

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE  
CONDENSADO PARA GENERAR UN AHORRO DE  
ENERGÍA TÉRMICA EN LAS CALDERAS DE LA  
EMPRESA LAIVE”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ENERGÍA**

**VIVANCO TORRES KEVIN ENRIQUE**

**Callao, Diciembre, 2017  
PERÚ**

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el auditorio Ausberto Rojas Saldaña de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, sito Av. Juan Pablo II N° 306, Bellavista - Callao, siendo las 12.30 m. del día sábado 09 de diciembre de 2017, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador del II Ciclo de Tesis -Titulación por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis- de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao.

- Dr. Ing. Félix Alfredo Guerrero Roldán : Presidente
- Dr. Ing. Oscar Teodoro Tacza Casallo : Secretario
- Dr. Ing. Napoleón Jáuregui Nongrados : Vocal

Designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 147-2017-CF-FIME de fecha 20 de noviembre de 2017 y Resolución Decanal N° 046-2017-D-FIME a fin de proceder al acto de evaluación de la Tesis titulada: **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CONDENSADO PARA GENERAR UN AHORRO DE ENERGÍA TÉRMICA EN LAS CALDERAS DE UNA EMPRESA DE LÁCTEOS"**, presentada por el señor Bachiller **VIVANCO TORRES KEVIN ENRIQUE**.

Contando con la presencia del Supervisor General, Decano de la Facultad de Ciencias Contables Dr. GPC Roger Peña Huamán, Supervisor de la FIME, Dr. José Hugo Tezen Campos y el representante de la Comisión de Grados y Títulos Eco. Guillermo Alonso Gallarday Morales.

A continuación, se dio inicio a la sustentación de la Tesis de acuerdo a lo normado en los numerales del 10.1 al 10.4 del capítulo X de la Directiva para la Titulación Profesional por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis en la Universidad Nacional del Callao, aprobada por Resolución Rectoral N° 754-2013-R del 21 de agosto de 2013, modificada por la Resolución Rectoral N° 777-2013-R de fecha 29 de agosto de 2013 y la Resolución Rectoral N° 281-2014-R del 14 de abril de 2014 con la que se modifica el Art. 4.5 del capítulo IV de la organización del Ciclo de Tesis, así como lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 135-2017-CU de fecha 22 de junio de 2017.

Culminado el acto de sustentación, los señores miembros del Jurado Evaluador procedieron a formular las preguntas al indicado bachiller, las mismas que fueron absueltas satisfactoriamente.

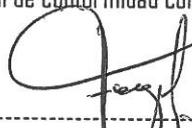
Luego de un cuarto de intermedio, para la deliberación en privado del Jurado respecto a la evaluación de la Tesis, se acordó: calificar la tesis sustentada por el señor bachiller **VIVANCO TORRES KEVIN ENRIQUE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero en Energía por la modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se indica:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
13 (TRECE)	BUENO

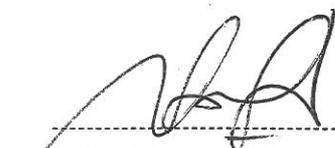
Finalmente, se procedió a leer en público el acta de sustentación.

Siendo las 1:00 pm. del día sábado nueve de diciembre del dos mil diecisiete, el señor Presidente del Jurado Evaluador dio por concluido el acto de sustentación de Tesis.

En señal de conformidad con lo actuado, se levanta la presente acta.

  
-----  
Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán  
Presidente

  
-----  
Dr. Oscar Teodoro Tacza Casallo  
Secretario

  
-----  
Dr. Napoleón Jáuregui Nongrados  
Vocal

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA**  
**Jurado de Sustentación de Tesis**

## **INFORME**

Visto la Tesis titulada **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CONDENSADO PARA GENERAR UN AHORRO DE ENERGÍA TÉRMICA EN LAS CALDERAS DE UNA EMPRESA DE LÁCTEOS”**, presentada por el Bachiller de Ingeniería en Energía **VIVANCO TORRES KEVIN ENRIQUE**.

**A QUIEN CORRESPONDA:**

El *Presidente del Jurado de Sustentación de Tesis*, informa que la sustentación de la Tesis, se realizó el día Sábado 09 de Diciembre del 2017, no habiendo observaciones ni correcciones que incluir, el mismo que en su oportunidad fue cuidadosamente evaluado por cada uno de los miembros del Jurado de Sustentación, no presentando ninguna observación en su estructura metodológica y contenido temático.

Se emite el presente informe favorable para los fines pertinentes.

Bellavista, 09 de Diciembre del 2017.



**Dr. FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN**  
**PRESIDENTE DEL JURADO**

## **DEDICATORIA**

De manera muy especial esta tesis es  
para mis padres Yeny y Elmer, y a mi  
hermana Karen.

## INDICE

INDICE.....	1
TABLAS DE CONTENIDO.....	5
INDICE DE FIGURAS.....	5
INDICE DE TABLAS.....	7
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
1.1. Identificación del problema.....	11
1.2. Formulación del problema.....	12
1.2.1. Problema general.....	12
1.2.2. Problemas específicos.....	12
1.3. Objetivos de la investigación.....	12
1.3.1. Objetivo general.....	12
1.3.2. Objetivos específicos.....	12
1.4. Justificación.....	13
1.4.1. Justificación tecnológica.....	13

1.4.2.	Justificación económica .....	13
1.4.3.	Justificación ambiental .....	13
1.5.	Importancia .....	13
2.	MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.	Antecedentes de estudio .....	14
2.2.	Marco conceptual .....	17
2.2.1.	Descripción de planta:.....	17
2.2.2.	Equipos principales .....	19
2.2.3.	Equipos auxiliares .....	26
2.3.	Definición de términos básicos .....	44
2.3.1.	Conceptos termodinámicos.....	44
2.3.2.	Evaluación de la eficiencia térmica de la caldera .....	51
2.3.3.	Recuperación de calor de purgas de calderas .....	55
2.3.4.	Evaluación de un proyecto de inversión.....	62
3.	VARIABLES E HIPÓTESIS.....	67
3.1.	Variables de investigación .....	67
3.1.1.	Variable independiente.....	67
3.1.2.	Variable dependiente .....	67

3.2.	Operalización de las variables .....	67
3.3.	Hipótesis .....	68
3.3.1.	Hipótesis general.....	68
3.3.2.	Hipótesis específica .....	68
4.	METODOLOGÍA.....	69
4.1.	Tipo de investigación .....	69
4.2.	Diseño de la investigación .....	69
4.2.1.	Parámetros básicos de investigación: .....	69
4.2.2.	Etapas de la investigación.....	70
4.2.3.	Etapas de la investigación.....	71
4.3.	Población y muestra: .....	90
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	90
4.5.	Procedimiento de recolección de datos .....	91
4.6.	Procedimiento de recolección de datos .....	97
5.	RESULTADOS .....	98
6.	DISCUSION DE RESULTADOS .....	100
6.1.	Contrastación de la hipótesis con los resultados .....	100
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	101

7. CONCLUSIONES.....	102
8. RECOMENDACIONES .....	103
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	104
ANEXOS.....	106

## TABLAS DE CONTENIDO

### INDICE DE FIGURAS

Figura	2.1	Diagrama de generación de vapor	18
Figura	2.2	Caldera pirotubular	19
Figura	2.3	Tanque de alimentación	20
Figura	2.4	Bomba de alimentación	21
Figura	2.5	Sistema de ablandamiento	23
Figura	2.6	Tanque flash	24
Figura	2.7	Intercambiador de calor de placas	26
Figura	2.8	Manómetro	27
Figura	2.9	Termómetro	28
Figura	2.10	Trampas de vapor	29
Figura	2.11	Válvula de bola	32
Figura	2.12	Válvula de retención	33
Figura	2.13	Válvula reguladora de presión	34
Figura	2.14	Válvula de globo	35
Figura	2.15	Válvula de compuerta	36
Figura	2.16	Válvula de seguridad	37
Figura	2.17	Válvula solenoide	38
Figura	2.18	Tubo de acero	39
Figura	2.19	Codo de acero	40

Figura	2.20	Reducción de acero	40
Figura	2.21	Te de acero	41
Figura	2.22	Filtro de acero	42
Figura	2.23	Junta de acero	42
Figura	2.24	Unión de acero	43
Figura	2.25	Tapones de acero	43
Figura	2.26	Diagrama P-V del agua	48
Figura	2.27	Principio de alimentación y descarga de caldera	56
Figura	2.28	Sistema de recuperación de calor de la purga de la caldera	58
Figura	2.29	Balance de energía del tanque flash	60
Figura	3.1	Selección de tanque flash	84

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Indicador de combustible	49
Tabla 3.1	Operalización de variables	68
Tabla 4.1	Características de generación	70
Tabla 4.2	Rangos de consumo de combustible	71
Tabla 4.3	Selección de diámetros de retorno de condensado	80
Tabla 4.4	Valores de coeficiente Y	81
Tabla 4.5	Esfuerzos permitidos de tensión en metales	82
Tabla 4.6	Espesores recomendados aislamiento térmico	85
Tabla 4.7	Consumo de combustible	91
Tabla 4.8	Consumo máximo de vapor	92
Tabla 4.9	Consumo de vapor Área lácteos	92
Tabla 4.10	Consumo de vapor Área cárnicos	94
Tabla 4.11	Consumo de vapor Área UHT	95
Tabla 4.12	Consumo de vapor Área manjar	96
Tabla 5.1	Ahorro de energía equivalente en GN	98
Tabla 5.2	Ahorro económico por energía en \$/año	98
Tabla 5.3	Ahorro de agua tratada	99
Tabla 5.4	Ahorro económico por agua tratada en \$/año	99
Tabla 5.5	Ahorro económico total en \$/año	99

Tabla 6.1 Contratación de los resultados con otros  
similares

101

## RESUMEN

Las empresas de productos lácteos y derivados en general tienen un consumo de energía térmica considerable para abastecer la variedad de procesos de transferencia de calor que exigen sus productos finales, es por ello, que el ahorro de energía térmica es muy importante en este sector debido a que tiene repercusión directa con el costo de combustible, gastos relacionados al agua e impacto ambiental. La sala de fuerza de la empresa LAIVE - HUACHIPA que se evaluará cuenta con 2 calderas pirotubulares de capacidad de 1800 BHP para abastecer vapor a sus diversos procesos de elaboración de productos. La planta no cuenta con un retorno de condensado en todos los equipos, los cuales son enviados directamente al desagüe.

La presente investigación de tipo tecnológico y de nivel aplicativo tiene como objetivo diseñar un sistema de retorno de condensado la cual nos permita obtener un ahorro económico reflejado en la reducción del consumo de combustible y reducción del consumo de agua tratada.

Para realizar la investigación se recolecto datos con instrumentos de auditoria, como medidores de flujo de vapor, de condensado, de gas, etc. y registros de consumo; de tal manera que estos valores sirvieron para analizar y cuantificar el ahorro económico y de energía térmica que se generó al diseñar el sistema de recuperación de condensado.

Palabras claves: Diseño, retorno de condensado, ahorro y energía térmica.

## **ABSTRACT**

Companies dairy products and derivatives in general are consuming considerable thermal energy to supply the variety of processes of heat transfer required by their end products, is therefore saving thermal energy is very important in this sector because that has direct repercussion with the cost of fuel, expenses related to water and environmental impact.

The LAIVE - HUACHIPA Company that will be evaluated will have 2 pirotubular boilers with a capacity of 1800 BHP to supply steam to its various processes of product development. The plant does not have a return of condensate in all equipment, which is sent directly to the drain.

The present investigation of technological type and of aplicativo level has like objective design a system of return of condensate which allows us obtain an economic saving reflected in the reduction of the consumption of fuel and reduction of the consumption of water treated.

To carry out the research, data was collected with audit instruments, such as steam, condensate, gas flow meters, etc. and consumption records; in such a way that these values served to analyze and quantify the economic and thermal energy savings that were generated when designing the condensate recovery system.

**Keywords:** Design, return of condensate, savings and thermal energy.

## **1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Identificación del problema**

El sistema de generación de vapor en la empresa de lácteos cuenta con dos calderas pirotubulares de 900 BHP, con un tanque de alimentación de 5700 L y un sistema de reposición de agua tratada.

El vapor generado por el sistema de generación es consumido por los equipos para diversos procesos de producción; teniendo en cuenta que algunos equipos consumen vapor de manera directa con el producto, mezclándose estos y otro de manera indirecta, compartiendo el calor sin mezclarse. El vapor consumido en los equipos de manera indirecta es retornado por un sistema de recuperación de condensado. Sin embargo, no todos los equipos que consumen vapor de manera indirecta se recuperan el condensado, sino que se envía al desagüe, debido a ello se suministra una gran cantidad de agua blanda al tanque de condensado para reponer el agua desechada.

Para evitar el consumo excesivo de agua tratada y de combustible y a su vez generar un ahorro de energía térmica en las calderas, se diseñó un sistema de recuperación de condensado de tal manera se vea reflejado en un ahorro económico.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo diseñar el sistema de recuperación de condensado que permita generar un ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive?

### **1.2.2. Problemas específicos**

P1.- ¿De qué manera la implementación de la nueva línea de recuperación de condensado influye en el ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive?

P2.- ¿De qué manera la energía térmica recuperada influye en el ahorro económico en la empresa Laive?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar el sistema de recuperación de condensando que permita generar un ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

O1.- Evaluar si la implementación de la nueva línea de recuperación de condensado influye en el ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive.

O2.- Evaluar si la energía térmica recuperada influye en el ahorro de económico en la empresa Laive.

O3.- Determinar el tiempo de retorno de inversión del proyecto.

#### **1.4. Justificación**

##### **1.4.1. Justificación tecnológica**

En el desarrollo de esta tesis se buscó aplicar la metodología de cálculo y selección en aplicaciones similares de tal manera facilite investigaciones o trabajos relacionados a la recuperación de condensado

##### **1.4.2. Justificación económica**

En el desarrollo de estas tesis se buscó evaluar el impacto económico que se produjo al recuperar condensado en la planta reflejada en la reducción de consumo de combustible y el consumo de agua tratada para alimentación a la caldera.

##### **1.4.3. Justificación ambiental**

En el desarrollo de esta tesis se buscó recuperar el condensado no solo para generar un ahorro económico sino también para generar concientización con el ambiente y la reducción de gases en el escape de las calderas.

#### **1.5. Importancia**

Esta tesis es para dar solución al problema de recuperación de condensado en la planta de lácteos para que permita generar un ahorro de energía térmica y tratamiento de agua, reflejados en el ahorro económico.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de estudio

- Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Titulado: **“Rediseño y recuperación del sistema de retorno de condensado para el ahorro de energía de la empresa Ecuajugos”**, presentado por el bachiller Gómez Dalgo José Javier, en el año 2012. Se encuentra en la página web de la Escuela Politécnica Salesiana.

Esta tesis de grado afirma que al tener un eficiente sistema de vapor y retorno de condensado se lograra temperaturas adecuadas en las unidades de proceso, aumento de la capacidad de producción, máximo ahorro energético, reducción de la mano de obra, mayor vida útil de los equipos y mínimos mantenimientos.

- Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Titulado: **“Evaluación del sistema de recuperación de purgas de fondo y de nivel de las calderas pirotubulares en la empresa pesquera austral Group s.a.a. – Coishco”**, presentado por los bachilleres Custodio Rodríguez Juan Carlos y Solís Pérez Enzo Paulino, en el año 2017. Se encuentra en la página web de la Universidad de Santa.

Esta tesis consiste en evaluar el sistema de recuperación de purgas de fondo y nivel de las calderas pirotubulares y detallar los interesantes ahorros de energía, que el aprovechamiento del calor presente en las purgas de fondo y nivel de una caldera puede traer consigo. También se detalla todos los estudios y análisis necesarios para poder implementar el sistema de recuperación de purgas y nivel de fondo de las calderas pirotubulares.

- Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Energía, Titulado: “**Diseño de un sistema de purga automática de fondo y superficie para ahorro y disponibilidad de energía térmica en una caldera pirotubular de 1000 BHP**”, presentado por el bachiller Bargaran Vásquez Luis Alfonso, en el año 2014. Se encuentra en la biblioteca especializada UNAC – FIME.

Esta tesis consiste en diseñar un sistema de purga automática para generar un ahorro de 2% de eficiencia térmica, lo cual representa un ahorro económico de 50,873.22 \$/año.

- Tesis de grado previo a la obtención del título de Master en seguridad y medio ambiente, Titulado: “**Sistema de recuperación de condensados de una línea de decapado de bobinas laminadas en caliente**”, presentado por Martínez Herranz Miriam, en el año 2009. Se encuentra en la página web.

Esta tesis consiste con la puesta en marcha del sistema de recuperación de condensados que no sólo se ahorra agua desmineralizada en los baños de lavado, sino que se reduce la necesidad de calentamiento en dichos baños, puesto que el agua de los condensados ya se encuentra caliente (60-80° C)

- Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Titulado: **“Auditoría energética al circuito de vapor y condensado de una planta de elaboración de café liofilizado”**, presentado por el bachiller Bohórquez Guzmán Roberto, en el año 2013. Se encuentra en la página web de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

En esta tesis de grado se hizo una auditoría energética al circuito de vapor y condensado de una planta de café liofilizado, este estudio incluyó las purgas de la caldera, tuberías, distribuidores, condensados que no son aprovechados adecuadamente, aislamiento de las tuberías de distribución, fugas de vapor, trampas de vapor, problemas en usuarios de vapor.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Descripción de planta:**

Actualmente la empresa de lácteos cuenta con un sistema de generación de vapor de 1800 BHP, trabajando con dos calderas pirotubulares de 900 BHP cada una, 01 tanque de alimentación de 5700 litros y un sistema de reposición de agua blanda para abastecer vapor a 4 áreas de producción (Lácteos, cárnicos UHT y manjar).

#### **Área lácteos:**

Área para la producción de saborizantes, leche y aceite vegetal.

#### **Área cárnicos:**

Área para la producción de embutidos y queso.

