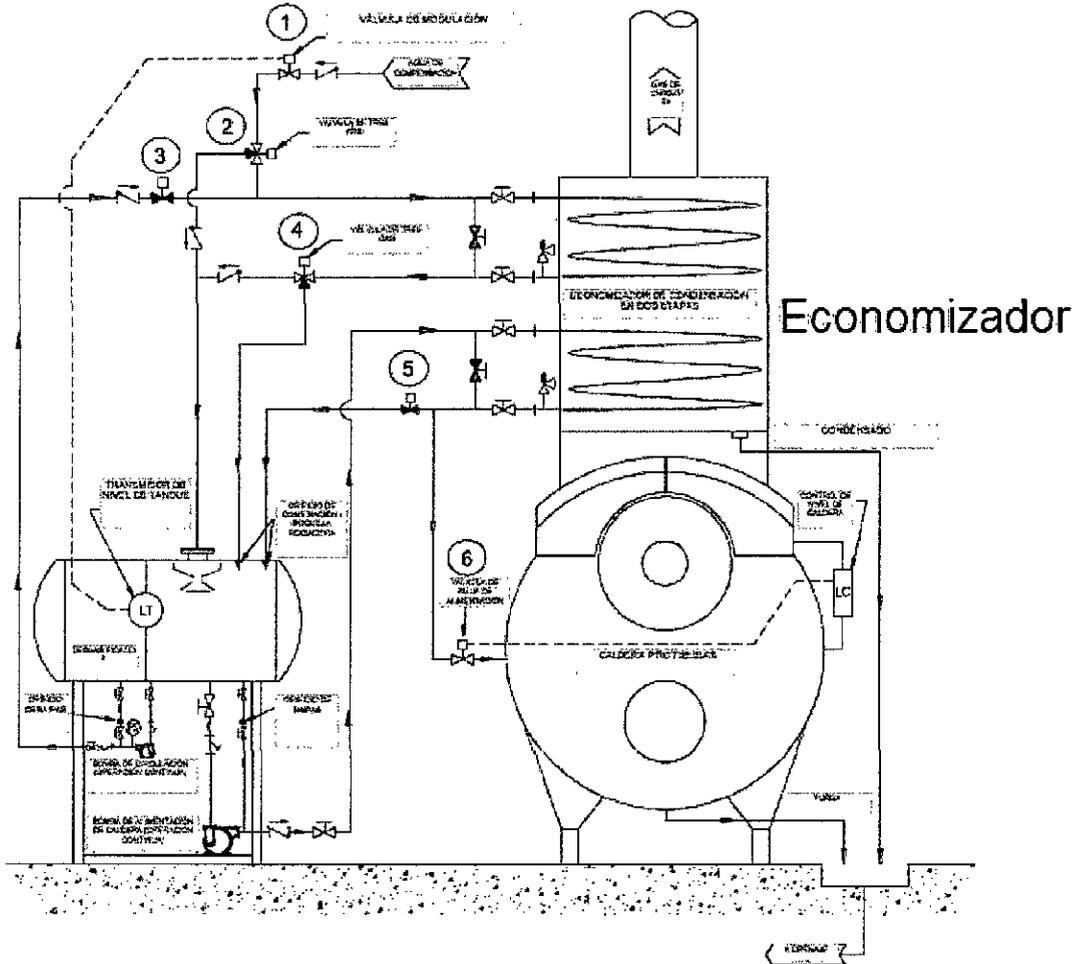
## ANEXO 8: Estadísticos de indicadores en las Calderas.

Se realizó el procesamiento estadístico sólo de los indicadores en las calderas usando el programa spss, debido a que se contó con una muestra de 7 calderas.

Estadísticos		Beneficio energético, mejora de eficiencia térmica en %, "IE"	Beneficio ambiental, reducción de emisiones de CO en ppm, "IA1"	Beneficio ambiental, reducción de emisiones de CO2 en %, "IA1"
N	Válido	7	7	7
	Perdidos	0	0	0
	Media	1,60	47,34	21,71
	Mediana	1,66	50,56	21,32
	Moda	1,20 <sup>a</sup>	29,23 <sup>a</sup>	18,00 <sup>a</sup>
	Desviación estándar	0,31	14,58	3,22
	Varianza	0,099	212,51	10,34
	Asimetría	-0,166	0,011	0,66
	Error estándar de asimetría	0,794	0,79	0,79
	Curtosis	-1,67	-1,47	0,22
	Error estándar de curtosis	1,59	1,59	1,59
	Rango	0,77	38,44	9,28
	Mínimo	1,20	29,23	18,00
	Máximo	1,98	67,67	27,28
	Suma	11,17	331,38	151,97
Percentiles	25	1,22	31,17	18,43
	50	1,66	50,56	21,32
	75	1,93	60,32	23,81

