



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**MEJORAS DEL SISTEMA DE
CALENTAMIENTO DE AGUA DEL
SISTEMA HVAC DE LA EMPRESA
LABORATORIOS INNOVA C.A.**

Autores:

Luis F. Barrios P.

Daniel A. Bolívar G.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**MEJORAS DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA DEL SISTEMA HVAC
DE LA EMPRESA LABORATORIOS INNOVA C.A.**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autores:

Luis F. Barrios P.

Daniel A. Bolívar G.

Tutora:

Ing. Alicia Yánez de Pizzella

San Diego, noviembre de 2023



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: Mejoras del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC de la empresa Laboratorios Innova C.A

Realizado por el (la) Br. Luis Barrios

C.I. N° 25037084 cursante de la carrera de Ingeniería

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Mónica Pizella
C.I.: 459880

El Jurado


Jurado
Nombre: Andira Rodríguez
C.I.: 11-99.002


Jurado
Nombre: Wilson Espinoza
C.I.: 9865845

Fecha: 13 / 11 / 23





UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: Mejoras del sistema de Calentamiento de agua del sistema HVAC de la empresa Laboratorios INNOVA C.A.

Realizado por el (la) Br. Daniel Bolívar

C.I. N° 22.518.988 cursante de la carrera de Ingeniería Mecánica

hace constar después de analizar su contenido y oír la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:


APROBADO

NO APROBADO


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: 4598880
C.I.: 4598880

El Jurado


Jurado
Nombre: Andira Rodríguez
C.I.: 11.547.002


Jurado
Nombre: Wiston Espinoza
C.I.: 9885895

Fecha: 13/11/23





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quien suscribe, Ing. Alicia de Pizzella, portador de la cédula de identidad N° 4.598.880, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por el ciudadano Luis Fernando Barrios Piña, portador de la cédula de identidad N° 25.037.684 y el ciudadano Daniel Alejandro José Bolívar García, portador de la cédula de identidad N° 22.518.988, titulado **MEJORAS DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA DEL SISTEMA HVAC DE LA EMPRESA LABORATORIOS INNOVA C.A.**, presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO MECÁNICO**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 26 días del mes de octubre del año dos mil veintitrés.

Ing. Alicia de Pizzella

C.I: 4.598.880



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

FI N 007 2023-1CR TG

Valencia, 04 de agosto de 2023

Ciudadanos:

BARRIOS PIÑA, LUIS FERNANDO

25.037.684

BOLÍVAR GARCÍA, DANIEL ALEJANDRO JOSÉ

22.518.988

Presente -

Cumplo con informarles que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 09-2023 de fecha 14/06/2023 aprobó el proyecto de grado titulado:

**Mejoras del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC de la empresa Laboratorios
Innova C.A.**

Presentado por ustedes como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Ing. Alicia Teresa Yáñez de Pizzella, titular de la cédula de identidad V-4.598.880

Atentamente




Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por acompañarme y guiarme desde el minuto uno de mi vida, por brindarme la sabiduría, la fortaleza y la salud necesaria para llevar a cabo la realización de este trabajo de investigación como también de escucharme en momentos de angustia y permitir recaer en él mis temores.

A mi madre Nayali Piña por cuidarme y enseñarme los valores que han formado a la persona que soy hoy, como también de darme el apoyo necesario y amarme con todo su corazón; a mi padre Juan Fernando Barrios por brindarme la seguridad y estabilidad necesaria en mi vida que me ha permitido llegar a un momento tan importante como este y por sus consejos y enseñanzas a lo largo de mi vida. Gracias por ser los padres que me tocaron tener, los amo.

A mi hermana Camila Barrios por cuidarnos y querernos mutuamente desde pequeños, por aguantarme y apoyarme durante todo este tiempo. A mi tía Nurya Barrios por brindarme todos sus conocimientos a lo largo de mi carrera, aclarándome siempre dudas que se presentaban y guiándome para convertirme en el estudiante que soy hoy, como también por su amor a lo largo de mi vida.

A mis abuelos, que me han brindado de todo el amor y cariño posible, como además de las enseñanzas positivas desde pequeño.

A los amigos que me regalado la vida, en los que destaco a los amigos que me regaló esta maravillosa carrera; Cecilia, Williannys y Joshua, gracias por su amistad, compañerismo y por siempre estar presente para mí durante toda la carrera.

A mis casas de estudio, la Universidad de Carabobo donde comencé y me apasioné por esta carrera y la Universidad José Antonio Páez por acogerme y permitirme culminar mis estudios, a todos los profesores que han aportado su esfuerzo y conocimiento para mi formación como Ingeniero Mecánico y en especial a nuestra tutora académica y metodológica la Ing. Alicia de Pizzella quien nos brindó sus amplios conocimientos y capacidades para permitirnos la elaboración de este proyecto.

A todos ustedes, ¡MUCHAS GRACIAS!

Luis Fernando Barrios Piña

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fortaleza, sabiduría, salud e inteligencia y por siempre acompañarme en mis faenas día tras día, pero sobre todo en darme una familia tan maravillosa.

Agradezco a mis padres Alejandro Bolívar y Karim García por darme la vida y estar siempre apoyándome en el trascurso de mi desarrollo, brindándome toda ayuda que llegase a necesitar y por su aliento para completar esta fase de crecimiento personal tan importante.

Gracias a mis abuelos Bernarda Stark y Antonio García, ustedes también son un pilar en mi vida, gracias por compartir mis logros, por cada uno de sus consejos y por su amor incondicional. Abuelo sé que estarás orgulloso de mí donde quiera que estés. De ustedes también es este logro.

A nuestra tutora académica y metodológica la Ing. Alicia de Pizzella quien, por sus amplios conocimientos, capacidades docentes y profesionales considero fue el mejor apoyo con el que pudimos contar durante este trabajo.

A mi novia, familiares y mis amigos, Gabriela Gabay, Alejandro Bolívar, Carlos Abigail Abígail García, Carlos Eduardo García, Edward García, Nelly Conde, Edidzabeth Altamar, Samuel Gabay, Alexis Morales, Augusto Carreño, Adrián Chiquito, Sthephania Villalonga, Cristofer Camacho, por estar presente a lo largo de esta experiencia y por todos esos grandes momentos.

A los Profesores, de la Universidad José Antonio Páez por todos los conocimientos impartidos durante estos años, que me permitieron alcanzar la meta de ser Ingeniero Mecánico.

Agradezco cordialmente, a cada una de las personas que de una u otra manera aportaron un granito de arena para que yo pudiera alcanzar esta meta, por sus buenos sentimientos, y muestras de apoyo, a los que siempre estuvieron para ayudarme de manera incondicional.

A mi compañero y amigo Luis Barrios, por su paciencia y dedicación, a pesar de los contratiempos y la diferencia de pensamiento.

A todos ustedes, ¡MUCHAS GRACIAS!

Daniel Alejandro José Bolívar García

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE GRÁFICOS.....	xiv
LISTA DE TABLAS.....	xv
RESUMEN	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Justificación de la Investigación.....	7
1.5 Alcance.....	8

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Bases Teóricas.....	12
2.2.1 Teoría cinética molecular.....	12
2.2.2 Transferencia de calor.....	12
2.2.3 Intercambiador de calor.....	13
2.2.3.1 Intercambiador de calor de carcasa y tubos.....	13
2.2.4 Sistema HVAC.....	14
2.2.5 Mecánica de fluidos.....	15
2.2.6. Ecuación de Bernoulli.....	15
2.2.7. Bomba.....	16
2.2.7.1 Tipos de bombas rotativas	16

2.2.7.2 Bombas dinámicas	17
2.2.8 Trampas de vapor.....	18
2.2.8.1 Separador de gotas	19
2.2.8.2 Purgadoras.....	19
2.2.8.3 Eliminador de aire.....	20
2.2.9 Perdida de carga	20
2.2.10 Golpe de ariete.....	21
2.2.11 Automatización industrial.....	22
2.2.12 Sistema de control	22
2.2.13 Válvula.....	22
2.3 Bases Legales.....	23
2.3.1. Norma COVENIN 5006:2018.....	23
2.4 Definición de Términos.....	23

III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación.....	24
3.2 Diseño de la Investigación.....	25
3.3 Nivel de la Investigación.....	25
3.4. Población y Muestra.....	26
3.5. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5.1. Técnicas de Recolección de Datos.....	26
3.5.2. Instrumentos de Recolección de Datos.....	27
3.6. Validación del Instrumento	28
3.7. Técnica de Análisis De Resultado	28
3.8. Fases Metodológicas.....	29
3.9. Cuadro de Operacionalización de Variable.....	30