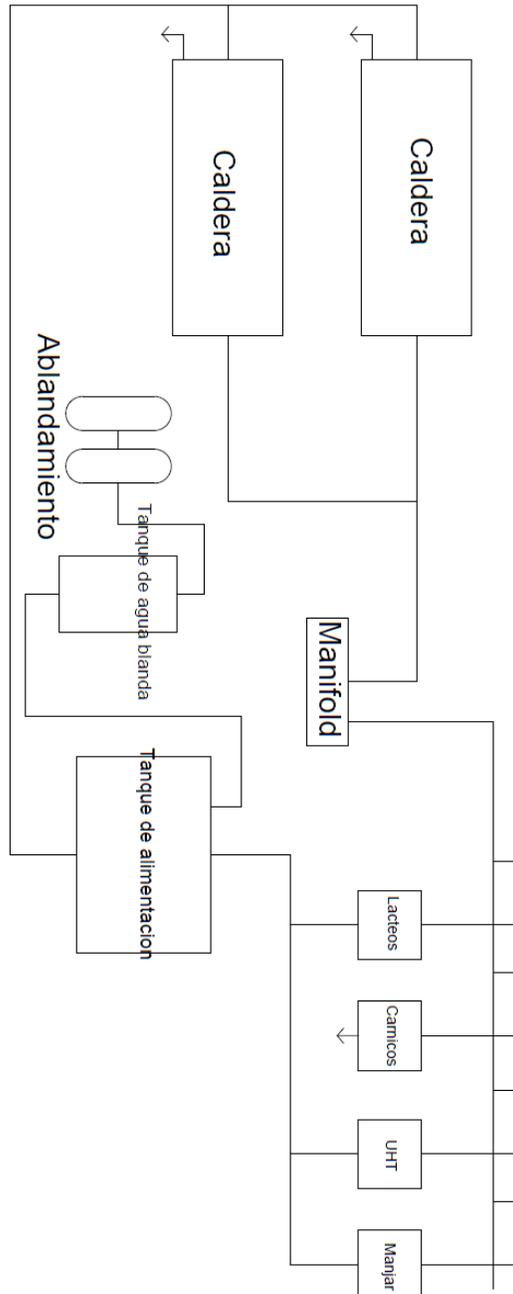
#### **Área UHT:**

Área para la eliminación de gérmenes y bacterias a altas temperaturas

#### **Área manjar:**

Área para la producción de manjares

FIGURA 2.1  
DIAGRAMA DE GENERACION DE VAPOR



Fuente: Elaboración propia.

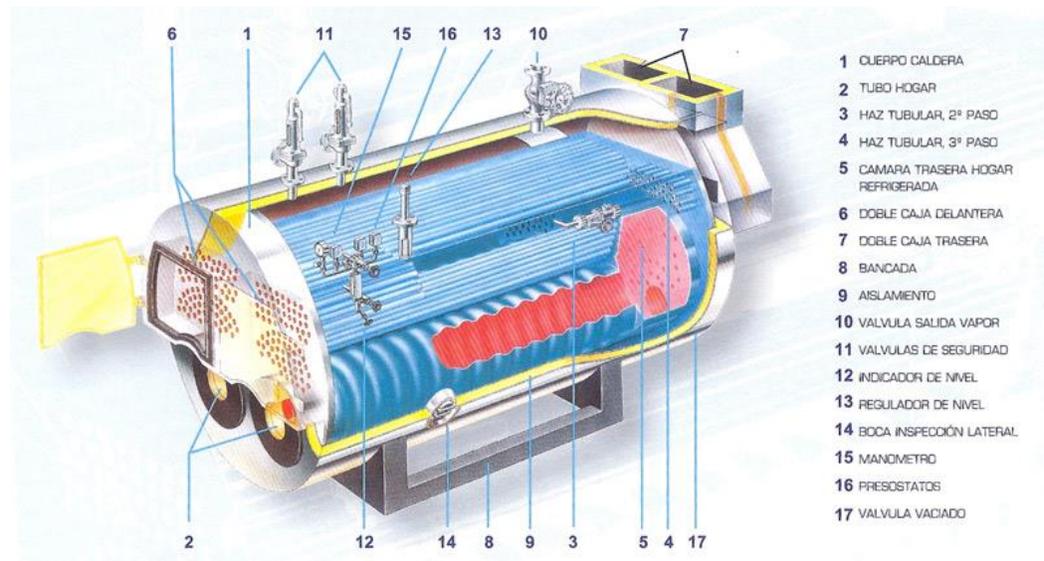
## 2.2.2. Equipos principales

### Generador de vapor

Equipo térmico conformado por un recipiente metálico, cerrado, hermético, presurizado destinado a producir vapor, mediante el suministro de una fuente de energía primaria (generalmente un combustible) el cual libera calor, que es aprovechado de manera indirecta por el fluido.

FIGURA 2.2

CALDERA PIROTUBULAR



Fuente: página web [https://www.sogecal.com/mnk-2h-caldere-de-vapor-kestahl-de-](https://www.sogecal.com/mnk-2h-caldere-de-vapor-kestahl-de-2-hogares/)

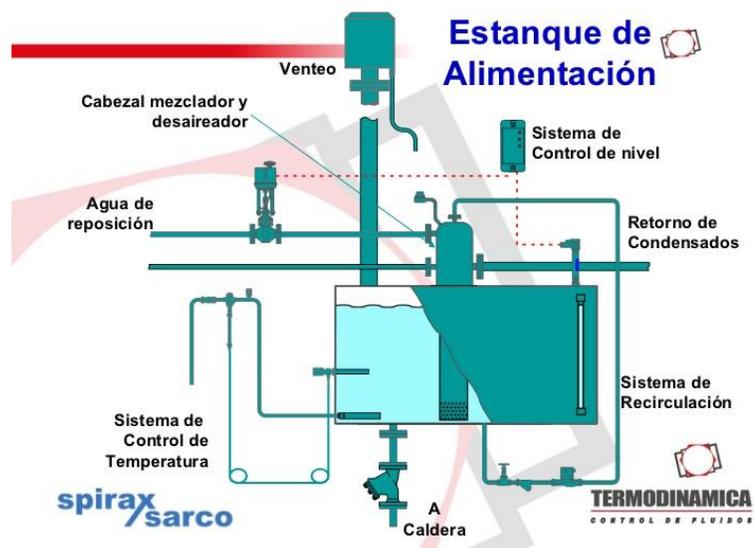
[2-hogares/](https://www.sogecal.com/mnk-2h-caldere-de-vapor-kestahl-de-2-hogares/)

## Tanque de alimentación<sup>1</sup>

En un sistema atmosférico, los condensados de la instalación retornan al tanque atmosférico de agua, llamado tanque de alimentación o condensados. El tanque de condensados sirve para suministrar el agua de alimentación al generador de vapor. El agua de aportación del sistema se añade al tanque de condensados donde se precalienta y se mezcla con los productos de tratamiento químico.

FIGURA 2.3

TANQUE DE ALIMENTACIÓN



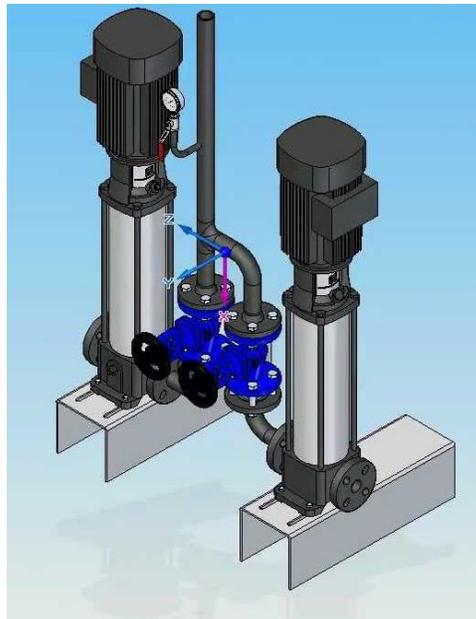
Fuente: página web <https://es.slideshare.net/TermoEficiente/uso-eficiente-de-la-energa-del-vapor>

<sup>1</sup>[http://www.prodinco.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=34&Itemid=139&lang=es](http://www.prodinco.es/index.php?option=com_content&view=article&id=34&Itemid=139&lang=es)

## Bomba de alimentación<sup>2</sup>

Las bombas de alimentación de calderas están diseñadas para suministrar agua a las calderas. Las bombas de alimentación nos ayudan a conseguir un ahorro energético y una eficacia de funcionamiento considerables al subir la temperatura del agua de alimentación de la caldera, a su vez ayudaran a evitar el choque térmico en la caldera (unidad de alimentación de la caldera) o en el desaerador (depósito de compensación) al subir la temperatura del agua de alimentación.

FIGURA 2.4  
BOMBA DE ALIMENTACIÓN



Fuente: página web [https://www.youtube.com/watch?v=z4mV-O\\_obKk](https://www.youtube.com/watch?v=z4mV-O_obKk)

<sup>2</sup><https://www.armstronginternational.com/es/productos-armstrong>

### **Sistema de ablandamiento<sup>3</sup>**

Las operaciones de eliminación de dureza se denominan ablandamiento o suavizado de aguas y se llevan a cabo con un descalcificador. La dureza puede ser eliminada utilizando el carbonato de sodio (o de potasio) y cal  $\text{Ca(OH)}_2$ . Estas sustancias causan la precipitación del calcio con carbonato y del Mg como hidróxido.

Otro proceso para la eliminación de la dureza del agua es la descalcificación de esta mediante resinas de intercambio iónico. Lo más habitual es utilizar resinas de intercambio catiónico. Lo más habitual es utilizar resinas de intercambio catiónico que intercambian los iones calcio y magnesio presentes en el agua por iones u otras que los intercambian por iones de hidrogeno. La dureza se puede determinar fácilmente mediante reactivos. La dureza también se puede percibir por el sabor del agua y en la formación de incrustaciones.

<sup>3</sup><https://es.slideshare.net/PatriciaZambranoMora/tecnologia-del-agua>

FIGURA 2.5  
SISTEMA DE ABLANDAMIENTO

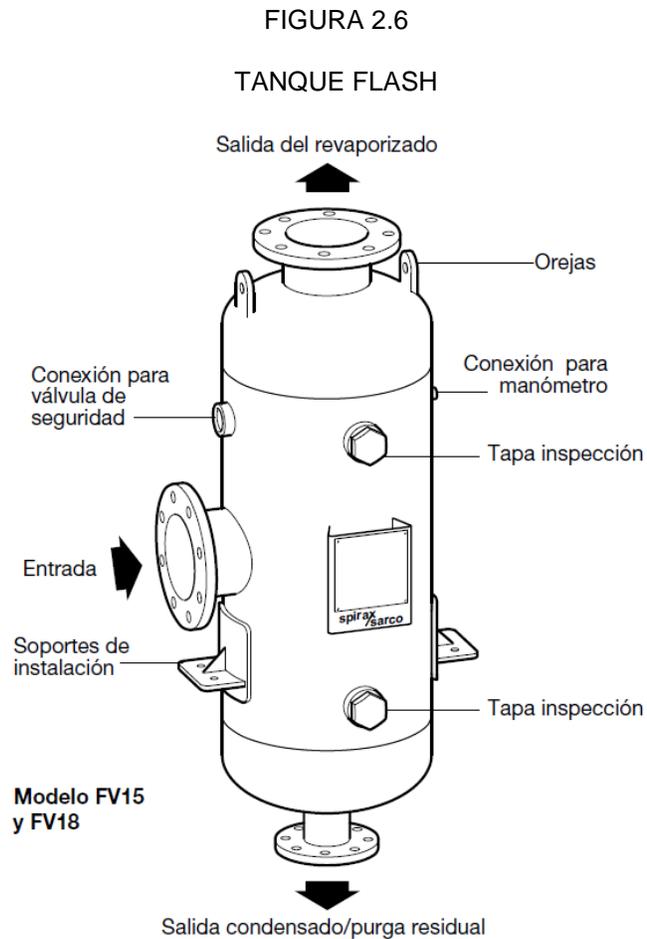


Fuente: página web <http://www.directindustry.es/prod/bosch-industriekessel-gmbh/product-7270-1114355.html>

#### **Tanque flash<sup>4</sup>**

El tanque flash tiene como finalidad reutilizar el revaporizado o flash producido del condensado saturado presurizado de purga, que al ser desalojado del medio que lo contiene, reduce su presión revaporizándose parcialmente y alcanzando además la misma temperatura del vapor. Este sistema actúa como recolector, separador y distribuidor, ya que al ingresar el revaporizado parcial se separa, saliendo el vapor por la abertura superior hacia un lugar preestablecido,

el condensado restante, se descarga a través de un filtro y una trampa hacia la tubería que conecta con el tanque receptor de condensado en la sala de la caldera.



Fuente: página web

[http://www.spiraxsarco.com/global/cl/Products/Documents/Tanque\\_de\\_revaporizado\\_Tipo\\_FV-Hoja\\_T%C3%A9cnica.pdf](http://www.spiraxsarco.com/global/cl/Products/Documents/Tanque_de_revaporizado_Tipo_FV-Hoja_T%C3%A9cnica.pdf)

<sup>4</sup><http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=2380>

### **Intercambiador de calor tipo placas<sup>5</sup>**

El intercambiador de calor de placas consiste en un paquete de placas de metal corrugadas con tomas para el paso de los dos fluidos entre los que se realiza el intercambio de calor.

Entre las placas del intercambiador de calor se forman canales y los orificios de las esquinas están dispuestos de manera que los dos líquidos circulen por canales alternos.

El calor se transfiere por la placa entre los canales. Para incrementar la eficiencia al máximo se genera un flujo en contracorriente. La corrugación de las placas provoca un flujo en torbellino que aumenta la eficiencia de intercambio térmico y protege la placa contra la presión diferencial.

<sup>5</sup><http://www.rybsa.com.mx/pdf/ALFA%20LAVAL/M3%20ES.pdf>

FIGURA 2.7  
INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS



Fuente: página web  
<http://www.rybsa.com.mx/pdf/ALFA%20LAVAL/M3%20ES.pdf>

### 2.2.3. Equipos auxiliares

#### Manómetro<sup>6</sup>

Un manómetro es un instrumento de medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor, presión manométrica. A este tipo de manómetros se les conoce también como "Manómetros de Presión". Lo que realmente hacen es comparar la presión atmosférica (la de fuera, la atmósfera) con la de

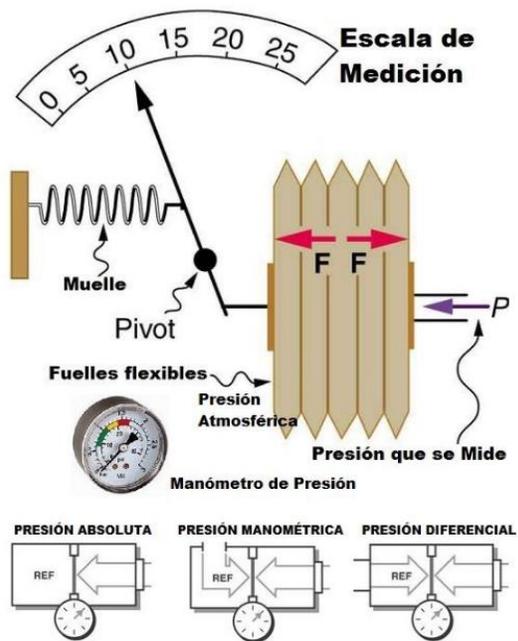
dentro del circuito por donde circula el fluido. Por eso se dice que los manómetros miden la presión relativa.

La presión manométrica es la presión relativa a la presión atmosférica.

La presión manométrica es positiva para presiones por encima de la presión atmosférica, y negativa para presiones por debajo de ella. La

presión absoluta es la suma de presión manométrica y presión atmosférica.

FIGURA 2.8  
MANÓMETRO



Fuente: página web

<http://www.rybsa.com.mx/pdf/ALFA%20LAVAL/M3%20ES.pdf>

<sup>6</sup> <http://www.areatecnologia.com/herramientas/manometro.html>

## Termómetro

Instrumento que sirve para medir la temperatura.

FIGURA 2.9  
TERMÓMETRO



Fuente: página web <https://www.todocoleccion.net/antiguedades-tecnicas/termometro-caldera-o-maquina-x46639490>

## Trampas de vapor<sup>7</sup>

Las trampas de vapor son un tipo de válvula automática que filtra el condensado (es decir vapor condensado) y gases no condensables como lo es el aire esto sin dejar escapar al vapor. En la industria, el vapor es regularmente usado para calentamiento o como fuerza motriz para un poder mecánico. Las trampas de vapor son usadas en tales aplicaciones para asegurar que no se desperdicie el vapor.

El vapor se forma cuando el agua es evaporada para formar un gas. Para que el proceso de evaporación se produzca, las moléculas de agua deben recibir suficiente energía de tal manera que las uniones

entre las moléculas (uniones de hidrogeno, etc.) se rompan. Esta energía que se da para convertir un líquido a gas recibe el nombre de "calor latente".

Los procesos basados en el calentamiento utilizan el calor latente y lo transfieren al producto. Cuando se realiza este trabajo (es decir el vapor ha cedido su calor latente), el vapor se condensa y se convierte en condensado. En otras palabras, el condensado no tiene la habilidad de hacer el trabajo que el vapor realiza. Por lo tanto, la eficiencia de calentamiento se ve afectada si el condensado no es removido propia y rápidamente como sea posible, ya sea en una tubería para transportar el vapor o en un intercambiador de calor.

FIGURA 2.10

TRAMPAS DE VAPOR



Fuente: página web <http://www.artefactosindustriales.com/?portfolio=valvulas-angulares-y-trampas-para-vapor>

<sup>7</sup><https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-a-steam-trap.html>

### **Trampas Termodinámicas<sup>8</sup>**

Las trampas de vapor termodinámicas operan de forma cíclica (abierta / cerrada) utilizando las propiedades termodinámicas del vapor flash a medida que fluye a través de la trampa. El disco es la única parte móvil de estas trampas, permite el paso de condensado y se cierra herméticamente ante la presencia de vapor.

Estas trampas tienen un diseño resistente y se utilizan como trampas de goteo en la red de vapor y en las líneas de suministro. Su sólida construcción y su única parte móvil las hacen resistentes al golpe de ariete. Las trampas termodinámicas solamente descargan pequeñas cantidades de aire, por lo tanto, no son muy utilizadas en aplicaciones de proceso.

### **Trampas de Balde Invertido<sup>8</sup>**

La trampa de balde invertido usa un balde como dispositivo flotador conectado mediante una articulación al tapón de la válvula. La variación de densidades entre el vapor y el condensado son utilizadas para crear una fuerza de flotación sobre el balde para abrir y cerrar la válvula. Estas trampas son usadas principalmente en aplicaciones de goteo en líneas principales de suministro de vapor. Estas trampas por lo general no son utilizadas en aplicaciones de procesos debido a su pobre capacidad de manejo de aire. Las trampas de balde invertido

son extremadamente robustas, resistentes al golpe de ariete y a la suciedad que pueda estar presente en el sistema.

### **Trampas de Flotador<sup>8</sup>**

La trampa de flotador se utiliza un flotador conectado mediante una articulación al tapón de la válvula para descargar el condensado del sistema. Adicionalmente, contienen un venteo termostático de aire para permitir la descarga del sistema. Por esta razón, estas trampas tienen una excelente capacidad para remover el aire, lo cual es ventajoso durante el arranque cuando grandes cantidades de aire están presentes en el sistema.

Las trampas de vapor de flotador y termostáticas son por lo general la principal selección para el drenaje de equipos de transferencia de calor en los procesos.

### **Trampas Bimetálicas<sup>8</sup>**

Las trampas de vapor bimetálicas operan bajo el principio de la expansión térmica de los metales. Dos metales diferentes se juntan en una serie de discos que al calentarse se dilatan proporcionando el movimiento para cerrar la válvula. Estas trampas son usadas principalmente en venas de calentamiento con vapor debido a su capacidad para ajustar la temperatura de descarga del condensado, lo

cual puede ser deseable en ciertas aplicaciones de calentamiento. Cuando están presentes el aire y el condensado, la trampa bimetalica permanece abierta mientras son descargados del sistema. Cuando el vapor llega a la trampa, los discos se dilatan y empujan el tapón sobre el asiento. La temperatura a la cual se cierra la válvula se puede ajustar girando un tornillo de ajuste situado en la parte superior de la trampa.