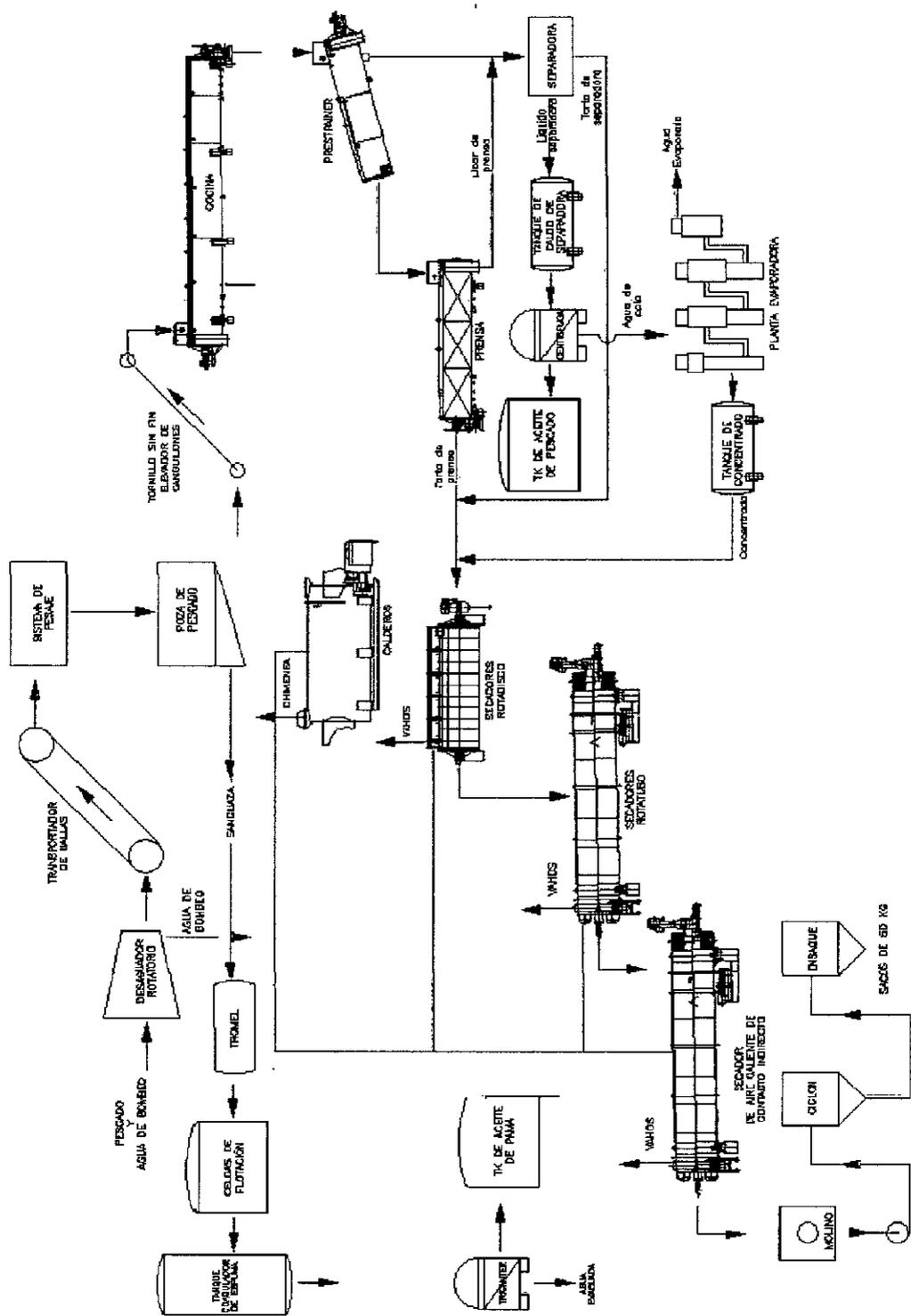
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

ANEXO 9: Diagrama de flujo de un economizador.



Fuente: Manual de operación de Economizadores Cleaver Brooks, 2008.

ANEXO 10: Diagrama de proceso de producción de harina de pescado.



ANEXO 11: Vista Layout de planta harina de pescado.