IV RESULTADOS

4.1 Diagnóstico de los problemas presentes en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC	31
--	----

4.1.1 Entrevista realizada al personal ligado al sistema de calentamiento.....	37
4.1.2 Diagrama Causa-efecto (Ishikawa)	39
4.1.3 Diagrama de Pareto	39
4.2 Determinación de las mejoras a implementar en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC	41
4.2.1 Propuestas de mejoras para el sistema de calentamiento de agua ...	42
4.2.2 Criterios de evaluación y selección de propuestas	47
4.3 Realización de los cálculos y diseños de las mejoras seleccionadas para el sistema de calentamiento del sistema HVAC	50
4.3.1 Selección del control de temperatura	50
4.3.2 Selección de los componentes a agregar al sistema	51
4.3.3 Cálculo y selección de la trampa de vapor	59
4.3.4 Cálculo y diseño del tanque	64
4.4 Simulación del funcionamiento de los equipos del sistema de calentamiento del sistema HVAC	71
4.5 Evaluación de la viabilidad técnica, económica, operativa y ambiental de las mejoras en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC ...	75
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS.....	87
A: Orden de trabajo cerrada.....	88
B: Producción área sólidos semana 12.....	89
C: Especificaciones bomba centrífuga Armstrong 4030	90
D: Reporte de performance UMA 2	91
E: Reporte de performance UMA 3	92
F: Reporte de performance UMA 4	93
G: Reporte de performance UMA 8	94
H: Propiedades del agua saturada	95
I: Información del intercambiador de calor del sistema	96

J: Recubrimiento fibra de roca en las tuberías del sistema	97
K: Fibra de vidrio en los ductos de climatización	98
L: Ficha técnica Honeywell DC 1040.....	99
M: Ficha técnica convertidor I/P T1000.....	100
N: Ficha técnica válvula de control Spence modelo K.....	102
Ñ: Ficha técnica trampa de vapor TLV serie J7X.....	104
APÉNDICE.....	106
A: Guion de entrevista	107
B: Validación de instrumento.....	108
C: Validación de instrumento.....	109
D: Validación de instrumento.....	110
E: Diagrama P&ID del sistema de agua caliente actual.....	111
F: Diagrama P&ID del sistema de control automático de temperatura.....	112
G: Plano de tanque.....	113
H: P&ID del sistema de control de nivel del tanque.....	114

LISTA DE CUADROS

DESCRIPCIÓN

CUADRO		pp.
1	Criterios y restricciones	47
2	Propuestas vs Restricciones	48
3	Ponderación de criterios	48
4	Parámetros de puntuación	49
5	Condiciones de las propuestas con respecto al criterio	49
6	Evaluación de las propuestas	49

LISTA DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN

FIGURA		pp.
1	Condiciones específicas para el área de sólidos	3
2	Clasificación norma ISO 14644-1	4
3	Línea de condensado	5
4	Intercambiador de calor de carcasa y tubos	14
5	Secciones de fluido	15
6	Dibujo esquemático de bombas de desplazamiento positivo	17
7	Comparación de las curvas características típicas de bombas dinámicas y de desplazamiento positivo a velocidad constante	18
8	Separador de gotas	19
9	Golpe de ariete	21
10	UMAs del sistema HVAC del área de producción sólidos	32
11	Tuberías de entrada y salida de agua caliente de las UMA del sistema HVAC	32
12	Serpentín de agua caliente de las UMA del sistema HVAC	33
13	Intercambiador de calor de coraza y tubos	34
14	Línea de condensado del intercambiador de calor	34
15	Bombas centrífugas Armstrong modelo 4030	36
16	Válvula neumática para reposición de agua	36
17	Válvula solenoide	37
18	Presostato a la salida del intercambiador	37
19	Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa)	37
20	Diagrama de Pareto	37
21	Diagrama P&ID del sistema de agua caliente actual	38
22	Indicador de temperatura para tubería	39
23	Diagrama de sistema de control para vapor saturado	39
24	Diagrama purgador de vapor	40
25	Ventosa para tubería	40

26	Tanque de acumulación de agua caliente	42
27	Intercambio de calor entre el vapor y el agua	50
28	Comparación RTD vs Termopar	51
29	Sensor de temperatura termocupla tipo J con termopozo	52
30	Linealidad de 4-20 mA con 0-100%	52
31	Transmisor de temperatura	53
32	Control de temperatura HONEYWELL DC 1040	54
33	Datos técnicos Honeywell DC 1040	54
34	Convertidor de corriente a presión I/P	55
35	Datos técnicos del convertidor de corriente I/P T1000	55
36	Válvula proporcional neumática Spence mod. K	56
37	Datos técnicos válvula de control neumática Spence mod. K	57
38	Válvula reguladora de presión 25P	57
39	Especificaciones técnicas de la válvula reguladora de presión 25P	58
40	P&ID del sistema de control automático de temperatura	58
41	Catálogo trampas de vapor	61
42	Especificaciones trampa de vapor modelo J7X y JS7X	62
43	Capacidad de descarga trampa de vapor modelo J7X	62
44	Instalación de la línea de retorno de condensado	64
45	Comparación tanques de polietileno versus acero	66
46	Manta de lana de roca para recubrimiento	67
47	Propiedades de la lana de roca	68
48	Flotante eléctrico	69
49	Contactador NC1-1810	69
50	Plano del tanque	70
51	P&ID del sistema de control de nivel del tanque	71
52	Diagrama electroneumático del control de la válvula proporcional	72
53	Diagrama electroneumático del nivel del tanque (nivel máximo)	73
54	Diagrama electroneumático del nivel del tanque (nivel mínimo)	73

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Variación de la presión en la tubería al manipular la válvula de entrada de vapor	35
2	Temperatura del agua y vapor en la entrada y salida del intercambiador de calor	74
3	Presión en la entrada y salida de la trampa de vapor	75

LISTA DE TABLAS

DESCRIPCIÓN

TABLA		pp.
1	Producción esperada área sólidos	6
2	Resultados entrevista a Ing. Adrián Marcano	38
3	Causas de pérdidas de eficiencia y productividad	40
4	Datos del sistema	60
5	Factor de seguridad recomendado para trampas de vapor TLV	63
6	Datos de las tuberías del sistema	64
7	Volumen total de agua en el sistema	65
8	Costos de los equipos y materiales necesarios	76
9	Costo de mano de obra	77
10	Inversión total para la aplicación de las mejoras	77
11	Gastos mensuales debido a fallas graves	78
12	Viabilidad económica	79



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**MEJORAS DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA DEL SISTEMA HVAC
DE LA EMPRESA LABORATORIOS INNOVA C.A.**

Autores: Luis F. Barrios P.
Daniel A. Bolívar G.
Tutora: Ing. Alicia de Pizzella
Fecha: noviembre 2023

RESUMEN

La presente investigación define las mejoras que deben ser implementadas en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC de la empresa Laboratorios Innova C.A, tomando en cuenta los diversos problemas que afectan la eficiencia del sistema y disminuyen la productividad en la empresa. Este sistema es importante para el control de las condiciones de temperatura y humedad en el área de producción sólidos por lo que se hizo necesario la búsqueda de soluciones para mejorar el funcionamiento del sistema, mejorando de esta forma las condiciones de operación para la empresa. Se determinó que la investigación es de tipo proyecto factible, sustentado en un diseño de campo y documental con un nivel descriptivo. Para este estudio, se utilizó la técnica de recolección de datos como el análisis de documentos, la observación directa y la entrevista, basándose en fuentes bibliográficas relacionadas con el tema y aplicando los instrumentos adecuados para cada técnica utilizada. Se seleccionaron tres soluciones para las cuales se realizó sus debidos cálculos y diseños para la incorporación de estas en el sistema y se realizó su respectiva simulación representando de esta manera su funcionamiento. Por último, se comprobó que dicha investigación es viable tanto económico, técnico, operativo y ambiental para llevarse a cabo por parte de la empresa, dado la influencia que tiene la solución planteada en la disminución de los gastos por mantenimientos correctivos y retrasos de producción, como también, un menor consumo de agua y gas. Línea de Investigación utilizada es Ciencias Cognitivas y Aplicadas.

Descriptor: Agua, bomba, control automático, intercambiador de calor, temperatura

INTRODUCCIÓN

En las industrias actuales, los sistemas de calentamiento de agua desempeñan un papel fundamental en diversos procesos industriales, debido a esto, las industrias siempre deberán buscar que el desempeño de estos sistemas sea el mejor y que presenten las menores fallas posibles ya que esto conducirá al parado de distintos procesos debido a mantenimientos no programados que retrasarán la producción y generarán gastos adicionales a la empresa.

Cuando se requiere mantener un área determinada climatizada y además mantener un porcentaje adecuado de humedad en esta, los sistemas Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) son la opción más viable para esto, contar con una manejadora de aire que posea un serpentín para el agua fría y otro para el agua caliente permitirá controlar los valores de temperatura y humedad en las áreas de funcionamiento simplemente controlando las temperaturas de ingreso tanto del agua fría como del agua caliente, esta última se consigue contando con un sistema de calentamiento de agua, el cual está compuesto por un intercambiador de calor, una bomba, las tuberías y válvulas necesarias, el cual no está exento de problemas, entre los cuales se encuentra el golpe de ariete.

A nivel mundial, el golpe de ariete es una problemática muy común en entornos industriales que cuentan con sistemas de manejo de fluidos, capaz de generar daños significativos en las tuberías donde se presenta, debido a esto, las empresas deben buscar una solución lo antes posible para así evitar el máximo daño posible en sus equipos y evitar de esta forma paros y retrasos en la producción.