### **Válvulas**

Una válvula es un elemento que gradúa o detiene el paso de un fluido por el interior de una tubería.

### **Válvula de bola**

Son utilizadas para regular el flujo, así como para detenerlo totalmente.

FIGURA 2.11

VÁLVULA DE BOLA



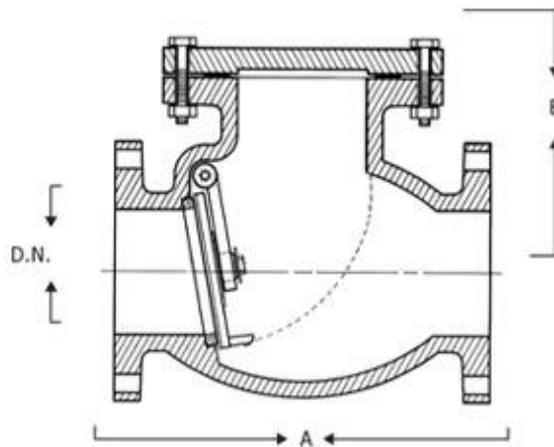
Fuente: página web <http://www.spiraxsarco.com/global/es/Products/Pages/ball-valves.aspx>

<sup>8</sup>[http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/337/LuisAlfonso\\_Tesis\\_titulo profesional\\_2014.pdf?sequence=3](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/337/LuisAlfonso_Tesis_titulo profesional_2014.pdf?sequence=3)

### Válvula de retención

Son utilizadas para dejar pasar el flujo en una dirección, el cual mantiene abierta la válvula. Cuando el flujo tiende a ir en dirección contraria, ella se cierra impidiéndole el paso.

FIGURA 2.12  
VÁLVULA DE RETENCIÓN



Fuente: página web <http://chicarrillo.blogspot.pe/2011/09/valvula-check.html>

### Válvula reguladora de presión<sup>9</sup>

La válvula reguladora y reductora presión es un dispositivo automático, actuado mediante los cambios de presión de flujo descendente, cualquier incremento en la presión de flujo descendente que este arriba del punto al que se ha ajustado la válvula debido a la disminución de demanda del fluido, forzará al diafragma hacia arriba y vencerá la resistencia del resorte, permitiendo entonces el cierre de la válvula. Cualquier disminución en la presión del flujo descendente causada por

un incremento en la demanda del fluido, permitirá al resorte abrir la válvula.

FIGURA 2.13  
VÁLVULA REGULADORA DE PRESION



Fuente: página web

<http://www.serranoindustrial.com/productos.asp?paginaactual=1&SUBFAMILIA=VALVULAS%20REGULADORAS&REGISTRO=2&ARTICULO=148>

<sup>9</sup><http://www.trevisa.com.mx/100+pdf/PDF2valvulas/Seguridad%20y%20Alivio.pdf>

### **Válvula de globo**

Se utilizan para regular el flujo bajando la presión del mismo. Se acciona con un tornillo helicoidal que avanza con varias vueltas de la mariposa.

FIGURA 2.14

VÁLVULA DE GLOBO



Fuente: página web <http://www.directindustry.es/prod/rego-europe/product-28032-151972.html>

### **Válvula de compuerta**

Son usadas para detener un flujo completamente. Funcionan totalmente abiertas o totalmente cerradas. Se accionan por medio de

un tornillo helicoidal que le proporciona avance en múltiples vueltas de la mariposa.

FIGURA 2.15  
VÁLVULA DE COMPUERTA



Fuente: página web <https://minpromex.com/producto/valvula-de-compuerta/>

### **Válvula de seguridad<sup>10</sup>**

Impiden que se acumulen presiones peligrosas en la caldera, abriéndose para dejar escapar el vapor y reduciendo automáticamente la presión interna. Toda caldera está equipada con al menos dos de ellas, la segunda válvula se fija a una presión más alta que la primera (3%) y solo entra en acción cuando ésta, calibrada al 10% más que la presión de trabajo, no libera la presión acumulada a una velocidad tal que evite una elevación de ella.

Estas válvulas se presentan como "Unidades Selladas que nunca deben ser reparadas ni ajustadas" y para garantizar esta condición los fabricantes acostumbran colocarles un sello de plomo, el cual una vez roto constituye un indicativo de que la válvula fue reparada. Consta de un resorte, una palanca de acción manual, un asiento, disco y mecanismos de graduación.

FIGURA 2.16  
VÁLVULA DE SEGURIDAD



Fuente: página web <http://www.bvalve.es/productos/valvulas-de-seguridad/>

<sup>10</sup>[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0542\\_M.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0542_M.pdf)

## Válvula solenoide

Son llaves de paso (con una parte mecánica y una parte eléctrica) que permiten controlar su acción de "abrir" y "cerrar" por medio de señales eléctricas. Los parámetros eléctricos y mecánicos que se deben considerar son voltaje, frecuencia, presión de trabajo, diámetro de la conexión y el tipo de fluido.

FIGURA 2.17

VÁLVULA SOLENOIDE



Fuente: página web <https://listado.mercadolibre.com.mx/valvula-solenoides-para-gas>

## Tuberías y conexiones

### Tubo

Es un conducto que tiene por función transportar fluidos de un lugar a otro.

FIGURA 2.18  
TUBO DE ACERO



Fuente: página web <https://www.vidri.com.sv/producto/37405/Tubo-de-acero-al-carb%C3%B3n-1-2-PULGADASx6m.html>

### Codo<sup>11</sup>

Son considerados como un accesorio que se instala entre las dos longitudes de un tubo para permitir un cambio de dirección.

Los codos de tuberías generalmente cuentan con un grado de dirección, los cuales pueden ser: 45°, 60° y 90°.

<sup>11</sup><https://www.quiminet.com/articulos/conozca-la-funcion-principal-de-los-codos-para-tuberias-2688752.htm>

FIGURA 2.19  
CODO DE ACERO



Fuente: página web <https://www.grainger.com.mx/producto/GRAINGER-APPROVED-Codo-de-90-grados%2C1-pulg-%2CAcero-Inox-304/p/2UA59>

### **Reductor**

Accesorio que une dos tubos de diferente diámetro en dirección del flujo.

FIGURA 2.20  
REDUCCIÓN DE ACERO



Fuente: página web <https://es.sun-inox.com/conexiones/soldables/reducciones-concentricas-y-excentricas/>

## **Tes**

Accesorio que une tres tuberías de mismos diámetros o diferentes según diseño.

FIGURA 2.21

TE DE ACERO



Fuente: página web <http://catalogo.serviail.cl/detalle/p-676/Union-en-Te-Acero-Inoxidable-38-A316>

## **Filtro**

Accesorio que retiene partículas de material solidas que vienen suspendidas en el vapor o condensado evitando su acumulación en otros accesorios o equipos.

FIGURA 2.22  
FILTRO DE ACERO



Fuente: página web <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/filtro-acero-inoxidable-218494.html>

## Junta

Una junta es un accesorio que permite desplazamientos relativos entre sus extremos si entrar en deformaciones.

FIGURA 2.23  
JUNTA DE ACERO



Fuente: página web <http://www.aquamarket.com/productos/productos.asp?producto=17895>

## Niples y uniones

Son accesorios que sirven para enlazar dos tuberías del mismo diámetro, pueden ser roscadas o soldadas.

FIGURA 2.24

UNION DE ACERO



Fuente: página web <http://www.jnaceros.com.pe/blog/wp-content/uploads/union-acero-inoxidable.gif>

## Tapones

Son accesorios que impiden el paso del fluido hacia una dirección no deseada.

FIGURA 2.25

TAPONES DE ACERO



Fuente: página web <http://thsteelpipe.es/8-5-pipe-cap-es/122412>

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. Conceptos termodinámicos**

#### **Vapor de agua<sup>12</sup>**

El vapor de agua es el gas formado cuando el agua pasa de un estado líquido a uno gaseoso. A un nivel molecular esto es cuando las moléculas de H<sub>2</sub>O logran liberarse de las uniones que las mantienen juntas.

En el agua líquida, las moléculas de H<sub>2</sub>O están siendo unidas y separadas constantemente. Sin embargo, al calentar las moléculas de agua, las uniones que conectan a las moléculas comienzan a romperse más rápido de lo que pueden formarse. Eventualmente, cuando suficiente calor es suministrado, algunas moléculas se romperán libremente. Estas moléculas "libres" forman el gas transparente que nosotros conocemos como vapor, o más específico vapor seco.

En industrias usuarias de vapor, existen dos términos para el vapor los cuales son, vapor seco (aplica a vapor cuando todas sus moléculas permanecen en estado gaseoso) y vapor húmedo (aplica cuando una porción de sus moléculas de agua ha cedido su energía y el condensado forma pequeñas gotas de agua)

El vapor es mayormente conocido por sus aplicaciones en calentamiento, fungiendo tanto como fuente directa e indirecta de calor.

### Calentamiento directo de vapor

El método de calentamiento directo de vapor se refiere al proceso en el cual el vapor está en contacto directo con el producto que está siendo calentado.

### Calentamiento indirecto de vapor

El calentamiento indirecto de vapor se refiere a los procesos en donde el vapor no entra en contacto directo con el producto a calentar. Es ampliamente utilizado en la industria ya que provee un calentamiento rápido y parejo. Este método generalmente utiliza un intercambiador de calor para calentar el producto.

La ventaja que ofrece este método sobre el calentamiento directo de vapor es que las gotas de agua formadas durante el calentamiento no afectaran al producto. Por lo tanto, el vapor puede ser usado en una variedad de aplicaciones tales como secado, derretimiento, hervimiento etc.

### **Tipos de vapor en la industria**

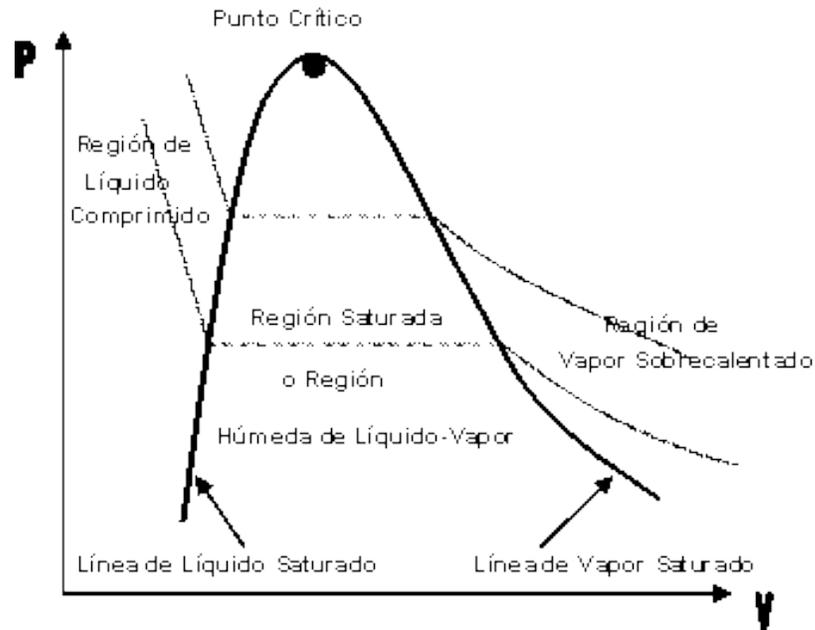
- Vapor saturado: el vapor saturado se presenta a presiones y temperaturas en las cuales el vapor (gas) y el agua (liquido) pueden coexistir juntos. En otras palabras, esto ocurre cuando el rango de vaporización del agua es igual al rango de condensación.

- Vapor húmedo: Esta es la forma más común de vapor que se pueda experimentar en plantas. Cuando el vapor se genera utilizando una caldera, generalmente contiene humedad proveniente de las partículas de agua no vaporizadas las cuales son arrastradas hacia las líneas de distribución de vapor. Incluso las mejores calderas pueden descargar vapor conteniendo de un 3% a un 5% de humedad. Al momento en el que el agua se aproxima a un estado de saturación y comienza a evaporarse, normalmente, una pequeña porción de agua generalmente en la forma de gotas es arrastrada en el flujo de vapor y arrastrada a los puntos de distribución. Este es uno de los puntos claves del porque la separación es usada para remover el condensado de la línea de distribución.
- Vapor sobrecalentado: El vapor sobrecalentado se crea por el sobrecalentamiento del vapor saturado o húmedo para alcanzar un punto mayor al de saturación. Esto quiere decir que es un vapor que contiene mayor temperatura y menor densidad que el vapor saturado en una misma presión. El vapor sobrecalentado es usado principalmente para el movimiento-impulso de aplicaciones como lo son las turbinas, y normalmente no es usado para las aplicaciones de transferencia de calor

- Vapor flash: El vapor flash se genera debido a que el punto de saturación del agua varía de acuerdo a la presión. Por ejemplo, el punto de saturación del agua a presión atmosférica es de 100 °C (212 °F), pero a 1.0 MPaG (145 psig) es de 184°C (323 °F). Así que, ¿qué ocurre cuando el condensado que se mantiene bajo presión a 184 °C (363 °F) se libera a la atmosfera? El condensado contiene demasiada energía (entalpía) para permanecer solamente como líquido, por lo que una porción del condensado se evapora, ocasionando que la temperatura del condensado restante se reduzca a una presión de saturación (Ej., 100°C o 212 °F si es descargado a la atmosfera). Este fenómeno se conoce como evaporación flash. En otras palabras, cuando el condensado caliente es descargado a una presión menor, su entalpía (energía total) permanece constante, pero su punto de saturación (la temperatura a la cual el condensado puede existir tanto en estado líquido como gaseoso). Para compensar la cantidad excesiva de energía, parte de las moléculas del agua absorben el exceso de energía como calor latente y se evaporan en forma de vapor.

<sup>12</sup><https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>

FIGURA 2.26  
DIAGRAMA P-V DEL AGUA



Fuente: página web [http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F\\_DE\\_T-65.htm](http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-65.htm)

### Combustible

El combustible es toda sustancia natural o artificial en estado líquido, gaseoso o sólido que combinada con el oxígeno produce una reacción desprendiendo calor.

### Poder calorífico

Es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico, de combustible al oxidarse en forma completa. (Kcal/Kg); (Kcal/m<sup>3</sup>); (BTU/lb); (BTU/pe<sup>3</sup>).

El poder calorífico de un combustible puede ser de dos formas.

- Poder calorífico superior: El poder calorífico superior se define suponiendo que todos los elementos de la combustión (combustible y aire) son tomados a 0°C y los productos (gases de combustión) son llevados también a 0°C después de la combustión, por lo que el vapor de agua se encontrara totalmente condensado (vapor de agua que proviene de la humedad propia del combustible y el agua formada por la combustión del hidrogeno del combustible).
- Poder calorífico inferior: El vapor calorífico inferior considera que el vapor de agua contenido en los gases de la combustión no condensa. Por lo tanto no hay aporte adicional de calor por condensación del vapor de agua.

TABLA 2.1  
INDICADOR DE COMBUSTIBLE

COMBUSTIBLE	BTU/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /MM BTU	Soles/m <sup>3</sup>	US\$/m <sup>3</sup>	US\$/MMBTU
Gas Natural	35310	28.32	0.56	0.2	5.66

Fuente: Elaboración propia

### **Sólidos totales en suspensión (TSD)<sup>13</sup>**

El total de sólidos disueltos en la caldera (TSD) es uno de los parámetros utilizados para controlar el programa de tratamiento de agua. Con el agua de repuesto, continuamente se están añadiendo sólidos disueltos al agua de la caldera; éstos no son evaporados junto con el vapor y, como resultado de esto, los sólidos totales en suspensión aumentan entre más vapor se genera. El nivel de concentración de estos sólidos (TSD) es determinado por la cantidad de estas sales, que son eliminadas por la purga de la caldera; por esto, el control del nivel de TSD es crítico para la operación de la caldera. Si se reduce la purga de caldera, se tendrá una mejor eficiencia, pero el nivel de TSD aumentará y afectará su operación.

<sup>13</sup>[http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/337/LuisAlfonso\\_Tesis\\_tituloprofesional\\_2014.pdf?sequence=3](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/337/LuisAlfonso_Tesis_tituloprofesional_2014.pdf?sequence=3)

### 2.3.2. Evaluación de la eficiencia térmica de la caldera

Se establecen dos métodos para determinar la eficiencia.

#### Evaluación de la eficiencia por método directo

La evaluación de la eficiencia de las calderas por el método directo también es conocida como el Método de Entrada - Salida de la caldera debido al hecho que esto necesita sólo la salida útil (el vapor) y la entrada o suministro de calor a través de una fuente de energía primaria por ejemplo el combustible.

Esta eficiencia puede ser evaluada usando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\text{Energía o Potencia calorífica util}}{\text{Energía o Potencia calorífica suministrada}} (100\%) \dots \dots (2.1)$$

$$n = \frac{\dot{m}_v(h_g - h_f)}{\dot{m}_c * PC} (100\%) \dots \dots (2.2)$$

Donde:

$n$  = Eficiencia térmica

$h_g$  = Entalpia de vapor a presión del caldero

$h_f$  = Entalpia liquida a temperatura ingreso de agua de alimentación

$\dot{m}_v$  = Flujo de vapor

$\dot{m}_c$  = Flujo de combustible

$PC$  = Poder calorífico

## Evaluación de la eficiencia por método indirecto

Conocido como método de las pérdidas de calor, determina la eficiencia de la caldera restando las pérdidas de calor a una eficiencia ideal de 100%. El presente método se encuentra basado según la norma técnica peruana NTP 350.300.2008 “Procedimiento para la determinación de la eficiencia térmica de calderas industriales”, de donde se han extraído las ecuaciones que se detallan a continuación.