La presente investigación se centró en establecer las mejoras correspondientes para el sistema de calentamiento de agua para la manejadora de aire del sistema HVAC del área de producción sólidos de la empresa Laboratorios Innova C.A. Para lograr el cumplimiento del objetivo establecido se debió identificar los principales componentes en el sistema y determinar sus ventajas y desventajas para así encontrar la mejor forma de resolver la problemática existente. La investigación está desarrollada en cuatro capítulos, conformadas de la siguiente manera:

- **Capítulo I: El Problema**, se plantea la problemática existente y su respectiva formulación, siguiendo el objetivo general de la investigación y los respectivos objetivos específicos que se desarrollaron para la correcta solución del problema, luego se justifica la realización de la investigación y se establecen los alcances y limitaciones que posee el proyecto.

- **Capítulo II: Marco Teórico**, se desarrollan los antecedentes tanto nacionales como internacionales que son utilizados como base para el desarrollo de la presente investigación, se describen las bases teóricas que son utilizadas para el desarrollo del proyecto, se indican las bases legales que sirvieron como guía y definiciones de algunos términos básicos que hacen parte en la investigación.
- **Capítulo III: Marco Metodológico**, expone los métodos que son utilizados para el cumplimiento de los objetivos y realización de la investigación, se determinó el tipo, diseño y nivel de la investigación, la selección de la población y muestra a utilizar, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de los datos correspondientes y las fases metodológicas con las que contó la investigación.
- **Capítulo IV: Resultados**, en este capítulo se presentó el desarrollo de las fases metodológicas para la solución del problema presentado en la empresa Laboratorios Innova.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad los sistemas de calentamiento de agua son de vital importancia en las industrias modernas alrededor del mundo ya que estos son utilizados en una gran variedad de procesos industriales, esto conlleva a que si un sistema de calentamiento de agua falla debido a algún problema producirá la parada de algún proceso industrial que requiera agua caliente para su elaboración, produciendo así un posible retraso de producción el cual podría alargarse horas si el problema solo requiere el reemplazo de accesorios de la tubería afectada o días si existen daños en los equipos principales del sistema, lo cual afectará la productividad de la empresa y mayores gastos en la realización del mantenimiento correctivo necesario.

La empresa Laboratorios Innova C.A. está dedicada a la fabricación y venta de productos base farmacéuticos, considerándose una organización comprometida con la salud de la población venezolana. Dicha empresa cuenta con más de 15 sistemas de calentamiento de agua para los diversos procesos industriales requeridos para la producción de los distintos medicamentos que fabrican, uno de los tipos de medicamentos que se fabrican en esta empresa son los sólidos donde están incluidos las cápsulas y las tabletas, dichos medicamentos son fabricados en el área de producción sólidos, la cual debe mantenerse en unas condiciones específicas de temperatura y humedad relativa (ver figura 1) para el cumplimiento de la norma ISO 14644-1 clase ISO 8 (ver figura 2) la cual indica la concentración máxima de partículas por metro cúbico permitidas para un área considerada sala limpia, una sala limpia clasificación ISO 8 suele estar entre 5 y 10 veces más limpia que un entorno de oficina típico.

Áreas	Temperatura	Humedad Relativa
Sólidos	<24 °C	< 65 %
Humedad controlada		< 33 %

Figura 1. Condiciones específicas para el área de sólidos
Fuente: Departamento de control de calidad de Laboratorios Innova C.A. (2023)

ISO 14644-1 Standard de salas limpias						
Clase	Máximo de partículas /m ³					
	>=0.1 µm	>=0.2 µm	>=0.3 µm	>=0.5 µm	>=1 µm	>=5 µm
ISO 1	10	2				
ISO 2	100	24	10	4		
ISO 3	1,000	237	102	35	8	
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83	
ISO 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29
ISO 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293
ISO 7				352,000	83,200	2,930
ISO 8				3,520,000	832,000	29,300

Figura 2. Clasificación norma ISO 14644-1
Fuente: Isobox Systems (2022)

Para lograr las condiciones requeridas para el área de producción sólidos, la empresa cuenta con un sistema HVAC el cual por medio de una unidad manejadora de aire (UMA) se encarga de la climatización y deshumidificación del área correspondiente, para esto el equipo cuenta con dos serpentines internos por los cuales en el primero circula agua fría y en el segundo agua caliente, el aire al circular por el serpentín de agua fría y enfriarse genera un incremento de la humedad relativa de este siendo mayor a las condiciones visualizadas en la figura 1, por lo cual, el serpentín de agua caliente es de vital importancia ya que disminuirá la humedad relativa del aire.

La mejor forma para mantener un flujo constante de agua caliente por el serpentín de la manejadora de aire es con la utilización de un sistema de calentamiento de agua cerrado, por lo cual la empresa cuenta con su propio sistema de calentamiento de agua compuesto por un intercambiador de calor, una bomba, las válvulas y tuberías correspondientes, como se puede comprender, el correcto funcionamiento de este sistema de calentamiento de agua va vinculado a una correcta producción en el área de sólidos.

Según el Ing. Adrián Marcano el cual desempeña el cargo de líder de mantenimiento de planta de la empresa Laboratorios Innova C.A. el sistema de calentamiento de agua viene presentando constantes fallas en las tuberías debido a que se escuchan ruidos y se sienten vibraciones en esta, dicho problema ocurre al momento en el que un operador manipulo una válvula en el sistema de vapor saturado, por lo cual, se realiza un mantenimiento correctivo al sistema con frecuencia. El último mantenimiento correctivo fue realizado el día 27 de mayo del

2023, se realizó debido a la presencia de fuga de vapor en las tuberías debido al desgaste de partes de la tubería de acero al carbono SCH-80 de la línea de vapor saturado y línea de condensado (ver figura 3) donde se realizó el reemplazo de niples y accesorios de la tubería (Codo, cojinete y tee), el mantenimiento se hizo con una duración de 7 horas y media como se puede visualizar en la orden de trabajo (ver anexo A).

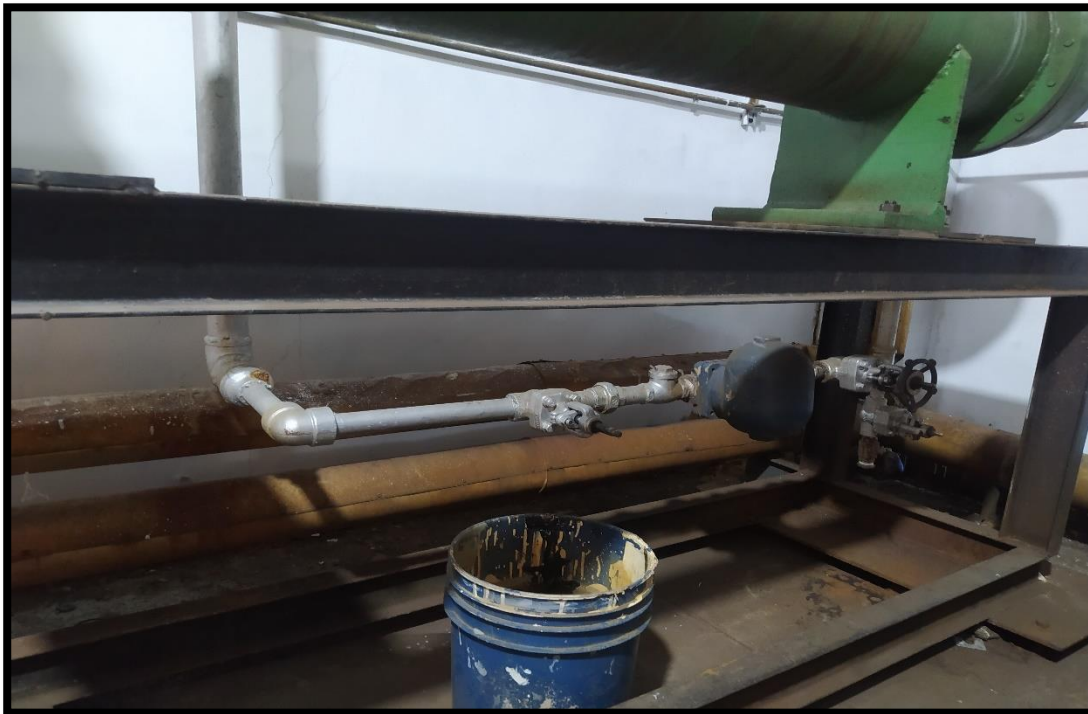


Figura 3. Línea de condensado

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

La realización de estos mantenimientos conlleva a la parada del sistema, por lo que no circulará el agua caliente por el serpentín de la manejadora de aire, desencadenando así un aumento de la humedad relativa en el aire por lo cual el área de producción sólidos queda inoperativa por no poder cumplir con las condiciones requeridas por la norma ISO 14644-1, la empresa para disminuir lo mejor posible el tiempo de inoperatividad del área, realiza estos mantenimientos los fines de semana cuando no se realiza la producción de medicamentos, pero igualmente en el tiempo en el que el sistema de calentamiento de agua está inoperativo el área se contamina por el aumento de la humedad relativa del aire a más del 65%, esto provoca que en el primer turno de ocho horas el departamento de control de calidad tenga que realizar las limpiezas correspondientes en el área para cumplir con los estándares requeridos para la producción de sólidos.