La eficiencia de una caldera por el método indirecto se determina así:

$$n = 100 - \sum_{i=1}^n P_i(100\%) \dots \dots (2.3)$$

Donde:

$\sum_{i=1}^n P_i$  = Sumatoria de las pérdidas totales de una caldera

Las pérdidas de calor que ocurren en una caldera son las siguientes:

### **Pérdida por entalpía de gases de escape seco (P1)**

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

$$P_1 = k * \left( \frac{T_g - T_a}{CO_2} \right) \dots \dots (2.4)$$

Donde:

$k$  = Constante de Siegert para el combustible

$T_g$  = Temperatura de los gases de la combustión

$T_a$  = Temperatura ambiental

$CO_2$  = % de  $CO_2$  en los gases de la combustión

### **Pérdida por entalpía de vapor de agua en gases (P2)**

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

$$P_2 = \frac{((H_2O) + 9(H)) * (2488 - 4.2(T_a) + 2.1(T_g))}{PCS} \dots \dots (2.5)$$

Donde:

$H_2O$  = % de Agua en los gases de la combustión

$H$  = % de Hidrogeno en los gases de la combustión

$PCS$  = Poder calorífico Superior del Combustible

### **Pérdida por inquemados gaseosos (P3):**

Es la pérdida porcentual de calor debida a los inquemados gaseosos.

$$P_3 = k_1 * \left( \frac{CO}{CO_2 + CO} \right) \dots \dots (2.6)$$

Donde:

$CO$  = % de Monóxido de Carbono en los gases de la combustión

$k_1$  = Constante de inquemados del combustible

### **Pérdida por inquemados sólidos (P4):**

Es la pérdida porcentual de calor debida a los inquemados sólidos, se calcula mediante:

$$P_4 = 0.4(B^2) + 0.8(B) + 0.07 \dots \dots (2.7)$$

Donde:

$B$ = Índice de Bacharach, (opacidad de los gases)

**Pérdida por convección (P5):**

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

$$P_5 = 80 * \left( \frac{Q_{p5}}{Q_c} \right) \dots \dots (2.8)$$

$$Q_{p5} = h_{cf}(A_f)(T_{sf} - T_a) + h_{cg}(A_g)(T_{sg} - T_a) \dots \dots (2.9)$$

$$h_{cf} = 1.973 * 10^{-3} (T_{sf} - T_a)^{0.25} (2.857 * v + 1)^{0.5} \dots \dots (2.10)$$

$$h_{cg} = 1.973 * 10^{-3} (T_{sg} - T_a)^{0.25} (2.857 * v + 1)^{0.5} \dots \dots (2.11)$$

$$W_c = 9.81 * BHP \dots \dots (2.12)$$

Donde:

$T_{sf}$ = Temperatura exterior de la caldera, lado del fluido. Se asume la temperatura exterior del tambor o cilindro de la caldera

$T_{sg}$ = Temperatura exterior de la caldera, lado de los gases. Se asume la temperatura exterior de la chimenea

$A_f$ = Superficie exterior que cubre al fluido

$A_g$ = Superficie exterior que cubre los gases de la combustión

$v$ = Velocidad del viento que fluye por el exterior del caldero

### **Pérdida por radiación (P6):**

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

$$P_6 = 80 * \left( \frac{Q_{p6}}{Q_c} \right) \dots \dots (2.13)$$

$$Q_{p6} = (q_{rf} * A_f) + (q_{rg} * A_g) \dots \dots (2.14)$$

$$q_{rf} = 5.763 * 10^{-11} * e * \left( (T_{sf} + 273)^4 - (T_a + 273)^4 \right) \dots \dots (2.15)$$

$$q_{rg} = 5.763 * 10^{-11} * e * \left( (T_{sg} + 273)^4 - (T_a + 273)^4 \right) \dots \dots (2.16)$$

Donde:

$e$  = Emisividad del material que cubre a la caldera

### **2.3.3. Recuperación de calor de purgas de calderas**

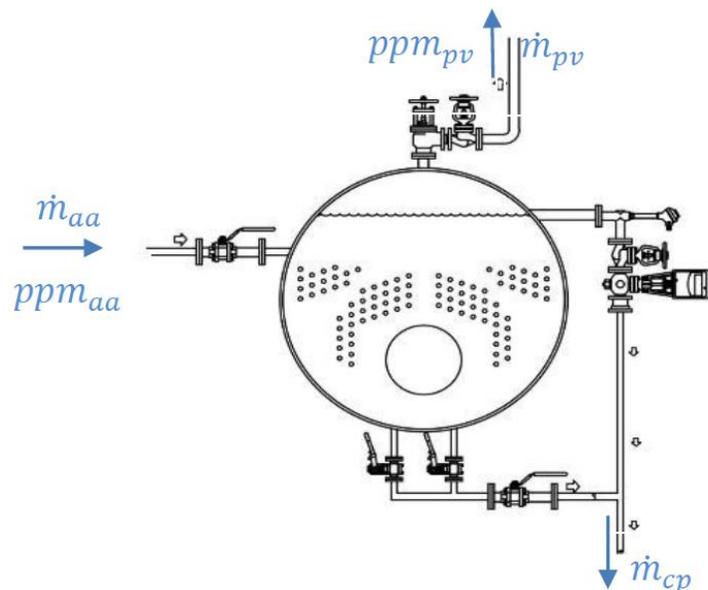
#### **Sistema de recuperación de condensado<sup>14</sup>**

Las calderas de vapor necesitan realizar purgas para controlar el nivel de los sólidos disueltos totales (TDS) en el agua. Un sistema de control de TDS, consiste en aperturar una válvula para purgar la caldera cuando el nivel de TDS rebase el límite establecido. Se pueden malgastar grandes cantidades de energía si la purga de fondo es utilizada para controlar los niveles de TDS sin el control adecuado. El condensado de las purgas de calderas puede aprovecharse en fase

líquida o en fase de vapor “Vapor Flash”. Incluso su calor puede utilizarse en otras fases del proceso, diferentes al de calentar el agua de alimentación. Por lo tanto, su reutilización es un importante ahorro económico en cuanto al tratamiento de agua. Para condensados contaminados, es inevitable su recuperación al depósito de alimentación de calderas, pero se puede recuperar su calor mediante cualquier sistema de intercambio térmico.

FIGURA 2.27

PRINCIPIO DE ALIMENTACION Y DESCARGA DE CALDERA PIROTUBULAR



Fuente: página web

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2564/TESIS%20%202017.pdf?sequence=1>

Podemos determinar el flujo másico de condensado de purgas, mediante la siguiente ecuación:

$$m_{cp} = \frac{ppm_{aa} * m_{pv}}{ppm_{pv} - ppm_{aa}} \dots \dots (2.17)$$

Donde:

$m_{cp}$  = Flujo másico de condensado de purgas

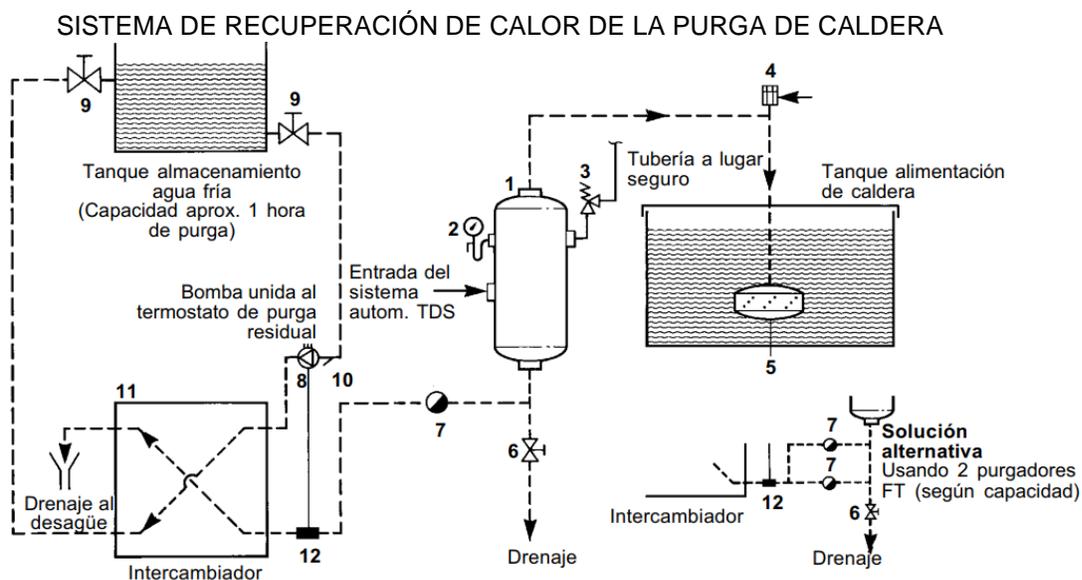
$m_{pv}$  = Flujo másico de producción de vapor

$ppm_{aa}$  = STD agua de alimentación

$ppm_{pv}$  = STD concentrado en la caldera

El sistema de recuperación de calor está diseñado para recuperar las pérdidas de calor y un porcentaje del agua contenida en las purgas de la caldera. El agua de la caldera a temperatura de saturación es purgada de la caldera a través de una válvula al tanque flash. Una proporción del agua de purga revaporizará a la presión reducida. El tanque flash permite separar el revaporizado e introducirlo directamente en el tanque de alimentación a través de un distribuidor. El condensado residual del tanque flash, pasa a través de un purgador de boya y a través del intercambiador de placas, donde el calor sensible es usado para calentar el agua fría tratada del tanque de almacenamiento. La bomba de circulación es controlada con un termostato instalado a la entrada del condensado de purga al intercambiador de calor, para controlar la eficiencia energética óptima, activando la circulación sólo cuando hay calor a recuperar.

FIGURA 2.28



Fuente: página web

[http://www.spiraxsarco.com/global/cl/Products/Documents/Sistema\\_de\\_recuperaci%C3%B3n\\_de\\_calor\\_de\\_la\\_purga\\_de\\_ca-Hoja\\_T%C3%A9cnica.pdf](http://www.spiraxsarco.com/global/cl/Products/Documents/Sistema_de_recuperaci%C3%B3n_de_calor_de_la_purga_de_ca-Hoja_T%C3%A9cnica.pdf)

## Consecuencias por defecto de purgas<sup>15</sup>

### Total de solidos disueltos muy alto

- Corrosión de los metales de la caldera.
- Se produce espumado y acarreo.
- Se alteran las trayectorias de ebullición en los tubos y se provoca depósitos.

<sup>14</sup><http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2564/TESIS%20%202017.pdf?sequence=1>

### **Alta cantidad de sólidos en suspensión y lodos**

- Los sólidos se depositan y endurecen (incrustación) sobre las superficies de transferencia de calor, causando la pérdida de eficiencia.
- Se alteran las características de la ebullición
- Se ensucian las características de la ebullición
- Se ensucian internamente las calderas, lo que implica un alto costo por limpieza y mayor tiempo de paro de equipo.
- Se absorben ciertos compuestos químicos, como el  $\text{PO}_4$ , que derivan en incrustaciones y pérdida de eficiencia.

### **Alta dureza y niveles de sales**

- Incrustación y pérdida de eficiencia.

### **Muy alta alcalinidad**

- Incrustación y pérdida de eficiencia.

<sup>15</sup>[http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/337/LuisAlfonso\\_Tesis\\_titulo profesional\\_2014.pdf?sequence=3](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/337/LuisAlfonso_Tesis_titulo profesional_2014.pdf?sequence=3)

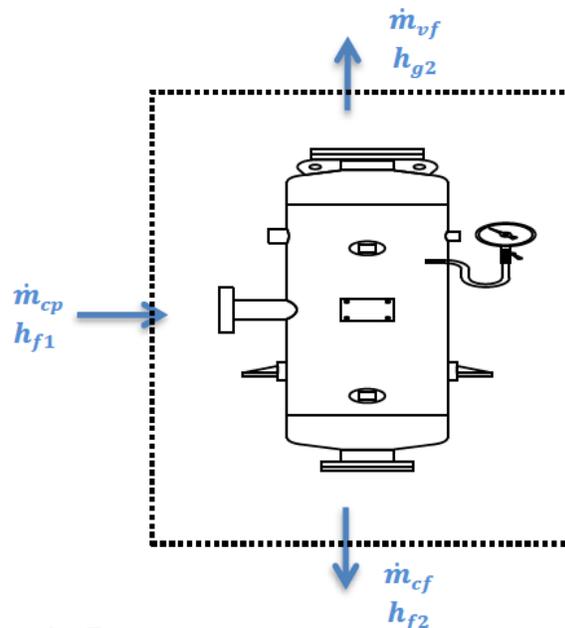
## Generación de vapor flash<sup>16</sup>

El vapor flash se produce siempre que un condensado a alta presión (y una temperatura mayor que la de saturación del líquido a baja presión) sea descargado a una presión menor.

El vapor liberado en el proceso realizado en el tanque flash es tan útil como el vapor liberado de una caldera de vapor. Debido a que ambos tipos de vapor se producen en la caldera, es imposible diferenciar entre ellos.

FIGURA 2.29

BALANCE DE ENERGÍA DEL TANQUE FLASH



Fuente: página web

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2564/TESIS%20%202017.pdf?sequence=1>

Aplicando un balance de energía y masa en un sistema cerrado según como se muestra, tenemos las siguientes ecuaciones:

$$\dot{m}_{cp} = \dot{m}_{vf} + \dot{m}_{cf} \dots \dots (2.18)$$

$$\dot{m}_{cp} * h_{f1} = \dot{m}_{vf} * h_{g2} + \dot{m}_{cf} * h_{f2} \dots \dots (2.19)$$

Donde:

$\dot{m}_{cp}$ = Flujo másico condensado de purgas de caldera.

$\dot{m}_{vf}$ = Flujo másico de vapor flash generado

$\dot{m}_{cf}$ = Flujo másico de condensado de tanque flash

$h_{f1}$ = Entalpía del condensado de purgas

$h_{g2}$ = Entalpía del vapor flash generado

$h_{f2}$ = Entalpía del condensado de tanque flash

<sup>16</sup>[http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/337/LuisAlfonso\\_Tesis\\_tituloprofesional\\_2014.pdf?sequence=3](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/337/LuisAlfonso_Tesis_tituloprofesional_2014.pdf?sequence=3)

### 2.3.4. Evaluación de un proyecto de inversión

Indicadores para evaluación de proyectos de inversión considerando valor del dinero en el tiempo.

#### Valor anual neto (van)

El valor actual neto, cuyo acrónimo es VAN, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual, todos los flujos de caja futuros den determinar la equivalencia en el tiempo 0 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 del producto entre el coste medio ponderado de capital y la tasa de inflación del periodo. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} \dots \dots \dots (2.20)$$

$V_t$  = flujos de caja en cada periodo t.

$I_0$  = desembolso inicial de la inversión.

$n$  = número de períodos considerado.

$k$ ,  $d$  o TIR es el tipo de interés.

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.

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

$VAN = 0$  La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas.

Puede considerarse también la interpretación del VAN, en función de la creación de valor para la empresa:

- Si el VAN de un proyecto es positivo, el proyecto crea valor.
  
- Si el VAN de un proyecto es negativo, el proyecto destruye valor.
  
- Si el VAN de un proyecto es cero, el proyecto no crea ni destruye valor.

### **Tasa interna de retorno (TIR)**

La tasa interna de una inversión es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para "reinvertir". En términos simples, diversos autores la conceptualizan como la tasa de descuento con la que el valor actual neto o valor presente neto (VAN) es igual a cero.

La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto - expresada por la TIR- supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} = 0 \dots \dots \dots (2.21)$$

El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

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

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

### **Payback**

Denominado periodo medio de recuperación, es uno de los llamados métodos de selección estáticos. Se trata de una técnica que tienen las empresas para hacerse una idea aproximada del tiempo que tardarán en recuperar el desembolso inicial invertido en el proceso productivo; es decir, el número de días que normalmente los elementos de circulante completen una vuelta o ciclo de explotación.

Periodo medio de aprovisionamiento: representa el número de días que generalmente la primera materia se encuentra en el almacén a la espera de ser utilizada.

Periodo medio de fabricación: Es el número de días que normalmente se emplea para fabricar los productos.

Periodo medio de venta: Es el número de días que normalmente se utiliza para vender los productos una vez fabricados.

Periodo medio de cobro: Es el número de días que generalmente se utiliza para cobrar las facturas al cliente.

Periodo medio de pago: Es el número de días en los que habitualmente tarda en pagar el cliente.

Para nuestra aplicación

$$\text{Pay back} = \frac{\text{INVERSION}}{\text{AHORRO ECONOMICO}} \dots \dots (2.22)$$

### **3. VARIABLES E HIPÓTESIS**

#### **3.1. Variables de investigación**

##### **3.1.1. Variable independiente**

El sistema de recuperación de condensado.

Actividades a realizar: Con los datos tomados en la planta se hizo un análisis en el sistema de recuperación de condensado, mediante cálculos de flujo másico y selección de equipos y así poder un diseño eficiente de recuperación de condensado.

##### **3.1.2. Variable dependiente**

Ahorro de energía térmica.

Con el ahorro de energía térmica se determinó el ahorro económico al implementar el diseño de recuperación de condensado.

#### **3.2. Operalización de las variables**

Las variables se extraen, ya sea de un concepto o una construcción hipotética, los cuales manifiestan un conocimiento de la realidad a un nivel general y abstracto.

En la tabla (3.1) se muestra la relación de las variables de la investigación.

TABLA 3.1

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIONES	DIMENSION	INDICADORES
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>			
Sistema de recuperación de condensado	Se determina la cantidad de retorno de condensado y se selecciona los equipos adecuados al sistema térmico.	Retorno de condensado Vapor flash Línea de condensado	Flujo másico de retorno de condensado Flujo de vapor flash
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>			
Ahorro energético de energía térmica	Se determina la viabilidad del proyecto.	Económico	TIR VAN Payback
	Se determina la cantidad de energía térmica y el coste por ahorro.	Energética	Energía térmica Costo de gas natural

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Hipótesis

#### 3.3.1. Hipótesis general

Si se diseña el sistema de recuperación de condensado entonces se generará un ahorro de energía térmica en las calderas en la empresa Laive.

#### 3.3.2. Hipótesis específica

H1.- Si se implementa una nueva línea en el sistema de recuperación de condensado, entonces se generará un ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive.

H2.- Si se recupera energía térmica entonces se generará un ahorro económico en la empresa Laive.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1. Tipo de investigación**

La presente tesis es una investigación del tipo tecnológico y de nivel aplicativo, según el autor Ciro Espinoza Montes del Libro Metodología de la investigación científica, ya que tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad con respecto al ahorro de energía térmica al recuperar condensado.

### **4.2. Diseño de la investigación**

La presente tesis es de Diseño no experimental según el autor Kirlenger ya que es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables, es decir no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

#### **4.2.1. Parámetros básicos de investigación:**

Se determinan los siguientes parámetros de investigación.

#### **Consideraciones de generación de vapor**

En tabla (4.1) se muestra las características de las calderas, tomadas en la empresa de lácteos.

TABLA 4.1

CARACTERISTICAS DE GENERACIÓN

			Caldera 1	Caldera 2
Marca		-	INTESA	INTESA
Potencia	W	BHP	900	900
Presión de Operación	Po	barg	9.5	9.5
Temperatura de retorno de condensado	Trc	°C	86.9	86.9
Temperatura de agua de reposición	Tr	°C	26	26
Temperatura agua de ingreso al caldero	Te	°C	73.4	73.4
Poder calorífico del combustible	PC	BTU/m3	35310	35310
Concentración de ingreso al caldero	STD	ppm	350	350
Concentración dentro del caldero	STD	ppm	2500	4000
Eficiencia	n	%	85	85

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Etapas de la investigación

En la presente investigación tecnológica aplicada se plantea las siguientes etapas:

1. Metodología de cálculo y determinación de parámetros de condensado y combustible.
2. Determinación de ahorro de energía.
3. Determinación de ahorro de agua tratada.

4. Diseño de sistema de recuperación de condensado
5. Determinación de ahorro económico.
6. Evolución económica por el diseño de un sistema de recuperación de condensado para ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa de lácteos.
7. Evaluación del proyecto de inversión mediante indicadores económicos.

#### **4.2.3. Etapas de la investigación**

En la presente investigación tecnológica aplicada se plantea las siguientes etapas:

##### **1. Metodología de cálculo y determinación de parámetros de condensado y combustible.**

###### **. Determinación del consumo de combustible:**

De la tabla (4.4) se obtiene el flujo máximo, medio y mínimo de consumo de combustible.