Según el cronograma de producción de la semana posterior a la realización del mantenimiento (Anexo B) se realizó la siguiente tabla 1 para visualizar la producción esperada del día lunes 29 de mayo del 2023 en el área de producción sólidos.

Tabla 1. Producción esperada área sólidos

Semana N° 22		Periodo del 29/05/2023 al 02/06/2023		
Área	Código	Tamaño	Lunes	
Sólidos	DIC7	125.000	L	B
	DIC7	125.000	T/R	R
	DIC10	41.666	L	F
	API10	36.000	T	T
Leyenda: (L: Limpieza de áreas, B: Blisteadado, T: Tableteado, R: Recubrimiento, F: Fabricación)				

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Al perderse un turno de producción debido al acondicionamiento del área requerido luego de la parada del sistema de calentamiento de agua por el mantenimiento correctivo realizado, la producción planificada en la tabla 1 no se cumplió, ya que indica la producción esperada para los 3 turnos de trabajo diarios, por lo que ese día no fueron producidas las 327.666 unidades correspondidas, generando así un retraso en la producción que la empresa debió recuperar aplicando una mayor cantidad de horas/hombre, lo que corresponde a mayores costes para la empresa.

Según referencia del Ing. Adrián Marcano al ser manipulada la válvula de entrada de vapor al intercambiador de calor por parte del operario de mantenimiento se producen variaciones de presión que generan vibraciones y ruidos en las tuberías que pueden desencadenar una explosión en las mismas las cuales manejan fluidos calientes, poniendo en peligro la seguridad del personal que se encuentre en el área.

1.2 Formulación del Problema

Con el problema ya definido, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cómo se pueden disminuir los problemas en el sistema de calentamiento de agua para la manejadora de aire del sistema HVAC del área de producción sólidos de la empresa Laboratorios Innova C.A.?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Mejorar el sistema de calentamiento de agua para la manejadora de aire del sistema HVAC del área de producción sólidos de la empresa Laboratorios Innova C.A.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diagnosticar los problemas presentes en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC.
2. Determinar las mejoras a implementar en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC.
3. Realizar los cálculos y diseños de las mejoras seleccionadas para el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC.
4. Simular el funcionamiento de los equipos del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC.
5. Evaluar la viabilidad técnica, económica, operativa y ambiental de las mejoras en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC.

1.4 Justificación de la Investigación

Las vibraciones y ruidos en las tuberías del sistema son problemas que deben buscar ser atendidos lo antes posible por cualquier empresa o industria, sus efectos causan un gran daño en las tuberías, las válvulas y en los equipos presentes en el sistema de calentamiento de agua. Aplicar las mejoras propuestas en esta investigación en el sistema de calentamiento de agua logrará evitar paradas en los equipos, lo cual, supondrá un menor tiempo de inactividad no planificado por la empresa como también la reducción de costos producidos por reparaciones o reemplazos de equipos costosos.

La investigación también es fundamental y de gran importancia debido a que se ven afectados directamente al personal cercano al área donde se produce el fenómeno, el ruido producto de este genera un impacto negativo en la comodidad y concentración de los trabajadores. Además del riesgo de seguridad presente, ya que las vibraciones producto de la variación de la presión podría hacer que estalle la tubería por la constante fatiga a la que se ve expuesta. Por lo tanto, se deben desarrollar las estrategias necesarias para la mitigación de este efecto.

Por consiguiente, esta investigación contribuirá a la mejora de la eficiencia, sostenibilidad y la seguridad del sistema de calentamiento de agua para la unidad manejadora de aire del sistema

HVAC del área de producción sólidos de la empresa Laboratorios Innova C.A. reduciendo los costos de mantenimiento, reparación y reemplazo de los equipos presentes. Además, esta investigación puede tener una implicación amplia tanto en la industria como en la ingeniería, ya que los sistemas de calentamiento de agua son de vital importancia para estas áreas.

Para llevar a cabo las mejoras requeridas se emplearán los conocimientos adquiridos en una gran variedad de materias vistas en la carrera como Termodinámica I y II y Mecánica de los fluidos I y II para entender las causas y los efectos de la variación de presión en tuberías, así como optimizar el sistema de calentamiento de agua; Transferencia de calor y Conversión de energía y sistemas térmicos I y II para analizar y optimizar la eficiencia del sistema, Sistemas de control y Automatización industrial para la implementación de un controlador en el sistema de vapor de agua a intercambiador de calor y por último Diseño en ingeniería mecánica y Diseño asistido por computadora para el diseño del tanque que se desea colocar en el sistema de calentamiento de agua para la eliminación del aire presente en las tuberías de este.

1.5 Alcance

Este proyecto de investigación pretende identificar las principales causas que generan el golpe de ariete en el sistema de calentamiento de agua para manejadora de aire del sistema HVAC y generar las soluciones necesarias para disminuir los problemas presentes en este, aumentando así la vida útil de los equipos del sistema, como también disminuyendo los costos de una futura reparación y evitando así los retrasos por un paro en los equipos en el área de producción de sólidos de la empresa Laboratorios Innova C.A.

El presente proyecto no se podrá utilizar como base para la mejora de otros sistemas que no cumplan con las mismas características que el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC de la empresa Laboratorios Innova C.A.; Además, sólo se desarrollarán los cálculos, diseños y selección de las mejoras a implementar, evaluando también la viabilidad técnica, económica, operativa y ambiental de estas, dejando a criterio de la empresa la futura implementación de estas mejoras.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Arias, F. (2004) establece que “los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones”. Para realizar un trabajo de investigación se debe contar con anteriores trabajos que funcionen como guía para el investigador, en donde se pueda tomar los aportes de distintos autores sobre el tema de estudio y así obtener una visión más amplia sobre el tema para el desarrollo de la investigación. Con esto, se tienen los siguientes antecedentes relacionados con el tema de la investigación:

Ortiz, D. y Ruiz, L. (2017), presentaron en la Universidad de América en Colombia un trabajo de investigación titulado “**Diseño de un sistema de captación del excedente de vapor, para su aprovechamiento en el calentamiento de agua en la empresa Azulk S.A**” para optar por el título de Ingeniero Mecánico. Esta investigación tiene como objetivo solucionar un problema energético y ambiental a través del diseño de un sistema de captación del excedente de vapor en el proceso de saponificación. Se llevó a cabo un trabajo de campo para recopilar información y determinar el estado térmico y energético de los procesos y del excedente de vapor. Se diseñó un sistema para recuperar el excedente de vapor de las siete pailas de saponificación y se plantearon alternativas de intercambiadores para calentar el agua del tanque de alimentación de vacío III, eligiendo la opción más viable.

Se evaluó el diseño mediante elementos finitos y se elaboraron los planos, la guía de operación y el manual de mantenimiento. Finalmente, se realizó un análisis del impacto ambiental y una evaluación financiera del proyecto. Se demostró que el proyecto reduce la contaminación y se evaluaron los costos y el tiempo de realización mediante el método del VPN (Valor Presente Neto). El contenido de esta investigación contribuye con la recolección de información sobre el diseño y recomendaciones de un sistema para la recolección del excedente de vapor mediante elementos finitos.

Por otra parte, Canduela, J. (2022), desarrolló en la Universidad de Cantabria un trabajo de investigación titulado “**Sistema de control PID de temperatura para la docencia de asignaturas de regulación automática**” para optar por el título de Graduado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática. Esta investigación se realizó con el objetivo de implementar un control PID para controlar la temperatura dentro de una caja que permita a los alumnos de dicha

universidad entender el funcionamiento del control empleado en una planta como así también el funcionamiento de un PID. El investigador realizó un estudio de planta para determinar los elementos requeridos para la realización del proyecto además de una profundización teórica para entender el funcionamiento de un controlador PID y de todos los componentes que requerirá dicho sistema.

El investigador armó el sistema y lo programó mediante código Arduino logrando así que dicho sistema logre alcanzar la temperatura requerida manteniéndolo en un tiempo determinado y con un error tolerable, cumpliendo de esta forma el objetivo planteado para la investigación. De esta forma, el contenido que presenta la investigación permitirá expandir los conocimientos sobre el control de la temperatura y ser así aplicado en el proyecto.