TABLA 4.2

RANGOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Flujo		Consumo
Flujo máximo	m <sup>3</sup> / hr	990.67
Flujo medio	m <sup>3</sup> / hr	539.25
Flujo mínimo	m <sup>3</sup> / hr	274.01

Fuente: Elaboración propia

### . Determinación de la producción real de vapor:

Se calcula los consumos reales de vapor por consumo de combustible, se determina despejando la formula (2.2):

$$m_{v real} = \frac{n * \dot{m}_c * PC}{h_g - h_f}$$

Donde:

$\dot{m}_v$ = Flujo másico de producción de vapor (kg/Hr)

$n$ = 85%, Eficiencia de caldera brindada por la empresa.

$\dot{m}_c$ = Consumo de combustible por cada flujo (m3/hr)

$PC$ = 35310 BTU/m3, Poder calorífico del gas natural. (Tabla 2.1)

$h_g$ = 2778.1 kJ/kg, evaluado como vapor saturado a 9.5barg.

$h_f$ =307.226 kJ/kg, evaluado como liquido saturado a 73.4°C

$$m_{v real, flujo máximo} = \frac{0.85 * 990.67 * 35310 * 1.055}{2778.1 - 307.226} = 12695.43 \text{ kg/hr}$$

$$m_{v real, flujo medio} = \frac{0.85 * 539.25 * 35310 * 1.055}{2778.1 - 307.226} = 6910.49 \text{ kg/hr}$$

$$m_{v real, flujo mínimo} = \frac{0.85 * 274.01 * 35310 * 1.055}{2778.1 - 307.226} = 3511.44 \text{ kg/hr}$$

### . Determinación de consumo máximo de vapor:

Datos tomados en la empresa por áreas.

$$m_{v max} = m_{v max, Lacteos} + m_{v max, Cárnicos} + m_{v max, UHT} + m_{v max, Manjar}$$

Donde:

$m_{v \max, Lacteos}$ , flujo máximo de consumo de vapor en planta.

$m_{v \max, Lacteos} = 4856.3 \text{ kg/hr}$ , flujo máximo de vapor en área lácteos.

$m_{v \max, Cárnicos} = 1687.7 \text{ kg/hr}$ , flujo máximo de vapor en área cárnicos.

$m_{v \max, UHT} = 8763 \text{ kg/hr}$ , flujo máximo de vapor en área UHT.

$m_{v \max, Manjar} = 3630 \text{ kg/hr}$ , flujo máximo de vapor en área manjar.

$$m_{v \max} = 4856.3 + 1687.7 + 8763 + 3630$$

$$m_{v \max} = 18937 \text{ kg/hr}$$

#### . Determinación de factor de simultaneidad de planta:

Se calcula el factor de simultaneidad.

$$FS = \frac{m_{v \text{ real, flujo máximo}}}{m_{v \max}} \dots \dots (3.1)$$

Donde:

$m_{v \text{ real, flujo máximo}}$ , flujo real de vapor generado por las calderas.

$m_{v \max}$ , flujo máximo de consumo de vapor en planta.

$$FS = \frac{12695.43}{18937}$$

$$FS = 0.67$$

#### . Determinación de condensado de purgas:

El flujo másico de condensado de purgas generado por las 02 calderas se calcula mediante la ecuación (2.17):

$$\dot{m}_{cp} = \frac{ppm_{aa} * \dot{m}_{pv}}{ppm_{pv} - ppm_{aa}}$$

Donde:

$ppm_{aa}=350$  ppm, STD agua de alimentación (Tabla 4.1)

$ppm_{pv}=2500$  ppm, STD deseados en la caldera.

$\dot{m}_{pv}=\dot{m}_{v \text{ real, flujo máximo}}=12695.43$  kg/hr, Flujo másico de producción de vapor.

$\dot{m}_{cp}$ = Flujo másico de condensado de purgas.

$$\dot{m}_{cp} = \frac{350 * 12695.43}{2500 - 350}$$

$$\dot{m}_{cp} = 2066.69 \text{ kg/hr}$$

### . Determinación del vapor flash producido

El flujo másico de vapor liberado del tanque flash se calculó mediante las ecuaciones (2.18) y (2.19)

$$\dot{m}_{cp} = \dot{m}_{vf} + \dot{m}_{cf}$$

$$\dot{m}_{cp} * h_{f1} = \dot{m}_{vf} * h_{g2} + \dot{m}_{cf} * h_{f2}$$

$\dot{m}_{cp}=2066.69$  kg/hr, condensado de purgas de caldera.

$h_{f1}=762.81$  kJ/kg, evaluado como liquido saturado a 9.5barg.

$h_{g2}=2675.5$  kJ/kg, evaluado como vapor saturado a 1bar.

$h_{f2}=417.46$  kJ/kg, evaluado como liquido saturado a 1bar.

$\dot{m}_{vf}$ , flujo másico de vapor flash generado (kg/hr).

$m_{cf}$ , flujo másico de condensado de tanque flash (kg/hr).

Reemplazando la ecuación (2.18) en la ecuación (2.19), se obtiene:

$$\frac{\dot{m}_{vf}}{\dot{m}_{cp}} = \frac{(h_{f1} - h_{f2})}{(h_{g2} - h_{f2})}$$

$$\frac{\dot{m}_{vf}}{2066.69} = \frac{(762.81 - 417.46)}{(2675.5 - 417.46)}$$

$$\frac{\dot{m}_{vf}}{2066.69} = \frac{(762.81 - 417.46)}{(2675.5 - 417.46)}$$

$$\dot{m}_{vf} = 316.08 \text{ kg/hr}$$

$$\dot{m}_{cf} = 1750.60 \text{ kg/hr}$$

### . Determinación del retorno de condensado

Se determina la cantidad de condensado que se puede recuperar en la planta de lácteos.

$$\dot{m}_{t,rc} = \dot{m}_{t,rc} \text{ Lácteos} + \dot{m}_{t,rc} \text{ Carnicos} + \dot{m}_{t,rc} \text{ UHT} + \dot{m}_{t,rc} \text{ Manjar} \dots \dots (3.2)$$

Donde:

$\dot{m}_{t,rc}$ , flujo másico de retorno de condensado total en planta

$\dot{m}_{t,rc} \text{ Lácteos}$ , flujo másico de retorno de condensado en área lácteos

$\dot{m}_{t,rc} \text{ Carnicos}$ , flujo másico de retorno de condensado en área cárnicos

$\dot{m}_{t,rc} \text{ UHT}$ , flujo másico de retorno de condensado en área UHT

$\dot{m}_{t,rc} \text{ Manjar}$ , flujo másico de retorno de condensado en área manjar

Tomando datos de las tablas (4.6), (4.7), (4.8) Y (4.9) y reemplazando en la ecuación (3.2).

Donde:

$m_{t,rc} \dot{L}acteos = 972 \text{ kg/hr}$ , retorno de condensado en área lácteos

$m_{t,rc} \dot{C}arnicos = 504.5 \text{ kg/hr}$ , retorno de condensado en área cárnicos

$m_{t,rc} \dot{UHT} = 3252.8 \text{ kg/hr}$ , retorno de condensado en área UHT

$m_{t,rc} \dot{M}anjar = 0 \text{ kg/hr}$ , retorno de condensado en área manjar

$$m_{t,rc}^{\dot{}} = 972 + 504.5 + 3252.8 + 0$$

$$m_{t,rc}^{\dot{}} = 4729.3 \text{ kg/hr}$$

## 2. Determinación del ahorro de energía

### . Ahorro de energía por recuperación de condensado

El equivalente en gas natural de la ganancia de calor por recuperación de condensado, se determinara despejando  $\dot{m}_c$  de la ecuación (2.2).

$$\dot{m}_{c,rc} = \frac{\dot{m}_{t,rc} * C_{p,h2o}(T_e - T_s)}{n * PC}$$

Donde:

$\dot{m}_{c,rc}$ , flujo másico de combustible por retorno de condensado

$\dot{m}_{t,rc} = 4729.3 \text{ kg/hr}$ , flujo másico de retorno de condensado total en planta.

$n = 85\%$ , eficiencia de caldera.

$PC = 35310$  BTU/m<sup>3</sup>, poder calorífico del gas natural.

$C_{p,h_2o} = 4.186$  KJ/kg°C, calor específico del condensado.

$T_e = 99.63$ °C, Temperatura de entrada del retorno de condensado.

$T_s = 76$  °C, temperatura de salida del condensado.

$$\dot{m}_{c,rc} = \frac{4729.3 * 4.186(99.63 - 76)}{0.85 * 35310 * 1.055}$$

$$\dot{m}_{c,rc} = 14.77 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Considerando que la planta opera 24 horas al día y 25 días al mes se tiene 7200 horas al año

$$\dot{m}_{c,rc} = 106370.9 \text{ m}^3/\text{año}$$

### **. Ahorro de energía por producción de vapor flash**

El equivalente en gas natural de la ganancia de calor por vapor flash producido, se determinara despejando  $\dot{m}_c$  de la ecuación (2.2).

$$\dot{m}_{c,vf} = \frac{\dot{m}_{vf}(h_g - h_f)}{n * PC}$$

Donde:

$\dot{m}_{c,vf}$ , flujo másico de combustible por producción de vapor flash.

$\dot{m}_{vf} = 316.08$  kg/hr, flujo másico de vapor flash generado.

$n = 85\%$ , eficiencia de caldera.

$PC = 35310$  BTU/m<sup>3</sup>, poder calorífico del gas natural.

$h_g = 2675.5$  kJ/kg, evaluado como vapor saturado a 1 bar.

$h_f=417.46$  kJ/kg, evaluado como liquido saturado a 1 bar.

$$\dot{m}_{c,vf} = \frac{316.08(2675.5 - 417.46)}{0.85 * 35310 * 1.055}$$

$$\dot{m}_{c,vf} = 22.54 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Considerando que la planta opera 24 horas al día y 25 días al mes se tiene 7200 horas al año

$$\dot{m}_{c,vf} = 162290.1 \text{ m}^3/\text{año}$$

### **. Ahorro de energía cedido del condensado de purga del tanque flash al agua tratada**

El equivalente en gas natural de la ganancia de calor por energía cedido del condensado de purga del tanque flash al agua blanda, se determinara despejando  $\dot{m}_c$  de la ecuación (2.2).

$$\dot{m}_{c,tc} = \frac{\dot{m}_{cf} * C_{p,h2o}(T_e - T_s)}{n * PC}$$

Donde:

$\dot{m}_{c,tc}$ , flujo másico de combustible por ceder energía de condensado de purga del tanque flash al agua tratada.

$\dot{m}_{cf}= 1750.6$  kg/hr, flujo másico de condensado de tanque flash.

$C_{p,h2o}= 4.186$  KJ/kg°C, calor específico del condensado.

$T_e= 98^\circ\text{C}$ , Temperatura de entrada del condensado.

$T_s= 30^\circ\text{C}$ , temperatura de salida del condensado.

$PC= 35310$  BTU/m<sup>3</sup>, poder calorífico del gas natural.

$$\dot{m}_{c,tc} = \frac{1750.6 * 4.186(98 - 30)}{0.85 * 35310 * 1.055}$$

$$\dot{m}_{c,tc} = \frac{1750.6 * 4.186(98 - 30)}{0.85 * 35310 * 1.055}$$

$$\dot{m}_{c,tc} = 15.73 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Considerando que la planta opera 24 horas al día y 25 días al mes se tiene 7200 horas al año

$$\dot{m}_{c,tc} = 113307.4 \text{ m}^3/\text{año}$$

### 3. Determinación de ahorro de agua tratada

$$\dot{m}_{h_2o} = \dot{m}_{t,rc} + \dot{m}_{vf}$$

Donde:

$\dot{m}_{vf} = 316.08 \text{ kg/hr}$ , flujo másico de vapor flash generado.

$\dot{m}_{t,rc} = 4729.3 \text{ kg/hr}$ , flujo másico de retorno de condensado total en planta.

$$\dot{m}_{h_2o} = 316.08 + 4729.3$$

$$\dot{m}_{h_2o} = 5045.38 \text{ kg/hr}$$

### 4. Diseño del sistema de recuperación de condensado

#### . Red de tubería de retorno de condensado

De las tablas (4.6), (4.7), (4.8) Y (4.9) tenemos los flujos másicos de retorno de condensado y con estos se determina los diámetros de retorno de condensado de la nueva línea.

TABLA 4.3

SELECCIÓN DE DIAMETROS DE RETORNO DE CONDENSADO

N°	Línea de condensado	Área	P	mv	Pflash	%flash	mf(flash)	Dselec.
			barg	Kg/hr	barg	%	Kg/Hr	pulg
1	Secador	LACTEOS	6.5	129.8	0	13.44%	17.44	1/2
2	Olla Kustner	LACTEOS	6.5	103.8	0	13.44%	13.95	1/2
3	Pasteurizador (Mantequilla)	LACTEOS	5	108.1	0	11.20%	12.11	1/2
4	Pasteurizador #4 Sondex	LACTEOS	5	630.3	0	11.20%	70.60	1
5	Marmita (Lavand. Canast.)	CARNICOS	4	82.5	0	9.86%	8.13	1/2
6	H.Ahumado #3	CARNICOS	6.5	151	0	13.44%	20.29	1/2
7	H.Ahumado #2	CARNICOS	6.5	151	0	13.44%	20.29	1/2
8	TK Marmita	CARNICOS	6.5	120	0	13.44%	16.13	1/2
9	CIP Tetrapack	UHT	6.5	136	0	13.44%	18.28	1/2
10	Sistema Cocoa	UHT	4	218.6	0	9.86%	21.55	1/2
11	Termizador	UHT	6.5	218.6	0	13.44%	29.38	1/2
12	Tina Brida	UHT	6.5	163.6	0	13.44%	21.99	1/2
13	Esterilizador #1 (Flex7)	UHT	6.5	400	0	13.44%	53.75	3/4
14	Esterilizador #2 (Flex4)	UHT	4	400	0	9.86%	39.44	3/4
15	Embolsadora #3	UHT	6.5	33	0	13.44%	4.43	1/2
16	Embolsadora #4	UHT	6.5	33	0	13.44%	4.43	1/2
17	Esterilizador #5 (Base Drink)	UHT	6.5	1650	0	13.44%	221.73	1 1/2
18	Troncal lacteos		6.5	972	0	13.44%	130.62	1 1/2
19	Troncal carnicos		6.5	504.5	0	13.44%	67.80	3/4
20	Troncal UHT		6.5	3252.8	0	13.44%	437.13	2
21	Troncal de nueva linea		6.5	4729.3	0	13.44%	635.55	2 1/2

Fuente: Elaboración propia

Calculo de espesor mínimo

Según ASME 31.3

$$t_M = \frac{PD}{2 * (SEW + PY)} + C$$

$t_M$  = Espesor mínimo de la pared (mm)

$P$  = Presión de diseño (PSIG)

$C$  = Suma de tolerancias / Se asume 0.5 mm

$E$  = Factor de calidad (0.85)

$S$  = Tensión del material ASTM A53 (17.1 KPSI)

$W$  = Factor de resistencia junta soldada (1)

$Y$  = Coeficiente para materiales (0.4)

TABLA 4.4  
VALORES DE COEFICIENTE Y

Materiales	Temperatura, °C (°F)					
	≤ 482	510	538	566	593	≤ 621
	(900 y menores)	(950)	(1.000)	(1.050)	(1.100)	(1.150 y mayores)
Aceros Ferriticos	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Aceros Austeniticos	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7
Otos metales ductiles	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Hierro Fundido	0,0	...	...	...	...	...

Fuente: Cañerías y recipientes de presión, José Luis Olortegui.

TABLA 4.5  
ESFUERZOS PERMITIDOS DE TENSION EN METALES

**Tabla A-1 Esfuerzos permitidos básicos en tensión para metales<sup>1</sup> (cont.)**  
Los números en paréntesis se refieren a las notas para las Tablas del apéndice A; las especificaciones son ASTM a menos que se especifique de otra forma.

Material	No. de espec.	N.º P o N.º S (5)	Grado	No. UNS	Notas	Temp. mín. °F (6)	Min. esfuerzo especificado, ksi		Temp. mín. a 100	200	300
							Tensión	Elasticidad			
<b>Acero carbón tuberías y tubos (2)</b>											
A 285 Gr. A	A 134	1	...	...	(8b)(57)	B	45	24	15,0	14,7	14,2
A 285 Gr. A	A 672	1	A45	K01700	(57)(59)(67)	B	45	24	15,0	14,7	14,2
Soldadura a tope Smls y ERW	API 5L	5-1	A25	...	(8a)	-20	45	25	15,0	15,0	14,7
	API 5L	5-1	A25	...	(57)(59)	B	45	25	15,0	15,0	14,7
...	A 179	1	...	K01200	(57)(59)	-20	47	26	15,7	15,7	15,3
Tipo F	A53	1	A	K02504	(8a)(77)	20	48	30	16,0	16,0	16,0
...	A 139	5-1	A	...	(8b)(77)	A	48	30	16,0	16,0	16,0
...	A 587	1	...	K11500	(57)(59)	-20	48	30	16,0	16,0	16,0
...	A53	1	A	K02504	(57)(59)	B	48	30	16,0	16,0	16,0
...	A 106	1	A	K02501	(57)	B	48	30	16,0	16,0	16,0
...	A 135	1	A	...	(57)(59)	B	48	30	16,0	16,0	16,0
...	A 369	1	FPA	K02501	(57)	B	48	30	16,0	16,0	16,0
...	API 5L	5-1	A	...	(57)(59)(77)	B	48	30	16,0	16,0	16,0
A 285 Gr. B	A 134	1	...	...	(8b)(57)	B	50	27	16,7	16,5	15,9
A 285 Gr. B	A 672	1	A50	K02200	(57)(59)(67)	B	50	27	16,7	16,5	15,9
A 285 Gr. C	A 134	1	...	...	(8b)(57)	A	55	30	18,3	18,3	17,7
...	A 524	1	II	K02104	(57)	-20	55	30	18,3	18,3	17,7
...	A 333	1	1	K03008	(57)(59)	-50	55	30	18,3	18,3	17,7
...	A 334	1	1	K03008	(57)(59)	-50	55	30	18,3	18,3	17,7
A 285 Gr. C	A 671	1	CA55	K02801	(59)(67)	A	55	30	18,3	18,3	17,7
A 285 Gr. C	A 672	1	A55	K02801	(57)(59)(67)	A	55	30	18,3	18,3	17,7
A 516 Gr. 55	A 672	1	C55	K01800	(57)(67)	C	55	30	18,3	18,3	17,7
A 516 Gr. 60	A 671	1	CC60	K02100	(57)(67)	C	60	32	20,0	19,5	18,9
A 515 Gr. 60	A 671	1	CB60	K02401	(57)(67)	B	60	32	20,0	19,5	18,9
A 515 Gr. 60	A 672	1	B60	K02401	(57)(67)	B	60	32	20,0	19,5	18,9
A 516 Gr. 60	A 672	1	C60	K02100	(57)(67)	C	60	32	20,0	19,5	18,9
...	A 139	5-1	B	K03003	(8b)	A	60	35	20,0	20,0	20,0
...	A 135	1	B	K03018	(57)(59)	B	60	35	20,0	20,0	20,0
...	A 524	1	I	K02104	(57)	-20	60	35	20,0	20,0	20,0
...	A53	1	B	K03005	(57)(59)	B	60	35	20,0	20,0	20,0
...	A 106	1	B	K03006	(57)	B	60	35	20,0	20,0	20,0
...	A 333	1	6	K03006	(57)	-50	60	35	20,0	20,0	20,0
...	A 334	1	6	K03006	(57)	-50	60	35	20,0	20,0	20,0
...	A 369	1	FPB	K03006	(57)	-20	60	35	20,0	20,0	20,0
...	A 381	5-1	Y35	...	...	A	60	35	20,0	20,0	20,0
...	API 5L	5-1	B	...	(57)(59)(77)	B	60	35	20,0	20,0	20,0

Fuente: Cañerías y recipientes de presión, José Luis Olortegui.