Así mismo, Gandur, S. (2016), desarrolló en la Universidad Autónoma de Bucaramanga un trabajo de investigación titulado **“Diseño de control óptimo y control robusto para regular la temperatura de un intercambiador de calor”** para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico. Esta investigación se realizó con el objetivo de analizar el comportamiento dinámico de las dos estrategias de control aplicadas en distintos tipos de intercambiadores de calor ante variaciones de la señal de referencia y señales de perturbación. Para determinar qué modelo matemático sería el adecuado a aplicar en los distintos tipos de intercambiadores de calor se necesitaron conocer qué entradas y salidas tendría el sistema para así plantear el controlador más adecuado, estas variables presentes tanto en entrada como salida se consiguieron aplicando ecuaciones que representaban el intercambio dinámico del sistema y sirvieron para simular el comportamiento de los distintos intercambiadores de calor. Para regular la temperatura de salida del agua en el intercambiador de calor se implementó una estrategia basada en los cambios de temperatura de la salida con respecto a la entrada, para así mantener un delta de temperatura constante con respecto a la temperatura de entrada del agua al intercambiador de calor.

El investigador realizó el estudio con tres tipos de controladores, PID, LQG y Robusto, obteniendo distintos resultados en los cuales evaluó por medio de los índices de error sobre los modelos con perturbaciones cuál controlador se comportaba mejor para cada tipo de intercambiador de calor. Con los resultados obtenidos el investigador pudo concluir que el controlador LQG presenta un excelente comportamiento frente a las perturbaciones del sistema, siendo la mejor opción para el control de temperatura en los distintos intercambiadores de calor utilizados. Esta investigación presenta un contenido teórico muy importante sobre

intercambiadores de calor y sistemas de control que aportará información esencial para ampliar el conocimiento y fundamentos para la realización del proyecto.

A su vez, Guerrero, F. (2018), presentó en la Universidad de San Buenaventura Seccional Cartagena un trabajo de investigación titulado “**Diseño de un sistema de recuperación de condensado de baja presión en la unidad U-110 Hidrocracking en Ecopetrol S.A Cartagena (Bolívar)**” para optar por el título de Ingeniero Químico. Esta investigación tiene como objetivo la implementación de un sistema de recuperación de condensado que permita aprovechar las energías residuales de los fluidos generando así un sistema más eficaz para lograr beneficios tanto de disminución del impacto ambiental como de costos operacionales de la empresa. La investigación es de tipo factible, ya que su propósito es diseñar y crear soluciones ante un determinado problema. Para la realización de dicha investigación se realizó un plan de trabajo para así lograr de la manera más óptima posible el objetivo planteado teniendo en cuenta los equipos que conformarían todo el sistema y las dimensiones de las tuberías a utilizar para optimizar así la recuperación efectiva del condensado de vapor de agua.

La investigación determinó que un sistema de recuperación de condensado que cumpla con las características adecuadas es capaz de generar beneficios tanto para la empresa como para el ambiente, llegando a ser una fuente de ahorro necesaria ante un recurso tan importante como lo es el agua. Esta investigación aporta contenido fundamental para los aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar e implementar una línea de condensado a un equipo para lograr la mayor eficiencia posible en el sistema del proyecto.

Por último, Ramírez, F. (2003), desarrolló en la Universidad Central de Venezuela un trabajo de investigación titulado “**Control de la temperatura y la humedad de una línea de producción de pasta corta**” para optar por el título de Ingeniero Químico. El objetivo de esta investigación fue la de automatizar el proceso del control de distintas variables en la industria, ya que este control requería la presencia de una cantidad significativa de operarios. Para el sistema controlado automatizado se decidió por implementar un PLC por las múltiples ventajas que este ofrece como la independencia a las intervenciones frecuentes de los operarios y la reprogramación remota. El enfoque dado a esta investigación es de proyecto factible.

El nuevo sistema de control se implementó correctamente habiendo algunas pequeñas perturbaciones en el sistema por lo cual se determinó hacer un control continuo en la salida del calentador que surte el agua caliente a la línea de producción para evitar las oscilaciones en el valor

de esta temperatura. El aporte para la investigación es la demostración de la implementación de un PLC para el control de distintas variables, en la que en nuestro caso nos sirve el control de la temperatura, además del contenido práctico que servirá como guía para la realización del proyecto.

2.2 Bases Teóricas

Según Arias, F. (2016) “las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado” (p. 107). De esta forma, los conceptos planteados en las bases teóricas permitirán ser el apoyo necesario por el cual se explicará el problema planteado y el entendimiento de la investigación presentada.

2.2.1 Teoría cinética molecular

Es un modelo microscópico que ayuda a comprender el comportamiento de las partículas de gas a nivel molecular o atómico cuando propiedades como la temperatura y la presión varían.

Las características más importantes de esta teoría son las siguientes:

1. Los gases se componen de partículas que están en continuo movimiento, viajando de manera lineal y cambiando su dirección al chocar con otras moléculas o con las paredes de un contenedor donde estén contenidas.
2. Las moléculas que componen un gas son infinitamente menores en comparación a la separación que hay entre ellas, por lo que el volumen combinado de las partículas es infinitamente menor en comparación con el volumen del contenedor.
3. La presión de gas dentro de un contenedor es el resultado de las colisiones entre las moléculas y las paredes del contenedor.
4. Las moléculas de gas no ejercen fuerza atractiva o repulsiva a las paredes del contenedor, por lo que su tipo de colisión es elástico.
5. La temperatura en grados Kelvin de un gas es proporcional a la energía cinética media de las moléculas de gas.

2.2.2 Transferencia de calor

Para Kern, D (1999) “La ciencia de la transferencia de calor está relacionada con la razón de intercambio de calor entre cuerpos calientes y fríos llamados fuente y receptor.” (pág. 15). Por consiguiente, la transferencia de calor es un fenómeno que permite intercambiar la energía térmica que tiene dos o mas cuerpos que tienen temperaturas diferentes. Estos intercambios de temperatura se existen en tres modos principales como lo son la conducción, la radiación y la convección.

- **Conducción:** Es la transferencia de calor por contacto directo a través cuerpos solidos
- **La radiación:** Es el calor que se transfiere por ondas que se mueven en el espacio vacío desde el emisor al receptor sin estar en contacto entre ellos
- **Convección:** Definida como la transferencia de calor por el movimiento de un fluido, sea liquido o gas, que transporta la energía térmica de un área caliente a una más fría

2.2.3 Intercambiador de calor

Los intercambiadores de calor, como su nombre lo indica, son los equipos encargados de transferir el calor de un fluido a otro, de acuerdo a Jaramillo, O. (2007) las principales razones por las que se utiliza un intercambiador de calor son:

- Calentar un fluido frío mediante un fluido con mayor temperatura.
- Reducir la temperatura de un fluido mediante un fluido con menor temperatura.
- Llevar al punto de ebullición a un fluido mediante un fluido con mayor temperatura.
- Condensar un fluido en estado gaseoso por medio de un fluido frío.
- Llevar al punto de ebullición a un fluido mientras se condensa un fluido gaseoso con mayor temperatura.

2.2.3.1 Intercambiador de calor de carcasa y tubo

Es el tipo de intercambiador de calor más común y es en el cual nos centraremos en la investigación.

De acuerdo a Jaramillo, O. (2007): Este tipo de intercambiador consiste en un conjunto de tubos en un contenedor llamado carcasa. El flujo de fluido dentro de los tubos se le denomina comúnmente flujo interno y aquel que fluye en el interior del contenedor como fluido de carcasa o fluido externo. En los extremos de los tubos, el fluido interno es separado del fluido externo de la carcasa por la(s) placa(s) del tubo. Los tubos se sujetan o se sueldan a una placa para proporcionar un sello adecuado. En sistemas donde los dos fluidos presentan una gran diferencia entre sus presiones, el líquido con mayor presión se hace circular típicamente a través de los tubos y el líquido con una presión más baja se circula del lado de la cáscara. Esto es debido a los costos en materiales, los tubos del intercambiador de calor se pueden fabricar para soportar presiones más altas que la cáscara del cambiador con un costo mucho más bajo.

“Entre los sitios que mayor precisión, cálculo, evaluación y control estricto de las condiciones ambientales requieren dentro del sector HVAC, se encuentra la industria farmacéutica”. (Jiménez, A. 2015)

2.2.5 Mecánica de fluidos

La mecánica de fluidos es el área de la física que estudia el comportamiento y las propiedades de los fluidos sean líquidos o gases, ya sea, en una condición estática o en un estado dinámico, teniendo aplicación en diversas ramas de la ingeniería, biología, hidráulica, meteorología, entre otras.

2.2.6 Ecuación de Bernoulli

Según Cengel, Y. (2006) la ecuación de Bernoulli “es una relación aproximada entre la presión, la velocidad y la elevación, y es válida en regiones de flujo estacionario e incompresible en donde las fuerzas netas de fricción son despreciables”.

La ecuación de Bernoulli es una manera matemática para representar el principio de Bernoulli de forma más general, tomando en cuenta los cambios de la energía potencial debido a la gravedad. Esta ecuación viene representada de la siguiente manera:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (1)$$

Donde:

- P_1 , v_1 y h_1 son la presión, velocidad y elevación en el punto 1 respectivamente y P_2 , v_2 y h_2 son la presión, velocidad y elevación en el punto 2 como se puede visualizar en la figura 5:

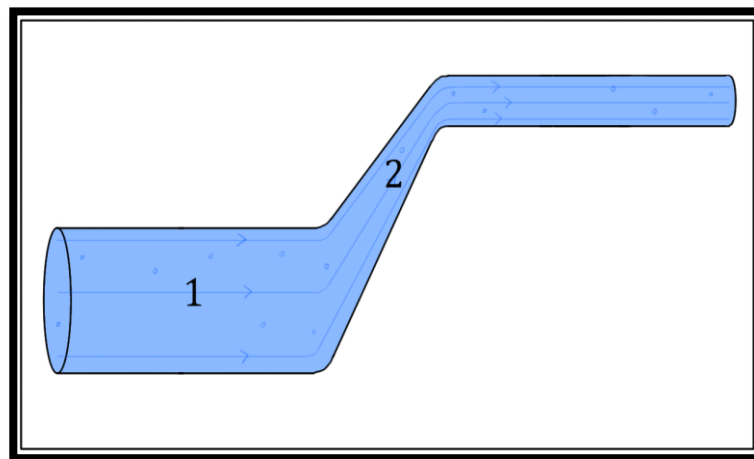


Figura 5. Secciones del fluido
Fuente: Khan Academy (2016)

- ρ es la densidad del fluido, la cuál es la misma en los dos puntos
- g es la gravedad terrestre, asumiendo una común de $9,81 \text{ m/s}^2$

Gracias a esta ecuación podemos conseguir en algún punto del sistema una variable que desconocemos la cual necesitamos para la continuidad de la investigación.

“La particularización de esta ecuación en régimen permanente cuando se tienen en cuenta solamente las manifestaciones de energía mecánica en los fluidos, es un concepto mucho más simple, representado en la Ecuación de Bernoulli”. (López, P. 2014)

2.2.7 Bomba

Las bombas son máquinas que aumentan la presión o la velocidad de un fluido incompresible, es decir, transforman la energía mecánica en energía hidráulica. “Hay dos tipos básicos de bombas: de desplazamiento positivo y dinámicas o de intercambio de cantidad de movimiento” (While, F. 2003, p. 725). Las bombas de desplazamiento positivo o volumétricas son aquellas que ceden energía al fluido mediante volúmenes confinados que se llenan y vacían de manera periódica. Dentro de este grupo se encuentran las bombas alternativas y las rotativas de paleta.

2.2.7.1 Tipos de bombas rotativas

Existen varios tipos de bombas rotativas, que se clasifican según el diseño del rotor y la carcasa, así como el mecanismo de desplazamiento del fluido. Algunos de los tipos más comunes incluyen:

1. Bombas de engranajes: Estas bombas utilizan dos engranajes que giran en sentido opuesto, uno impulsado por un motor y el otro por el engranaje impulsor. El fluido es atrapado en las cámaras formadas entre los dientes de los engranajes y la carcasa, y es desplazado hacia la salida de la bomba a medida que los engranajes giran.
2. Bombas de lóbulos: Estas bombas cuentan con dos o más lóbulos que giran en sentido opuesto, atrapando el fluido en las cámaras formadas entre los lóbulos y la carcasa. Los lóbulos no entran en contacto entre sí, lo que permite manejar fluidos sensibles al cizallamiento.
3. Bombas de paletas: En estas bombas, el rotor cuenta con paletas deslizantes que se extienden radialmente y se desplazan en ranuras en el rotor. A medida que el rotor gira, las paletas se deslizan contra la carcasa, atrapando el fluido en las cámaras formadas entre las paletas y la carcasa.

4. Bombas de tornillo: Estas bombas utilizan uno o más tornillos helicoidales que giran en el interior de una carcasa, atrapando el fluido en las cámaras formadas entre los tornillos y la carcasa. Las bombas de tornillo pueden ser de un solo tornillo (tornillo de Arquímedes), dos tornillos (tornillo de Moineau) o múltiples tornillos (tornillo de Bornemann).

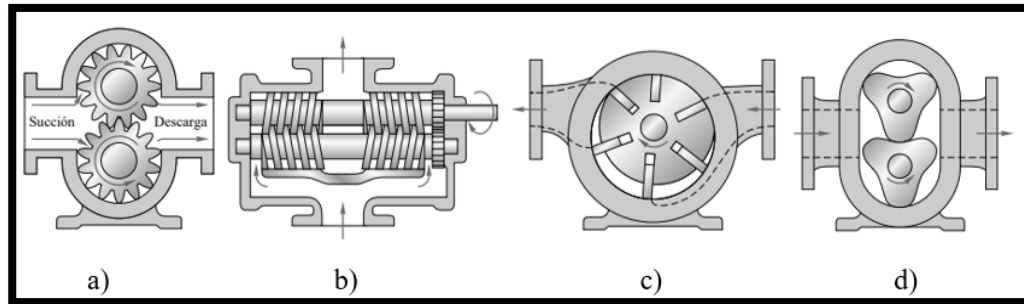


Figura 6. Dibujo esquemático de bombas de desplazamiento positivo
Fuente: White, F (2003)

En la figura 6 están representados los cuatro tipos de bombas rotativas, de izquierda a derecha: bomba externa de engranajes, bomba de tornillo doble, bomba de paleta deslizante y bomba de tres lóbulos.

2.2.7.2 Bombas dinámicas

Las bombas dinámicas incrementan la cantidad de movimiento del fluido mediante el uso de paletas, álabes giratorios o dispositivos especiales, sin la necesidad de volúmenes cerrados. El fluido adquiere mayor cantidad de movimiento al pasar por pasajes abiertos y, al salir a través de un difusor, su alta velocidad se convierte en un aumento de presión. Ahora según su aplicación podemos observar las diferencias entre las bombas dinámicas y las bombas de desplazamiento positivo

White, F (2003): Las bombas dinámicas son capaces de bombear grandes volúmenes de líquido con una descarga constante, pero tienen dificultades para manejar líquidos muy espesos. Las bombas dinámicas necesitan estar llenas de líquido para funcionar correctamente; si hay gas en su interior, no pueden aspirar el líquido que está más abajo. Por el contrario, las BDP se ceban automáticamente en la mayoría de los casos. Una bomba dinámica ofrece caudales elevados (hasta 300.000 gal/min) con incrementos de presión bajos (unas pocas atmósferas), mientras que las BDP pueden operar a presiones muy altas (300 atm) pero normalmente ofrecen caudales bajos (100 gal/min).

En la figura 7 se representa las distintas curvas características de las bombas dinámicas y de desplazamiento positivo con respecto al incremento de la presión y la descarga.

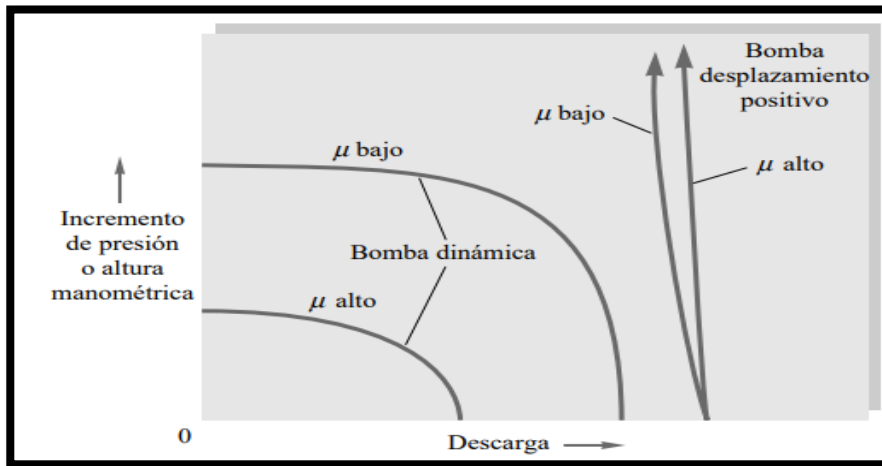


Figura 7. Comparación de las curvas características típicas de bombas dinámicas y de desplazamiento positivo a velocidad constante.
Fuente: White, F (2003)

2.2.8 Trampa de vapor

Las trampas de vapor son dispositivos que se utilizan para eliminar el condensado de las tuberías y los equipos que transportan o utilizan vapor. Su función es permitir que el vapor fluya sin obstáculos y evitar que el condensado se acumule y cause problemas de eficiencia, corrosión o seguridad. Existen diferentes tipos de trampas de vapor, según el principio de funcionamiento que emplean: mecánicas, termodinámicas o termostáticas. Cada tipo tiene sus ventajas y desventajas, y se debe elegir el más adecuado para cada aplicación.