Se determina el espesor mínimo de la tubería para el transporte de retorno de condensado.

$$t_M = \frac{137 * 62.88}{2 * (2000 * 0.85 * 1 + 137 * 0.4)} + 0.5$$

$$t_M = 0.7525 \text{ mm}$$

### . Selección del tanque flash

De la siguiente tabla grafica podemos seleccionar el tipo de tanque flash a utilizar para las condiciones de trabajo de la planta.

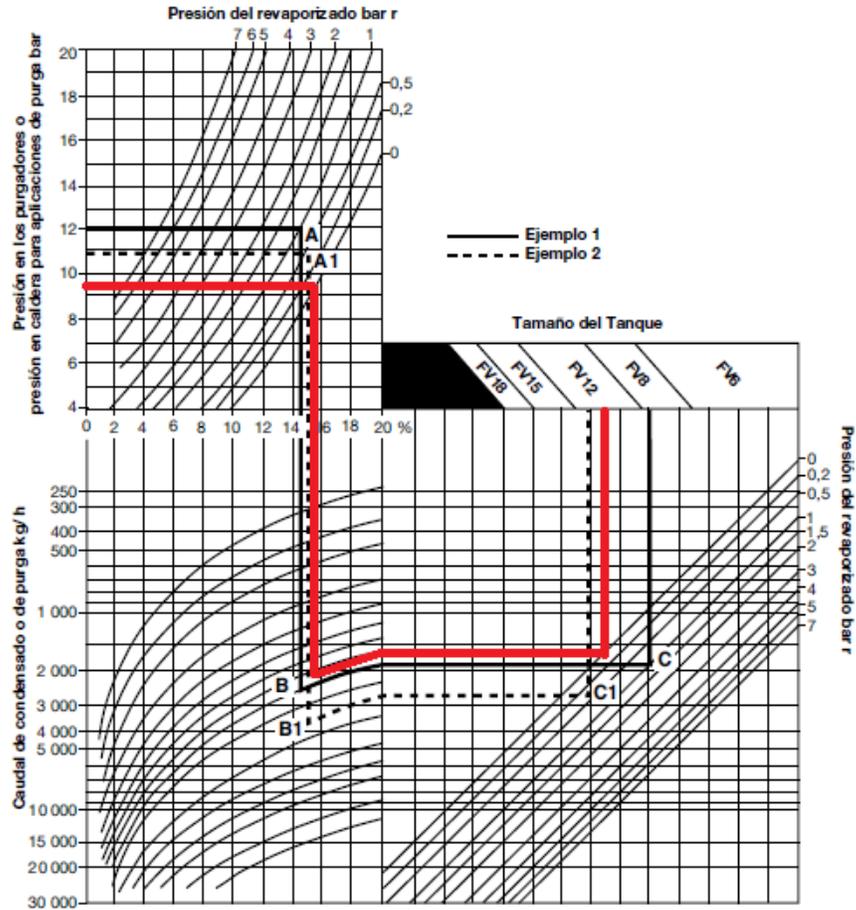
$$m_{cp} = 2066.69 \text{ kg/hr}$$

$$P_o = 9.5 \text{ barg}$$

$$P_{rev} = 1 \text{ bara}$$

En la figura (3.3) se observa que se elige el tanque flash modelo FV18, Spirax Sarco.

FIGURA 3.1  
SELECCIÓN DE TANQUE FLASH



Fuente: Spirax Sarco

**. Selección del intercambiador de placas**

Datos de operación:

Fluido caliente:

$m_{cf} = 1750.6$  kg/hr, flujo másico de condensado de tanque flash.

$C_{p,h2o} = 4.186$  KJ/kg°C, calor específico del condensado.

$T_e = 98^\circ\text{C}$ , Temperatura de entrada del condensado.

$T_s = 30^\circ\text{C}$ , temperatura de salida del condensado.

Fluido a calentar:

$m_{h2o,rep} = 9000 \text{ kg/hr}$ , flujo másico de agua de reposición.

$T_e = 28^\circ\text{C}$ , Temperatura de entrada del agua de reposición.

Se selecciona un intercambiador de tipo placas para el diseño.

**. Selección del aislamiento térmico**

Tomando las recomendaciones para protección personal.

TABLA 4.6  
ESPEORES RECOMENDADOS AISLAMIENTO TERMICO

TEMP. OPERACION		HASTA 65°C (150°F)						HASTA 121°C (250°F)						HASTA 177°C (350°F)					
DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.	
pulg.	mm	pulg.	mm	BTU/h·ft	W/m	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h·ft	W/m	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h·ft	W/m	°C	°F
1/2	12.7	1	25.4	7.44	7.15	28.7	83.6	1	25.4	20.0	19.23	33.8	92.9	1	25.4	36.2	34.80	40	104.0
3/4	19.1	1	25.4	8.95	8.60	29.4	84.9	1	25.4	24.2	23.27	35.4	95.8	1	25.4	43.7	42.01	42.2	108.0
1	25.4	1	25.4	9.28	8.92	28.8	83.9	1	25.4	25.0	24.03	34.2	93.5	1 1/2	38.0	45.2	43.45	40.6	105.0
1 1/2	38.0	1	25.4	12.1	11.63	29.3	84.8	1	25.4	32.5	31.24	35.3	95.6	1 1/2	38.0	46.5	44.70	36.8	98.2
2	51.0	1	25.4	14.1	13.56	29.5	85.1	1	25.4	38.2	36.72	35.8	96.5	1 1/2	38.0	53.0	50.95	37.1	98.7
3	76.0	1	25.4	19.1	18.36	29.9	85.9	1	25.4	51.6	49.61	36.8	98.2	1 1/2	38.0	70.3	67.58	38.3	101.0
4	102.0	1	25.4	22.9	22.02	30.3	86.5	1	25.4	62.1	59.70	37.0	98.6	2	50.8	69.7	67.01	35.7	96.2
6	152.0	1	25.4	33.9	32.59	30.6	87.1	1 1/2	38.0	66.6	64.03	34.3	93.8	2	50.8	94.4	90.75	36.6	97.8
8	203.0	1	25.4	42.3	40.67	30.7	87.3	1 1/2	38.0	80.4	77.29	34.3	93.8	2	50.8	116.0	111.52	37	98.6
10	254.0	1	25.4	54.6	52.49	31.2	88.2	1 1/2	38.0	94.2	90.56	34.2	93.6	2	50.8	137.0	131.71	37.1	98.7
12	304.0	1 1/2	38.0	40.6	39.03	28.9	84.0	1 1/2	38.0	109.0	104.79	34.4	93.9	2	50.8	158.0	151.90	37.3	99.1
14	356.0	1 1/2	38.0	46.8	44.99	29.2	84.6	2	50.8	99.0	95.18	32.8	91.0	2 1/2	63.5	149.0	143.24	35.6	96.1
16	406.0	1 1/2	38.0	52.8	50.76	29.3	84.7	2	50.8	110.0	105.75	32.9	91.2	2 1/2	63.5	167.0	160.55	35.8	96.4
18	457.0	1 1/2	38.0	58.8	56.53	29.1	84.4	2	50.8	124.0	119.21	33.0	91.4	2 1/2	63.5	185.0	177.85	35.9	96.7
20	508.0	1 1/2	38.0	64.9	62.39	29.3	84.8	2	50.8	136.0	130.75	33.1	91.5	2 1/2	63.5	203.0	195.16	36.1	96.9
24	610.0	1 1/2	38.0	76.9	73.93	29.4	84.9	2	50.8	161.0	154.78	33.2	91.7	2 1/2	63.5	239.0	229.77	36.2	97.2
26	660.0	1 1/2	38.0	81.0	77.87	29.3	84.8	2	50.8	170.4	163.82	33.1	91.5	2 1/2	63.5	254.7	244.86	36.2	97.1
28	711.0	1 1/2	38.0	86.9	83.54	29.3	84.8	2	50.8	182.5	175.45	33.1	91.6	2 1/2	63.5	271.5	261.01	36.2	97.2
30	762.0	2	50.8	73.6	70.76	28.4	83.2	2 1/2	63.5	163.0	156.70	31.8	89.2	3	76.0	250.0	240.34	34.7	94.4

Fuente: Owen Corning.

Se determina un espesor de 1 1/2" de material Lana mineral para la troncal de retorno de condensado y un espesor de 1" para la derivaciones de retorno de condensado.

**5. Determinación del ahorro económico.**

**. Ahorro económico por ahorro de energía por recuperación de condensado.**

$$m_{c,rc} = 106370.9 \text{ m}^3/\text{año}$$

De la tabla (2.1) se tiene 0.2 \$/m<sup>3</sup>

$$A_{rc} = 106370.9 \frac{m^3}{año} * 0.2 \frac{\$}{m^3}$$

$$A_{rc} = 21274.19 \frac{\$}{año}$$

**. Ahorro económico por ahorro de energía por producción de vapor flash**

$$\dot{m}_{c,vf} = 162290.1 m^3/año$$

De la tabla (2.1) se tiene 0.2 \$/m<sup>3</sup>

$$A_{vf} = 162290.1 \frac{m^3}{año} * 0.2 \frac{\$}{m^3}$$

$$A_{vf} = 32458.02 \frac{\$}{año}$$

**. Ahorro económico por Ahorro de energía cedido del condensado de purga del tanque flash al agua tratada**

$$\dot{m}_{c,tc} = 113307.4 m^3/año$$

De la tabla (2.1) se tiene 0.2 \$/m<sup>3</sup>

$$A_{tc} = 113307.4 \frac{m^3}{año} * 0.2 \frac{\$}{m^3}$$

$$A_{tc} = 22661.48 \frac{\$}{año}$$

**. Ahorro económico por recuperar agua tratada**

$$\dot{m}_{h2o} = 36326736 kg/año$$

Se determina el ahorro económico por ahorro de agua tratada, costo de agua tratada: 3\$/m<sup>3</sup> (SEDAPAL, calentamiento y salmuera)

$$A_{h2o} = 36326736 \frac{kg}{año} * 3 \frac{\$}{m^3}$$

$$A_{h2o} = 108980.2 \frac{\$}{año}$$

**6. Evolución económica por el diseño de un sistema de recuperación de condensado para ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa de lácteos.**

$$A_{Ec,T} = A_{rc} + A_{vf} + A_{tc} + A_{h2o} \dots \dots (3.3)$$

Donde:

$A_{Ec,T}$ , Ahorro económico total.

Reemplazando los datos:

$$A_{Ec,T} = 21274.19 + 32458.02 + 22661.48 + 108980.2$$

$$A_{Ec,T} = 185373.89 \frac{\$}{año}$$

Se realizó una cotización (ANEXO 3) por el servicio de suministro e instalación de los equipos a la empresa TERMODINAMICA S.A.

Propuesta económica = 53, 000. 00 dólares americanos + IGV

Propuesta económica = 53,000.00 x1.18 = 62,540.00 Dólares

Americanos

## 7. Evolución del proyecto de inversión:

### . Valor actual neto del proyecto

Para determinar el valor actual neto del proyecto se considerara una tasa de rendimiento mínima atractiva del 20% para el proyecto para un horizonte de 10 años.

El valor actual neto del proyecto se determina mediante la ecuación (2.20).

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

Donde:

$k = 15\%$ , tasa de rendimiento mínima atractiva del proyecto.

$I_0 = 62540$  \$ desembolso inicial de la inversión.

$n = 10$  años, tiempo de vida del proyecto a evaluar.

$V_t$ , representa los flujos de caja (ingreso-egreso) anual.

$$VAN = -62540 + \frac{(1 + 0.15)^{10} - 1}{0.15 * (1 + 0.15)^{10}} (185373.89 - 6000)$$

$$VAN = -62540 + \frac{(1 + 0.15)^{10} - 1}{0.15 * (1 + 0.15)^{10}} (185373.89 - 6000)$$

$$VAN = 837696$$

Como el  $VAN > 0$  para una tasa de rendimiento mínima atractiva del 15%, se puede afirmar que el proyecto de inversión a implementar es económicamente rentable.

### **. Tasa interna de retorno de proyecto**

Para determinar la tasa interna de retorno del proyecto, se determina mediante la ecuación (2.21):

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

Reemplazando los datos anteriores en la ecuación (2.21), se obtiene:

$$\frac{(1 + TIR)^{10} - 1}{TIR * (1 + TIR)^{10}} (185373.89 - 6000) = 62540$$

$$TIR = 286\%$$

Como el TIR es muy superior a la tasa de rendimiento mínima atractiva del 15 %, nos indica que el proyecto es rentable.

### **. PAYBACK**

El periodo de repago del proyecto, ayudara a estimar el tiempo aproximado que tardará en recuperar la inversión inicial del proyecto. Se determina mediante la ecuación (2.22).

$$Pay\ back = \frac{INVERSION}{AHORRO\ ECONOMICO}$$

Donde:

INVERSION= 62540 \$ desembolso inicial de la inversión.

AHORRO ECONOMICO= 179373.89\$, flujos de caja (ingreso - egreso) anual.

$$Pay\ back = \frac{62540}{179373.89}$$

$$Pay\ back = 0.34\ años = 4.18\ meses$$

La instalación del sistema de recuperación de condensado es recomendable debido a que se recupera la inversión en un periodo de 5 meses.

#### **4.3. Población y muestra:**

Para los fines de esta investigación la población y la muestra es la misma ya que se trata de un diseño donde se ha realizado un análisis a un sistema específico en una planta de producción donde la muestra es el sistema de retorno de condensado.

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

Para la toma de datos se ha considerado la siguiente instrumentación.

##### **Técnicas:**

- Análisis documental.
- Mediciones convencionales.

##### **Instrumentación:**

- Medidor de vapor.
- Medidor de condensado.
- Medidor de gas.
- Medidor de temperatura.

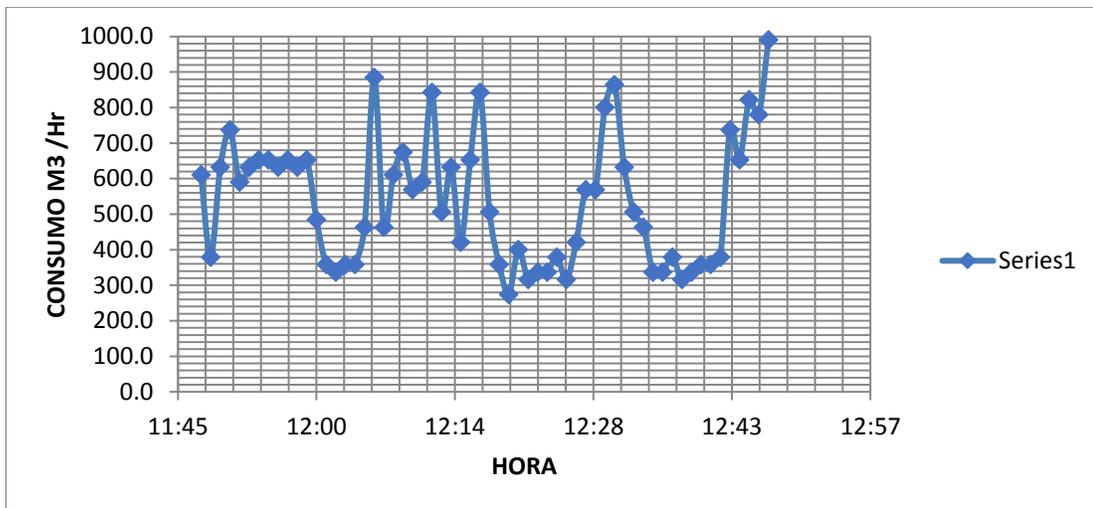
- Termómetro.
- Manómetro.
- Analizadores de agua.

#### 4.5. Procedimiento de recolección de datos

##### Consumo de combustible

En tabla (4.4) se muestra el consumo de gas natural en las calderas, tomadas en la empresa de lácteos.

TABLA 4.7  
CONSUMO DE COMBUSTIBLE



Fuente: Elaboración propia.

##### Consumo de vapor

En la tabla (4.5) se muestra el consumo de vapor máximo por áreas, tomadas en la empresa de lácteos.

TABLA 4.8  
CONSUMO MAXIMO DE VAPOR

Ítem	Área	Consumo Vapor	Porcentaje total de consumo
		Kg/hr	%
1	Lácteos	4856.30	25.64
2	Cárnicos	1687.70	8.91
3	UHT	8763.00	46.27
4	Manjar Blanco	3630.00	19.17
<b>TOTAL</b>		<b>18937.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Retorno de condensado

8. En las tablas (4.6), (4.7), (4.8) y (4.9) se muestra el consumo de vapor y sus respectivos retornos de condensado por áreas, tomadas en la empresa de lácteos.

### Área lácteos

TABLA 4.9  
CONSUMO DE VAPOR AREA LACTEOS

Ítem	Consumidores	Flujo de vapor consumo	Tipo de Transferencia de calor	Flujo de Condensado.
		°mv p (kg/hr)		°mc (kg/hr)
<b>EQUIPOS QUE CUENTAN CON RETORNO DE CONDENSADO</b>				
1	Pasteurizador #3	453	Indirecto	453.00
2	Termizador	906.5	Indirecto	906.50
3	Intercambiador Sondex	138.2	Indirecto	138.20
4	Pasteurizador #1	566.6	Indirecto	566.60
<b>TOTAL</b>				<b>2,064.30</b>
<b>EQUIPOS QUE PUEDEN RETORNAR CONDENSADO, PERO NO RETORNAN</b>				
5	Secador	129.8	Indirecto	129.80
6	Olla Kustner	103.8	Indirecto	103.80
7	Pasteurizador (Mantequilla)	108.1	Indirecto	108.10

<b>8</b>	Pasteurizador #4 Sondex	630.3	Indirecto	630.30
<b>TOTAL</b>				<b>972.00</b>
<b>EQUIPOS QUE PUEDEN RETORNAR CONDENSADO, PERO TIENEN PH BAJO</b>				
<b>9</b>	Pasteurizador #2	166.1	Indirecto	166.10
<b>TOTAL</b>				<b>166.10</b>
<b>EQUIPOS QUE NO PUEDEN RETORNAR CONDENSADO</b>				
<b>10</b>	Mezclador (Q.Fund)	60	Directo	0.00
<b>11</b>	Pto. Limpieza #1	20	Directo	0.00
<b>12</b>	Pto. Limpieza #2	20	Directo	0.00
<b>13</b>	TK H2O	61	Directo	0.00
<b>14</b>	Amasador (Mantequilla)	64.1	Directo	0.00
<b>15</b>	Tina de mezclado(Manteg)	20	Directo	0.00
<b>16</b>	Pto. Limpieza #8	20	Directo	0.00
<b>17</b>	Pto. Limpieza #3	20	Directo	0.00
<b>18</b>	CIP Reconstitución	388.2	Directo	0.00
<b>18.1</b>	TK Soda	140.5	Directo	0.00
<b>18.2</b>	TK Agua	140.5	Directo	0.00
<b>18.3</b>	TK Acido	107.2	Directo	0.00
<b>19</b>	Pasteurizador #5	239.3	Directo	0.00
<b>20</b>	CIP Fermentacion	211.5	Directo	0.00
<b>20.1</b>	Tk Soda	125.8	Directo	0.00
<b>20.2</b>	TK Acido	85.7	Directo	0.00
<b>21</b>	Etiquetador #1	25.5	Directo	0.00
<b>22</b>	Etiquetador #2	25.5	Directo	0.00
<b>23</b>	Pto. Limpieza #4	20	Directo	0.00
<b>24</b>	TK Reconstitución	30.8	Directo	0.00
<b>25</b>	Pto. Limpieza #5	20	Directo	0.00
<b>26</b>	Pto. Limpieza #6	20	Directo	0.00
<b>27</b>	Pto. Limpieza #7	20	Directo	0.00
<b>28</b>	CIP Formulación	130.5	Directo	0.00
<b>28.1</b>	TK Soda	77	Directo	0.00
<b>28.2</b>	TK Acido	53.5	Directo	0.00
<b>29</b>	Pto. Limpieza #7	20	Directo	0.00
<b>30</b>	CIP Termoformadora	157.5	Directo	0.00
<b>30.1</b>	TK Soda	77	Directo	0.00
<b>30.2</b>	TK Agua	80.5	Directo	0.00

31	Pto. Limpieza #9	20	Directo	0.00
32	Pto. Limpieza #10	20	Directo	0.00
33	Pto. Limpieza #11	20	Directo	0.00
<b>TOTAL</b>				<b>1,653.90</b>
<b>consumo de vapor</b>				<b>4,856.30</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Área cárnicos

TABLA 4.10  
CONSUMO DE VAPOR AREA CÁRNICOS

Ítem	Consumidores	Flujo de vapor consumo	Tipo de Transferencia de calor	Flujo de Condensado
		°mv p (kg/hr)		°mc (kg/hr)
<b>EQUIPOS QUE PUEDEN RETORNAR CONDENSADO, PERO NO RETORNAN</b>				
1	Marmita (Lavand. Canast.)	82.5	Indirecta	82.50
2	H.Ahumado #3	151	Indirecta	151.00
3	H.Ahumado #2	151	Indirecta	151.00
4	TK Marmita	120	Indirecta	120.00
<b>TOTAL</b>				<b>504.50</b>
<b>EQUIPOS QUE NO PUEDEN RETORNAR CONDENSADO</b>				
5	Etiquetadora #3	25.50	Directa	0.00
6	Tina #1 (Lav. Queso Fresco)	70.40	Directa	0.00
7	TK #1 (Queso Fresco)	93.90	Directa	0.00
8	TK #2 (Queso Fresco)	80.90	Directa	0.00
9	Pto de Limpieza #1	55.80	Directa	0.00
10	Pto de Limpieza #2	55.80	Directa	0.00
11	Pto de Limpieza #3	55.80	Directa	0.00
12	Terma (Lavand. Canstilla)	89.30	Directa	0.00
13	TK H2O	25.00	Directa	0.00
14	Peladora	70.80	Directa	0.00
15	Tina moldes	107.00	Directa	0.00
16	H.Coccion #5	151.00	Directa	0.00
17	H.Ahumado #2	151.00	Directa	0.00
18	H.Ahumado #3	151.00	Directa	0.00
<b>TOTAL</b>				<b>1,183.20</b>
<b>consumo de vapor</b>				<b>1,687.70</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Área UHT

TABLA 4.11  
CONSUMO DE VAPOR AREA UHT

Ítem	Consumidores	Flujo de vapor consumo	Tipo de Transferencia de calor	Flujo de Condensado
		°mv p		°mc
		(kg/hr)		(kg/hr)
<b>EQUIPOS QUE CUENTAN CON RETORNO DE CONDENSADO</b>				
1	CIP Principal	1439.00	Indirecto	1439.00
1.1	TK Soda	674.50	Indirecto	674.50
1.2	TK Acido	459.40	Indirecto	459.40
1.3	TK Agua	305.10	Indirecto	305.10
2	Esterilizador #3 (Flex15)	100.00	Indirecto	100.00
3	Esterilizador #4 (APV)	200.00	Indirecto	200.00
<b>TOTAL</b>				<b>1,739.00</b>
<b>EQUIPOS QUE PUEDEN RETORNAR CONDENSADO, PERO NO RETORNAN</b>				
4	CIP Tetrapack	136	Indirecto	136.00
4.1	Tina Soda	80.9	Indirecto	80.90
4.2	Tina Acido	55.1	Indirecto	55.10
5	Sistema Cocoa	218.6	Indirecto	218.60
6	Termizador	218.6	Indirecto	218.60
7	Tina Brida	163.6	Indirecto	163.60
8	Esterilizador #1 (Flex7)	400	Indirecto	400.00
9	Esterilizador #2 (Flex4)	400	Indirecto	400.00
10	Embolsadora #3	33	Indirecto	33.00
11	Embolsadora #4	33	Indirecto	33.00
12	Esterilizador #5 (Base Drink)	1650.00	Indirecto	1650.00
<b>TOTAL</b>				<b>3,252.80</b>
<b>EQUIPOS QUE NO PUEDEN RETORNAR CONDENSADO</b>				
13	TK Agua (Formulación)	90.80	Directo	0.00
14	TK Aséptico #1	1200.00	Directo	0.00
15	TK Aséptico #2	1200.00	Directo	0.00
16	TK Aséptico #3	1200.00	Directo	0.00
17	Embolsadora #1	33	Indirecto	33.00
18	Embolsadora #2	33	Indirecto	33.00
19	Llenadora #1	2.40	Directo	0.00

20	Llenadora #2	2.40	Directo	0.00
21	Llenadora #3	2.40	Directo	0.00
22	Llenadora #5	2.40	Directo	0.00
23	Llenadora #6	2.40	Directo	0.00
24	Llenadora #4	2.4	Directo	0.00
<b>TOTAL</b>				<b>3,771.20</b>
<b>consumo de vapor</b>				<b>8,763.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Área manjar

TABLA 4.12  
CONSUMO DE VAPOR AREA MANJAR

Ítem	Consumidores	Flujo de vapor consumo	Tipo de Transferencia de calor	Flujo de Condensado
		°mv p (kg/hr)		°mc (kg/hr)
<b>EQUIPOS QUE CUENTAN CON RETORNO DE CONDENSADO</b>				
1	Paila de Crema #1	880	Indirecta	880.00
2	Paila de Crema #2	350	Indirecta	350.00
3	Pasteurizador	300	Indirecta	300.00
4	Marmita #1	200	Indirecta	200.00
5	Marmita #2	200	Indirecta	200.00
6	Marmita #3	200	Indirecta	200.00
7	Marmita #4	200	Indirecta	200.00
8	Marmita #5	200	Indirecta	200.00
9	Marmita #6	200	Indirecta	200.00
10	Marmita #7	200	Indirecta	200.00
11	Marmita #8	200	Indirecta	200.00
12	Marmita #9	200	Indirecta	200.00
13	Marmita #10	200	Indirecta	200.00
<b>TOTAL</b>				<b>3,530.00</b>
<b>EQUIPOS QUE NO PUEDEN RETORNAR CONDENSADO</b>				
14	Pto. de Limpieza	25.00	Directa	0.00
15	Pto. de Limpieza	25.00	Directa	0.00
16	Pto. de Limpieza	25.00	Directa	0.00
17	Pto. de Limpieza	25.00	Directa	0.00
<b>TOTAL</b>				<b>100.00</b>
<b>consumo de vapor</b>				<b>3,630.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.6. Procedimiento de recolección de datos**

La presente investigación no amerita un análisis estadístico.

## 5. RESULTADOS

### AHORRO DE ENERGIA EQUIVALENTE EN GN

TABLA 5.1  
AHORRO DE ENERGIA EQUIVALENTE EN GN

Ahorro de energía	Equivalente en GN	
	Ahorro de energía por recuperación de condensado	106370.9
Ahorro de energía por producción de vapor flash	162290.1	m <sup>3</sup> /año
Ahorro de energía cedido del condensado de purga del tanque flash al agua tratada	113307.4	m <sup>3</sup> /año

Fuente: Elaboración propia.

### AHORRO ECONÓMICO POR ENERGIA EN \$/año

TABLA 5.2  
AHORRO ECONÓMICO POR ENERGIA EN \$/año

Ahorro de energía	Ahorro económico	
	Ahorro de energía por recuperación de condensado	21274.19
Ahorro de energía por producción de vapor flash	32458.02	\$/año
Ahorro de energía cedido del condensado de purga del tanque flash al agua tratada	22661.48	\$/año

Fuente: Elaboración propia.

## AHORRO DE AGUA TRATADA

TABLA 5.3  
AHORRO DE AGUA TRATADA

Ahorro por recuperación	Cantidad	
Ahorro de agua tratada	5045.38	kg/hr

Fuente: Elaboración propia.

## AHORRO ECONÓMICO POR AGUA TRATADA EN \$/año

TABLA 5.4  
AHORRO ECONÓMICO POR AGUA TRATADA EN \$/año

Ahorro por recuperación	Ahorro económico	
Ahorro de agua tratada	108980.2	\$/año

## AHORRO ECONÓMICO TOTAL EN \$/año

TABLA 5.5  
AHORRO ECONÓMICO TOTAL EN \$/año

Ahorro por recuperación	Ahorro económico	
Ahorro de energía por recuperación de condensado	21274.19	\$/año
Ahorro de energía por producción de vapor flash	32458.02	\$/año
Ahorro de energía cedido del condensado de purga del tanque flash al agua tratada	22661.48	\$/año
Ahorro de agua tratada	108980.2	\$/año
<b>Ahorro Total</b>	<b>185373.9</b>	<b>\$/año</b>

## 6. DISCUSION DE RESULTADOS

### 6.1. Contrastación de la hipótesis con los resultados

1. Si se diseña el sistema de recuperación de condensado entonces se generará un ahorro de energía térmica en las calderas de una empresa de Lácteos.

**Se logró obtener un ahorro de energía de 1873236.7 BTU/hr equivalente en gas natural 381968.4 m<sup>3</sup>/año por diseñar el sistema de recuperación.**

2. Si se implementa una nueva línea en el sistema de recuperación de condensado, entonces se generará un ahorro de energía térmica en las calderas de una empresa de lácteos.

**Se logró obtener un ahorro de energía de 521660.6 BTU/hr la cual representa 21274.19 dólares al año**

3. Si se recupera energía térmica entonces se generará un ahorro económico en la empresa de lácteos.

**Se logró obtener un ahorro de energía de 381968.4 m<sup>3</sup>/año y un ahorro de agua de reposición de 5045.38 kg/hr, la cual representa un ahorro económico de 185373.9 \$/año.**

## 6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Para la contrastación cabe indicar que se tomó lo más resaltante de otros estudios similares, que sirvió como apoyo en la elaboración de esta tesis.

TABLA 6.1  
CONTRASTACION DE LOS RESULTADOS CON OTROS SIMILARES

<b>Tesis de Grado</b>	Diseño de un sistema de purga automática de fondo y superficie para ahorro y disponibilidad de energía térmica en una caldera pirotubular de 1000 BHP	Diseño de un sistema de recuperación de condensado para generar un ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive.
<b>Objetivo general</b>	Esta tesis consiste en diseñar un sistema de purga automática para generar un ahorro de 2% de eficiencia térmica, lo cual representa un ahorro económico de 50,873.22 \$/año.	Esta tesis consiste en diseñar un sistema de recuperación de condensado para generar un ahorro de energía térmica, lo cual representa un ahorro económico de 185,373.9 \$/año.

Fuente: Elaboración propia.

## 7. CONCLUSIONES

- Al diseñar un sistema de recuperación de condensado se generara un ahorro de energía térmica de 1873236.7 BTU/hr equivalente en gas natural a 381968.4 m<sup>3</sup>/año.
- Al implementar una nueva línea en el sistema de recuperación de condensado se generara un ahorro de energía térmica de 521660.6 BTU/hr equivalente en gas natural a 106370.9 m<sup>3</sup>/año
- Al recuperar energía térmica en el sistema de recuperación de condensado se generó un ahorro económico de 185373.9 \$/año.
- Al recuperar condensado de los equipos que no tenían retorno de condensado pero si podían, se determinó el ahorro económico por producción de agua de reposición de 108980.2 \$/año.
- Se determinó económicamente que el sistema de recuperación de condensado representa una inversión de 62540\$ determinando un ahorro anual de 179373.9 \$.
- Se determinó que el periodo de recuperación es de 5 meses con un TIR de 286% muy superior a la tasa de rendimiento mínima atractiva del 15% y un VAN de 837696 \$ la cual indica que el proyecto es rentable.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Para realizar un buen diseño se recomienda contar con equipos de medición de flujo, temperatura y presión de mayor precisión con la finalidad de obtener datos exactos para estudios correspondientes.
- Para evitar fugas y pérdidas en el sistema de recuperación de condensado se recomienda realizar auditorías energéticas semestralmente para identificar posibles pérdidas de energía en el sistema, con la finalidad de plantear mejoras.
- Se recomienda implementar gestión de energía en la empresa con la finalidad de planificar, organizar motivar e integrar al grupo humano que interviene en el proceso de producción para tomar conciencia del uso de la energía.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### PRODINCO. **Tanques de condensado**

Disponible [http://www.prodinco.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=34&Itemid=139&lang=esvapor/generacion-de-vapor2.shtml](http://www.prodinco.es/index.php?option=com_content&view=article&id=34&Itemid=139&lang=esvapor/generacion-de-vapor2.shtml)

Articulo Web consultado: 30/10/2017.

### ARMSTRONG INTERNATIONAL .**Bombas de alimentacion para calderas**

Disponible : <https://www.armstronginternational.com/es/productos-armstrong>

Articulo Web consultado: 30/10/2017.

### PATRICIA ZAMBRANO. **Tecnología del agua**

Disponible : <https://es.slideshare.net/PatriciaZambranoMora/tecnologia-del-agua>

Articulo Web consultado: 30/10/2017.

### AGUAMARKET. **Tanque de Recuperación de Condensado**

Disponible : <http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=2380>

Articulo Web consultado: 30/10/2017.

### ALFA LAVAL .**Intercambiador de calor de placas**

Disponible : <http://www.rybsa.com.mx/pdf/ALFA%20LAVAL/M3%20ES.pdf>

Articulo Web consultado: 30/10/2017.

### AREA TECNOLOGIA. **Manómetro**

Disponible : <http://www.areatecnologia.com/herramientas/manometro.html>

Articulo Web consultado: 30/10/2017.

**TLV. Trampas de vapor**

Disponible : <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-a-steam-trap.html>

Articulo Web consultado: 30/10/2017.

**LUIS BARGARAN . Tesis ahorro por purgas de condensado**

Disponible:[http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/337/LuisAlfonso\\_Tesis\\_titulo\\_profesional\\_2014.pdf?sequence=3](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/337/LuisAlfonso_Tesis_titulo_profesional_2014.pdf?sequence=3)

Articulo Web consultado: 30/10/2017.

**VAYREMEX. Válvula reguladora de presión**

Disponible : <http://www.trevisa.com.mx/100+pdf/PDF2valvulas/Seguridad%20y%20Alivio.pdf>

Articulo Web consultado: 30/10/2017.

**HENRY PALACIOS. Tesis retorno de condensado**

Disponible : [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0542\\_M.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0542_M.pdf)

Articulo Web consultado: 31/10/2017.

**QUIMINET. Codos**

Disponible : <https://www.quiminet.com/articulos/conozca-la-funcion-principal-de-los-codos-para-tuberias-2688752.htm>

Articulo Web consultado: 31/10/2017.

**TLV. Vapor de agua**

Disponible : <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>

Articulo Web consultado: 31/10/2017.