Para una red de distribución de vapor se presenta la condición de condensación. Es importante limitar la presencia de condensados al circuito específico para ellos, ya que su presencia en el circuito de vapor puede causar problemas como ruido, abrasión y golpes de ariete. Esto se debe a que el condensado, al ser líquido, tiende a acumularse en las partes bajas de las tuberías, mientras que el vapor se mueve a altas velocidades y arrastra el condensado. Motivado a esto es necesario evitar el condensado en las diferentes zonas de la red de distribución. Para este fin empleamos distintos accesorios específicos como:

- Separadores de gotas
- Purgadores
- Eliminadores de aire

2.2.8.1 Separadores de gotas

Los separadores de gotas en trampa de vapor: “son accesorios de tubería que provocan, por su geometría, la deposición de las gotas que arrastra el vapor. Suelen tener una geometría laberíntica” (Junta de Castilla y León. (2010), pág. 15), que se utilizan para eliminar el condensado y el aire de las líneas de vapor, mejorando así la calidad y la eficiencia del vapor. Estos separadores consisten en un cuerpo cilíndrico con una trampa de vapor integrada que descarga el condensado y el aire retenido por el separador. El principio de funcionamiento se basa en la diferencia de velocidad y densidad entre el vapor y el condensado. Cuando el vapor entra en el separador, se produce una reducción de velocidad que provoca la separación de las gotas de agua por fuerza centrífuga.

El vapor seco sale por la parte superior del separador, mientras que el condensado y el aire se acumulan en la parte inferior y son evacuados por la trampa de vapor. Los separadores de gotas en trampa de vapor pueden alcanzar una eficiencia de separación del 98% si la velocidad del flujo de vapor es de 30 m/s (100 pie/s).

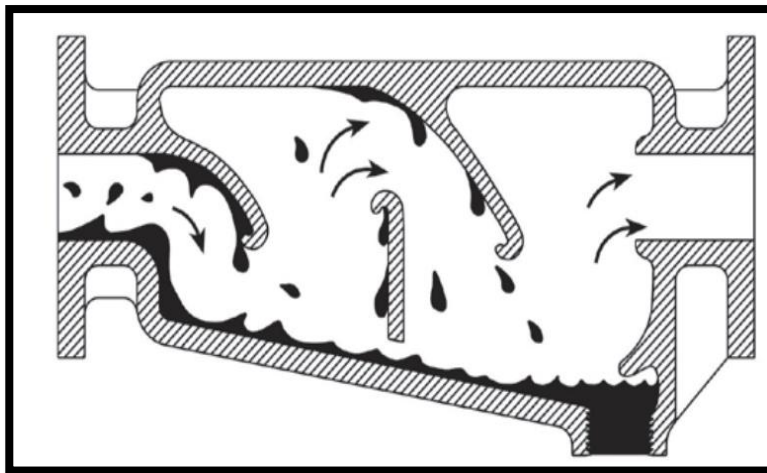


Figura 8. Separador de gotas.
Fuente: Junta de Castilla y León (2010)

En la figura 8 se visualiza el funcionamiento de un separador de gotas, eliminando de esta forma las gotas de líquido que arrastra el vapor.

2.2.8.2 Purgadoras

Las purgadoras en trampas de vapor son dispositivos esenciales en la industria y en sistemas de calefacción, ya que permiten eliminar el condensado y los gases no condensables de las tuberías de vapor, mejorando así la eficiencia y la seguridad de los sistemas de vapor. Su

ubicación es importante ya que “los condensados se sitúan en los puntos más bajos del circuito y por tanto en estos puntos es donde hay que proceder a su evacuación” Junta de Castilla y León. (2010), pág. 16

Existen varios tipos de purgadores según su aplicación y su principio de funcionamiento, donde cada uno con sus especificaciones, puntos de instalación y condiciones son:

- Purgadores Termostáticos
- Purgadores Mecánicos
- Purgadores Termodinámicos

2.2.8.3 Eliminador de aire

Otro de los accesorios que se utilizan en las trampas de vapor son las eliminadoras de aire en las instalaciones. “Un eliminador de aire automático es una válvula que trabaja termostáticamente y se instala en un lugar donde le llega el vapor y aire, pero no el condensado” Junta de Castilla y León. (2010), pág. 19. Los eliminadores de aire en trampa de vapor son dispositivos que se utilizan para eliminar el aire y otros gases no condensables de los sistemas de vapor.

Estos gases pueden afectar negativamente al rendimiento y la eficiencia de los equipos que utilizan vapor, como las calderas, los intercambiadores de calor y las turbinas. Los eliminadores de aire en trampa de vapor funcionan mediante la creación de una diferencia de presión entre el interior y el exterior del dispositivo, lo que hace que el aire y los gases se desplacen hacia una salida. El vapor, al ser más denso que el aire y los gases, permanece en el sistema. Los eliminadores de aire en trampa de vapor pueden ser de diferentes tipos, como mecánicos, termodinámicos o termostáticos, dependiendo del principio de funcionamiento que utilicen.

2.2.9 Pérdida de carga

Las pérdidas de carga en un sistema HVAC son la disminución de la presión del aire que se produce al circular por los conductos y los elementos que los componen, como rejillas, difusores, filtros, etc. Estas pérdidas de carga afectan al rendimiento y la eficiencia del sistema, ya que requieren un mayor consumo energético de los ventiladores para mantener el caudal de aire necesario. Para minimizar las pérdidas de carga, es importante diseñar adecuadamente el sistema HVAC, teniendo en cuenta aspectos como el diámetro y la longitud de los conductos, la rugosidad y el material de las paredes, la velocidad y la densidad del aire, y el número y tipo de accesorios que se utilizan.

2.2.10 Golpe de ariete

Según Twyman, J. (2018): El golpe de ariete es un fenómeno hidráulico que se manifiesta a través de un incremento de la presión cada vez que la velocidad del escurrimiento es alterada debido a la manipulación o falla de artefactos, tales como válvulas y bombas. En la figura 9 se puede observar como el cierre repentino de una válvula es capaz de producir este fenómeno al afectar de manera brusca el flujo del fluido a través de la tubería.

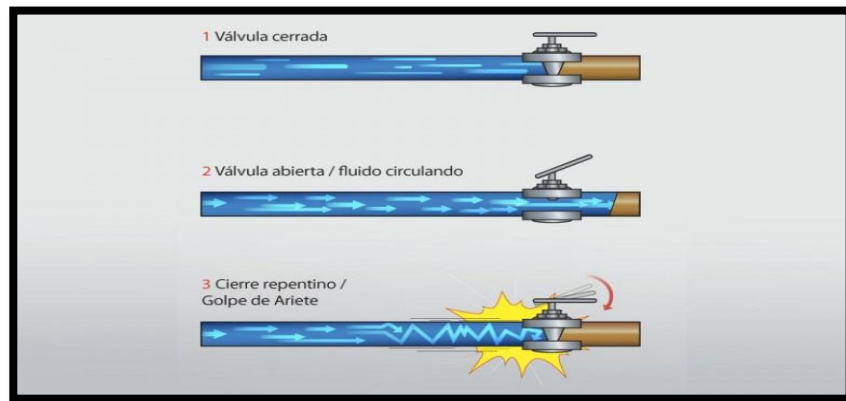


Figura 9. Golpe de ariete
Fuente: Dahané (2016)

Para Lahlou, M. (2009): El golpe de ariete se refiere a las fluctuaciones causadas por un repentino incremento o disminución de la velocidad del flujo. Estas fluctuaciones de presión pueden ser lo suficientemente severas como para romper la tubería de agua. Los problemas potenciales del golpe de ariete pueden ser considerados al evaluar el diseño de las tuberías y cuando se realiza un análisis detallado de las oscilaciones de presión, en muchos casos para evitar malos funcionamientos costosos en el sistema de distribución. Cualquier cambio mayor en el diseño del sistema principal o cambio en la operación tales como aumento en la demanda de los niveles de flujo deben incluir la consideración de los problemas potenciales de golpe de ariete. Este fenómeno y su significado tanto para el diseño como para la operación de los sistemas de agua, no es ampliamente entendido, como demuestra por el número y la frecuencia de fallos causados por el golpe de ariete.

Esto demuestra el gran problema que representa el golpe de ariete en los sistemas de tuberías el cual debe buscar ser eliminado lo antes posible.

Para obtener la celeridad de la onda de presión en la tubería donde ocurre el golpe de ariete se utiliza la siguiente fórmula:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K_c \frac{D_i}{e}}} \quad (2)$$

Donde:

- D_i es el diámetro interior de la tubería
- e es el espesor de la tubería
- K_c es un parámetro adimensional que se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$K_c = \frac{10^{10}}{E} \quad (3)$$

Siendo E el módulo de elasticidad del material que conforma la tubería.

2.2.11 Automatización industrial

Es la aplicación de componentes de la tecnología para minimizar la intervención del operador humano en el control de los procesos industriales, por un operador artificial en una tarea física o mental previamente programada, esto conlleva a automatizar los procesos, para así, ir reduciendo los errores, maximizar la calidad del ambiente laboral y la seguridad del trabajador.

2.2.12 Sistema de control

Es un conjunto de dispositivos que, unidos o relacionados entre sí, son capaces de realizar una operación dada para administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de un sistema o ha otro, para esto se tiene una serie de equipos que miden, accionan o controlan mediante una señal de acción los elementos del sistema de control, reduciendo las posibilidades de falla y obteniendo los resultados deseados. En estos procesos el sistema de control está conformado generalmente por un sensor que mide la variable, un controlador o regulador para variar el estado de la variable, un comparador para verificar y un actuador.