## **ANEXOS**

1. Matriz de consistencia
2. Diagrama de flujo
3. Presupuesto

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título de la tesis: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CONDENSADO PARA GENERAR UN AHORRO DE ENERGÍA TÉRMICA EN LAS CALDERAS DE LA EMPRESA LAIVE”

Autor: VIVANCO TORRES KEVIN ENRIQUE

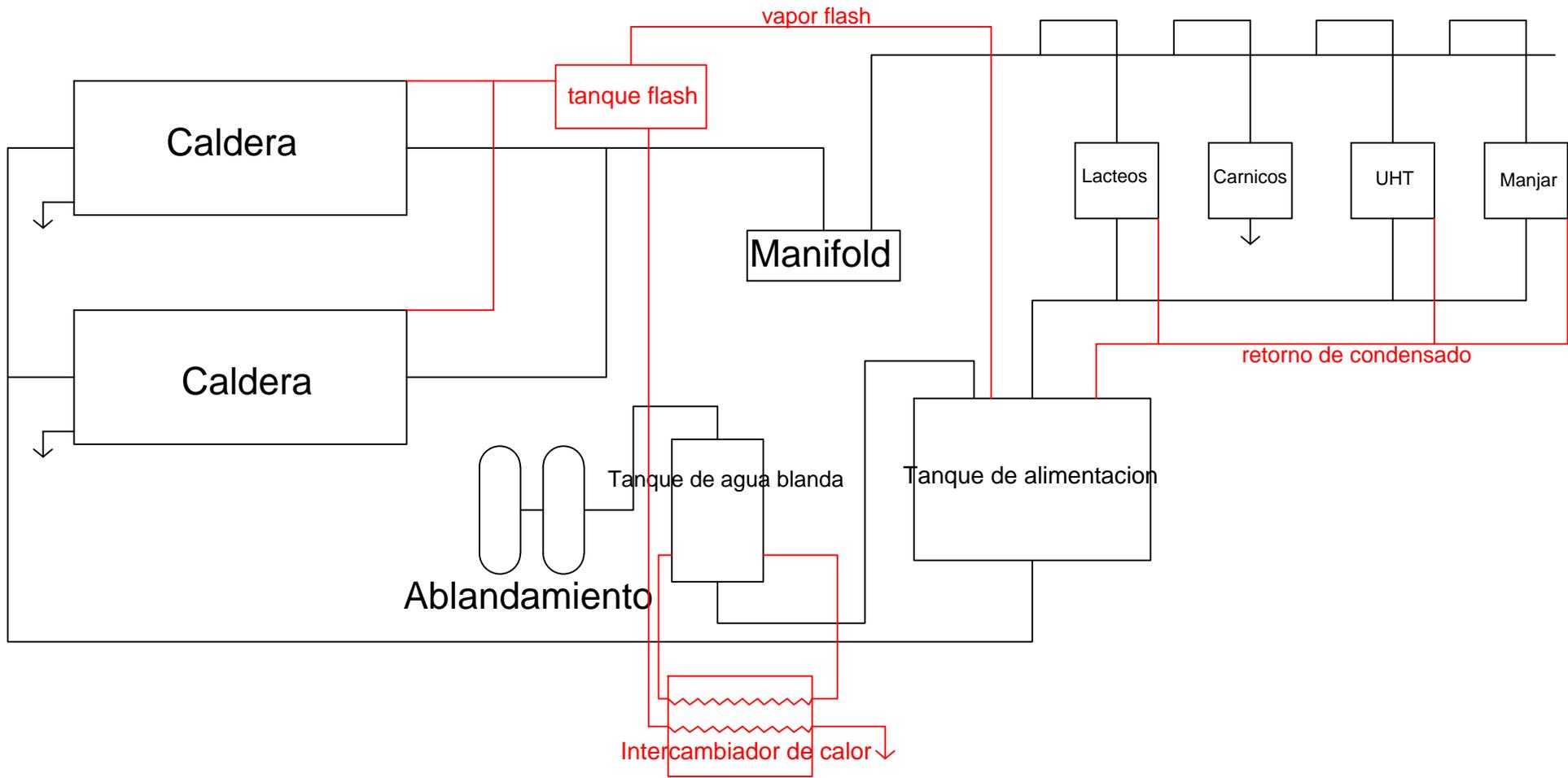
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN				MARCO TEORICO	
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	JUSTIFICACIÓN	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS
<p>El sistema de generación de vapor en la empresa de lácteos cuenta con dos calderas pirotubulares de 900 BHP, con un tanque de alimentación de 5700 L y un sistema de reposición de agua tratada.</p> <p>El vapor generado por el sistema de generación es consumido por los equipos para diversos procesos de producción; teniendo en cuenta que algunos equipos consumen vapor de manera directa con el producto, mezclándose estos y otro de manera indirecta, compartiendo el calor sin mezclarse. El vapor consumido en los equipos de manera indirecta es retornado por un sistema de recuperación de condensado. Sin embargo, no todos los equipos que consumen vapor de manera indirecta se recuperan el condensado, sino que se envía al desagüe, debido a ello se suministra una gran cantidad de agua blanda al tanque de condensado para reponer el agua desechada. Para evitar el consumo excesivo de agua tratada y de combustible y a su vez generar un ahorro de energía térmica en las calderas, se diseñó un sistema de recuperación de condensado de tal manera se vea reflejado en un ahorro económico.</p>	<p><b>Problema General:</b> ¿Cómo diseñar el sistema de recuperación de condensado que permita generar un ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b> 1.- ¿De qué manera la implementación de la nueva línea de recuperación de condensado influye en el ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive? 2.- ¿De qué manera la energía térmica recuperada influye en el ahorro económico en la empresa Laive?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Diseñar el sistema de recuperación de condensado que permita generar un ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b> 1.- Evaluar si la implementación de la nueva línea de recuperación de condensado influye en el ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive. 2. Evaluar si la energía térmica recuperada influye en el ahorro de económico en la empresa Laive.</p>	<p><b>1. Justificación tecnológica:</b> En el desarrollo de esta tesis se buscó aplicar la metodología de cálculo y selección en aplicaciones similares de tal manera facilite investigaciones o trabajos relacionados a la recuperación de condensado</p> <p><b>2. Justificación Económica</b> En el desarrollo de estas tesis se buscó evaluar el impacto económico que se produjo al recuperar condensado en la planta reflejada en la reducción de consumo de combustible y el consumo de agua tratada para alimentación a la caldera.</p> <p><b>3. Justificación ambiental</b> En el desarrollo de esta tesis se buscó recuperar el condensado no solo para generar un ahorro económico sino también para generar concientización con el ambiente y la reducción de gases en el escape de las calderas.</p>	<p>1. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Titulado: “Rediseño y recuperación del sistema de retorno de condensado para el ahorro de energía de la empresa Ecuajugos”, presentado por el bachiller Gómez Dalgo José Javier, en el año 2012. Se encuentra en la página web de la Escuela Politécnica Salesiana</p> <p>2. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Titulado: “Evaluación del sistema de recuperación de purgas de fondo y de nivel de las calderas pirotubulares en la empresa pesquera austral Group s.a.a. – Coishco”, presentado por los bachilleres Custodio Rodríguez Juan Carlos y Solís Pérez Enzo Paulino, en el año 2017. Se encuentra en la página web de la Universidad de Santa.</p> <p>3. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Energía, Titulado: “Diseño de un sistema de purga automática de fondo y superficie para ahorro y disponibilidad de energía térmica en una caldera pirotubular de 1000 BHP”, presentado por el bachiller Bargaran Vásquez Luis Alfonso, en el año 2014. Se encuentra en la biblioteca especializada UNAC – FIME.</p>	<p><b>1. Combustible:</b> El combustible es toda sustancia natural o artificial en estado líquido, gaseoso o sólido que combinada con el oxígeno produce una reacción desprendiendo calor.</p> <p><b>2. Poder calorífico:</b> El la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cubico, de combustible al oxidarse en forma completa. (Kcal/Kg); (Kcal/m3); (BTU/lb); (BTU/pe3).</p> <p><b>3. Vapor de agua:</b> El vapor de agua es el gas formado cuando el agua pasa de un estado líquido a uno gaseoso.</p> <p><b>4. Sólidos totales en suspensión (TSD):</b> El total de sólidos disueltos en la caldera (TSD) es uno de los parámetros utilizados para controlar el programa de tratamiento de agua. Con el agua de repuesto, continuamente se están añadiendo sólidos disueltos al agua de la caldera; éstos no son evaporados junto con el vapor y, como resultado de esto, los sólidos totales en suspensión aumentan entre más vapor se genera. El nivel de concentración de estos sólidos (TSD) es determinado por la cantidad de estas sales, que son eliminadas por la purga de la caldera; por esto, el control del nivel de TSD es crítico para la operación de la caldera. Si se reduce la purga de caldera, se tendrá una mejor eficiencia, pero el nivel de TSD aumentará y afectará su operación.</p> <p><b>5. BHP:</b> Boyler Horse Power, esla cantidad de calor necesaria para evaporar 34.5 libras de agua por hora desde 212°F hasta 212°F.</p>

### MATRIZ DE HIPOTESIS

Título de la tesis: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CONDENSADO PARA GENERAR UN AHORRO DE ENERGÍA TÉRMICA EN LAS CALDERAS DE LA EMPRESA LAIVE"

Autor: VIVANCO TORRES KEVIN ENRIQUE

VARIABLES E HIPOTESIS				OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
Identificación del Problema	Formulación del Problema	Objetivos de la Investigación	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Población
<p>El sistema de generación de vapor en la empresa de lácteos cuenta con dos calderas pirotubulares de 900 BHP, con un tanque de alimentación de 5700 L y un sistema de reposición de agua tratada. El vapor generado por el sistema de generación es consumido por los equipos para diversos procesos de producción; teniendo en cuenta que algunos equipos consumen vapor de manera directa con el producto, mezclándose estos y otro de manera indirecta, compartiendo el calor sin mezclarse. El vapor consumido en los equipos de manera indirecta es retornado por un sistema de recuperación de condensado. Sin embargo, no todos los equipos que consumen vapor de manera indirecta se recuperan el condensado, sino que se envía al desagüe, debido a ello se suministra una gran cantidad de agua blanda al tanque de condensado para reponer el agua desechada. Para evitar el consumo excesivo de agua tratada y de combustible y a su vez generar un ahorro de energía térmica en las calderas, se diseñó un sistema de recuperación de condensado de tal manera se vea reflejado en un ahorro económico.</p>	<p><b>Problema General:</b> ¿Cómo diseñar el sistema de recuperación de condensado que permita generar un ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b> 1.- ¿De qué manera la implementación de la nueva línea de recuperación de condensado influye en el ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive? 2.- ¿De qué manera la energía térmica recuperada influye en el ahorro económico en la empresa Laive?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Diseñar el sistema de recuperación de condensado que permita generar un ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b> 1.- Evaluar si la implementación de la nueva línea de recuperación de condensado influye en el ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive. 2. Evaluar si la energía térmica recuperada influye en el ahorro de económico en la empresa Laive.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> Si se diseña el sistema de recuperación de condensado entonces se generará un ahorro de energía térmica en las calderas en la empresa Laive.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b> 1. Si se implementa una nueva línea en el sistema de recuperación de condensado, entonces se generará un ahorro de energía térmica en las calderas de la empresa Laive. 2. Si se recupera energía térmica entonces se generará un ahorro económico en la empresa Laive.</p>	<p><b>Variable independiente:</b>  Sistema de recuperación de condensado</p> <p><b>Variable dependiente:</b>  Ahorro energético de energía térmica</p>	<p>Retorno de condensado</p> <p>Vapor flash</p> <p>Línea de condensado</p> <p>Económico</p> <p>Energético</p>	<p>Flujo másico de retorno de condensado</p> <p>Flujo de vapor flash</p> <p>TIR VAN PAYBACK</p> <p>Energía térmica Costo gas natural</p>	<p>La población queda delimitada por el sistema de generación de vapor y retorno de condensado</p>





**P-TE/VP13-124-1-A**

Lima, 28 de Noviembre de 2017

Señores:

**LAIVE**

Atención:

**Ing. Kevin Vivanco**

**Presente**

Por medio del presente, nos es grato hacer llegar nuestra mejor propuesta referente a:

**MEJORAMIENTO DE SISTEMA DE RETORNO DE CONDENSADO  
PLANTA LAIVE - HUACHIPA**

**ALCANCE DEL PROYECTO**

Este proyecto comprende la implementación de modificaciones en el sistema de retorno de condensado.

Estas modificaciones tienen el objetivo de ampliar el caudal de retorno de condensado, desde las plantas hacia el cuarto de Calderas.

Las modificaciones serán las siguientes:

**1. Ampliación de Línea de condensado**

**1.1 Fabricación de la línea de retorno de condensado**

Comprende las siguientes actividades:

- Fabricación de 01 anillo de red de retorno de condensado
- Transporte de materiales desde nuestro taller hasta la Planta de LAIVE en Huachipa.
- Maniobra de izaje de tuberías en Sala de Calderas para su montaje.
- Aseguramiento mediante empernado del equipo a la base de concreto del equipo antiguo.

**2. Tanque flash e Intercambiador de calor**

**2.1. Tanque flash**

El tanque tendrá las siguientes características:

- Posición: Horizontal.
- Material: Acero al carbono ASTM A36.
- Espesor de pared: 1/4".
- Presión de Operación: Atmosférica.

**2.2. Intercambiador de calor**

- Posición: Vertical.
- Tipo: Placas.

**3. Nuevas Líneas de Retorno de Condensado**

**3.1. Retorno de condensado del Área de UHT**



Las troncales de retorno de condensado del área de UHT comprenden el retorno de los siguientes equipos hacia el tanque receptor de condensado de UHT ubicado en la zona de esterilización:

<b>4</b>	CIP Tetrapack	6.5	Indirecto	
<b>4.1</b>	Tina Soda	6.5	Indirecto	
<b>4.2</b>	Tina Acido	6.5	Indirecto	
<b>5</b>	Sistema Cocoa	6.5	Indirecto	
<b>6</b>	Termizador	6.5	Indirecto	
<b>7</b>	Tina Brida	6.5	Indirecto	
<b>8</b>	Esterilizador #1 (Flex7)	6.5	Indirecto	
<b>9</b>	Esterilizador #2 (Flex4)	6.5	Indirecto	
<b>10</b>	Embolsadora #3	4	Indirecto	
<b>11</b>	Embolsadora #4	4	Indirecto	
<b>12</b>	Esterilizador #5 (Base Drink)	5	Indirecto	

Se considerarán los siguientes accesorios y válvulas según trazo en diagrama planteado.

- Tubo F/N ASTM A53 SCH40 de 2'
- Tubo F/N ASTM A53 SCH40 de 1 1/4'
- Tubo F/N ASTM A53 SCH40 de 1"
- Tubo F/N ASTM A53 SCH40 de 3/4'
- Tubo F/N ASTM A53 SCH40 de 1/2'
- 08 Válvulas esfera de 1'
- 09 Válvulas esfera de 3/4'
- 20 Válvulas esfera de 1/2'
- 04 Filtros "Y" mod IT Spirax Sarco de 1'
- 01 Filtro "Y" mod IT Spirax Sarco de 3/4'
- 09 Filtro "Y" mod IT Spirax Sarco de 1/2'
- 04 Trampa tipo flotador FTI-125 Spirax Sarco de 1"
- 04 Válvula check tipo swing D-138, marca CRANE, de 1
- 05 Válvula check tipo swing D-138, marca CRANE, de 3/4'
- 11 Válvula check tipo swing D-138, marca CRANE, de 1/2'

Se considera para el paquete de trapeo de los equipos solo la complementación de la instrumentación que ya existe, considerando como paquete de trapeo lo siguiente:

- 02 Válvulas Esfera
- 01 Válvula check
- 01 Filtro tipo "Y"
- 01 Trampa termodinámica

En soportería se considera la incorporación de las troncales a estructuras ya existentes en la instalación de Laive.

### 3.2. Retorno de condensado del Área de Lácteos

Las troncales de retorno de condensado del área de Lácteos comprenden el retorno de los siguientes equipos:

Secador
Olla Kustner
Pasteurizador (Mantequilla)
Pasteurizador #4 Sondex



Los Condensados retornaran directamente al tanque de condensado dado la distancia y presión con que trabajan

Se consideran los siguientes accesorios y válvulas:

- Tubo F/N ASTM A53 SCH40 de 1 1/2'
- Tubo F/N ASTM A53 SCH40 de 1 1/4'
- Tubo F/N ASTM A53 SCH40 de 1"
- Tubo F/N ASTM A53 SCH40 de 3/4'
- 02 Válvula esfera de 1 1/2'
- 04 Válvula esfera de 3/4'
- 04 Válvula esfera de 1/2'
- 02 Filtro "Y" mod IT de 3/4'
- 02 Filtro "Y" mod IT de 1/2'
- 01 Válvula check tipo swing de 1 1/2"
- 02 Válvula check tipo swing de 3/4'
- 02 Válvula check tipo swing de 1/2'

Se considera para el paquete de trampeo de los equipos solo la complementación de la instrumentación que ya existe, considerando como paquete de trampeo lo siguiente:

- 02 Válvulas Esfera
- 01 Válvula check
- 01 Filtro tipo "Y"
- 01 Trampa termodinámica

En soportería se considera la incorporación de las troncales a estructuras ya existentes en las Plantas.

#### **4. Aislamiento térmico para línea de condensado**

Comprende el suministro y montaje de aislamiento térmico con el siguiente material:

Cañuelas de fibra mineral para temperatura media, fabricadas según norma ASTM C-547, tipo I y ASTM C-795, con un factor de conductividad térmica de 0.043 W/m<sup>2</sup>K a 100 °C.

Se consideran los siguientes espesores:

- De 1/2" a 2 1/2": espesor de aislante 1".

El sistema de aislamiento térmico se realizará a las siguientes Áreas y equipo:

- Área UHT.
- Área LÁCTEOS.

#### **5. Reubicación de bombas de alimentación de Calderas**

Las bombas que alimentan agua a las calderas deben ser ubicadas debajo del tanque de condensado, debido a que trabajan con agua caliente y se deben disminuir las pérdidas por fricción en el recorrido de la tubería y accesorios.

Una vez que las bombas estén reubicadas, será necesaria la instalación de tubería desde la nueva ubicación hacia las calderas.

También se considera el cableado de fuerza desde los tableros de control existentes hacia las bombas en su nueva ubicación.

No será necesaria la reubicación de los tableros de control.



**CONDICIONES GENERALES:**

- ✓ Se realizará el tendido con planta en operación y se conectara a la planta durante parada de la misma.
- ✓ Se consideran los consumibles, facilidades como andamios, Implementos de seguridad, Elementos de seguridad, herramientas, Materiales, transporte de materiales a planta y mano de obra y los necesarios para el propósito del trabajo.
- ✓ Los trabajos se realizarán bajo supervisión de un especialista en fabricaciones industriales y sistemas de vapor y retorno de condensado.
- ✓ Los trabajos serán realizados teniendo en cuenta las normas de Seguridad industrial y Medio ambiente de TERMODINAMICA S.A.
- ✓ TERMODINAMICA S.A. suministrará consumibles como: soldadura, etc., que sean necesarios para la ejecución del servicio.
- ✓ TERMODINAMICA S.A. dispone de mano de obra especializada para el desarrollo del proyecto y realizará los trabajos, según los requerimientos del servicio y las buenas prácticas de ingeniería. El aislamiento térmico será instado en el lugar de mejor conveniencia para maniobras.
- ✓ Se considera la Interconexión en día Domingo Y/O feriado



## PROPUESTA ECONOMICA

Item	Descripción	Sub – Total (USD)
<b>1</b>	<b>Ampliación de Línea de condensado</b>	
1.1	Fabricación de la línea de retorno de condensado	\$ 8,000.00
<b>2</b>	<b>Tanque flash e Intercambiador de calor</b>	
2.1	Fabricación y selección.	\$ 20,500.00
<b>3</b>	<b>Nuevas Líneas de Retorno de Condensado</b>	
3.1	Área de UHT	\$ 5,398.00
3.2	Área de Lácteos	\$ 7,034.00
<b>4</b>	<b>Aislamiento Térmico</b>	
4.1	Área UHT	\$ 3,764.00
4.2	Área Lácteos	\$ 2,803.00
<b>5</b>	<b>Reubicación de Bombas de alimentación a calderas</b>	
5.1	Tuberías de agua desde nueva ubicación de bombas hasta calderas	\$ 3,612.00
5.2	Cableado de fuerza desde tableros existentes hasta bombas	\$ 1,889.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 53,000.00</b>

**VALOR FINAL: US \$ 53,000.00+ IGV**



**Forma de pago:**

- **50 %** Adelanto con la O/C.
- **30 %** Concluido el sistema
- **20 %** a 30 días de pruebas .

**Tiempo de ejecución:**

- **Logística:** 05 días.
- **Montaje:** 25 días.
- **Interconexión 1:** 01 día en Sala de calderas.
- **Interconexión 2:** 01 día en UHT.
- **Interconexión 3:** 01 día en LÁCTEOS.

**Validez de la oferta:** 30 días.

Sin otro particular por el momento, quedamos a su disposición para cualquier consulta.

Atentamente,

**TERMODINAMICA S.A.**

*Ing. Rafael Calle Pérez*

*División de Integración y Proyectos*

*Tel.: 51 1 336-6850, anexo: 109*

*Fax: 51 1 336-6801*

*RPM: #998306910*

*Email: [rcalle@termodinamica.com.pe](mailto:rcalle@termodinamica.com.pe)*