2.2.13 Válvula

“Es un dispositivo que regula, direcciona o controla el flujo de un fluido ya sea abriendo, cerrando u obstruyendo parcialmente las diversas vías” (Al-Juhani, 2012). Algunas de sus principales funciones son: iniciar y detener el flujo de un fluido, variando (estrangulando) la cantidad de fluido, controlando la dirección del flujo, regulando el sistema aguas abajo o presión del proceso, aliviando la sobrepresión de la tubería o de sus componentes.

2.3 Bases Legales

2.3.1 Norma COVENIN 5006:2018. Requisitos de Seguridad y Ambientales para la Instalación, Operación, Mantenimiento, Reparación de Sistemas de Refrigeración, Recuperación, Reúso y Eliminación de los Fluidos Refrigerantes.

Esta norma presenta los requisitos de seguridad y los aspectos ambientales idóneo para la instalación, operación, mantenimiento y reparación de los sistemas de refrigeración, así como la recuperación, reutilización y eliminación de refrigerantes halogenados e hidrocarbonados, aceites refrigerantes y medios de transferencia de calor provenientes de dichos sistemas, con el fin de prevenir o minimizar el riesgo de lesiones a las personas, daños a la propiedad y al ambiente como consecuencia de la manipulación incorrecta de los sistemas de refrigeración y los refrigerantes.

2.4 Definición de Términos Básicos

Según Tamayo (2002), la definición de términos básicos “es la aclaración del sentido en que se utilizan las palabras o conceptos empleados en la identificación y formulación del problema.” (p. 78). Por lo cual, los conceptos básicos de los términos empleados esperan ser una facilitación para el entendimiento de la investigación.

Condensado: Es el resultado de la transformación de un vapor o gas en estado gaseoso a un estado líquido debido a una disminución en la temperatura o a una presión más alta.

Humedad: Se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se mide en términos de la cantidad de agua presente en relación con la cantidad máxima de agua que puede contener a una temperatura y presión dadas.

Loop: Sistema en el cual no se intercambia materia del producto con el exterior, permaneciendo la masa de este constante.

Purga: Extracción de agua en un sistema debido a una acumulación de esta fuera de los parámetros requeridos.

Serpentín: Tubo largo en línea espiral o quebrada que sirve para facilitar el enfriamiento o calentamiento por medio de transferencia de calor entre el fluido que pasa por este y otro que pase por fuera.

Vapor de agua: Forma gaseosa del agua, se forma cuando el agua en estado líquido se calienta gracias a la adición de calor externo o por una disminución en la presión.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

A medida que analizamos las propuestas presentadas, se hace evidente la necesidad de establecer un conjunto de técnicas y procedimientos que nos conduzcan a obtener una solución óptima para el problema planteado. En su obra "El Proyecto de Investigación" (2012, p.110), Arias sostiene que el marco metodológico “es el cómo se realizará el estudio para responder al problema planteado”. Por lo tanto, en este capítulo se buscarán acciones precisas respaldadas por diversos autores especializados en metodología de investigación, con el fin de alcanzar los objetivos establecidos para esta investigación.

De la misma manera, se hace necesario definir el paradigma de la investigación, donde se establece las formas de actuar ante el proyecto. Asimismo, el enfoque de la presente investigación es tecnológico. Para Hurtado, J (2010) “Se pueden ubicar como ejemplos de proyectos tecnológicos el diseño de software, maquinarias, artefactos, productos, sustancias químicas, edificaciones, materiales, alimentos (biotecnología)” (p.567). Debido a esto, el presente proyecto sobre las mejoras en el sistema de calentamiento de agua ocupa el diseño, cálculo y selección de los elementos necesarios que permitirán disminuir los problemas que presenta el sistema.

3.1 Tipo de investigación

Palella y Martins (2006, p. 107) afirman que el proyecto factible se base en “elaborar una propuesta viable destinada a atender necesidades específicas, determinadas a partir de una base diagnóstica”, además, consideran que la finalidad fundamental de esta modalidad es presentar proposiciones y planteamientos que puedan ser ejecutados. Por otra parte, se tiene en cuenta el enfoque cuantitativo de la investigación, donde Sampieri, R. (2018) define el enfoque cuantitativo como el que “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4).

Con respecto a lo anterior, esta investigación es de tipo proyecto factible, debido a que se desarrollan una serie de propuestas para eliminar los problemas presentados en el sistema de calentamiento de agua donde se recolectan los datos necesarios que permiten plantear las mejores acciones posibles a realizar para el correcto funcionamiento de este.

3.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación es un plan o estrategia general que el investigador establece para abordar el problema en el cual se basa la investigación. Proporciona la estructura y las herramientas necesarias para obtener la información requerida, así como para verificar y relacionar los hechos observados con la teoría propuesta. Es importante un diseño de investigación sólido ya que garantizará la calidad y validez de los resultados obtenidos.

Arias, F. (2012) menciona que el diseño de investigación “es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño la investigación se clasifica en: Documental, de campo y experimental” (p. 27). Para el presente proyecto la investigación utilizada será de campo, debido a que habrá contacto directo con el objeto de estudio y los datos y parte de la información se recopilarán directamente desde la fuente donde ocurre la problemática, la cual es definida por Palella y Martins (2006) como aquella que “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural” (p. 97).

Como complementación, se utilizará también la investigación documental, la cual es definida por Arias (2016) como “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (p. 27). Es decir, la investigación documental se utilizará y tendrá una influencia en el trabajo, esto debido a la aplicación de distintos proyectos ya establecidos que proporcionen información que brindará apoyo para el desarrollo de esta.

3.3 Nivel de la investigación

Según Arias, F. (2016) el nivel de la investigación “se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p. 23). Además, lo clasifica en tres formas, exploratoria, descriptiva y explicativa. A su vez, Arias indica que la investigación descriptiva consiste en “la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de conocer su estructura o comportamiento” (p. 24), ubicando los resultados de este tipo de investigación en un nivel intermedio con respecto a la profundidad de los conocimientos.

Con el conocimiento de esto, la presente investigación posee un nivel descriptivo, esto debido a que se explicará detalladamente los problemas que afectan el sistema de calentamiento de agua de la empresa y serán analizados en profundidad, con la finalidad de obtener la máxima

información posible para el desarrollo de los objetivos planteados y solucionar la problemática existente.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

Palella y Martins (2006) definen la población como “el conjunto finito o infinito de elementos, personas o cosas pertenecientes a una investigación y que generalmente suele ser inaccesible” (p. 115). En este sentido, la población seleccionada para el desarrollo de la investigación serán todos aquellos intercambiadores de calor y bombas presentes en la empresa Laboratorios Innova C.A.

3.4.2 Muestra

Arias, F. (2016, p. 83) indica que la muestra “es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”, además, define que la muestra significativa es “aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido”. En consecuencia, a esto, la muestra de la presente investigación será el intercambiador de calor y la bomba presentes en el sistema de calentamiento de agua para la manejadora de aire del sistema HVAC del área de producción sólidos de la empresa Laboratorios Innova C.A.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.1 Técnicas de Recolección de Datos

Para Arias, F. (2012) “Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 67). La recolección de datos es un proceso fundamental en cualquier investigación, ya que permite obtener la información necesaria para responder a las preguntas planteadas y alcanzar los objetivos propuestos. En este sentido, es importante conocer y aplicar adecuadamente las técnicas e instrumentos de recolección de datos, con el fin de garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos. Así mismo, para el desarrollo de la investigación las técnicas utilizadas son Observación Directa, la revisión documental y la entrevista no estructurada.

Observación Directa: Arias, F. (2012), “Consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”. (p.69). Para la presente investigación se observó a detalle todo el proceso de funcionamiento del sistema de

calentamiento de agua del sistema HVAC, poniendo especial atención en los elementos que presentan problemas. También se observó el deterioro del sistema, principalmente los componentes que se encuentran dañados o defectuosos.

Revisión Documental: Hurtado, J (2010) “Se requiere revisar las teorías y definiciones existentes con respecto al evento a describir, compararlas, valorarlas e integrarlas, o seleccionar aquellas que permitan identificar sinergias e indicios precisos para la caracterización del evento”. (p. 427). Por lo tanto, permitió recolectar, organizar y analizar los datos obtenidos de las fuentes consultadas, identificando las principales ideas, conceptos, teorías, métodos y resultados relacionados con el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC.

Entrevista Estructurada: Arias, F. (2012) “Es una técnica basada en un diálogo o conversación cara a cara, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistado pueda obtener la información requerida”. (p.73). En este estudio se aplica una entrevista, donde el investigador estructurara la misma, mediante preguntas fijas que permiten la unificación de ideas y conceptos. Estas preguntas fueron dirigidas al personal ligado al sistema de calentamiento.

3.5.2 Instrumentos de Recolección de Datos

Para Arias, F. (2012) “en el caso de la observación libre o no estructurada, se emplean instrumentos tales como: diario de campo, libreta o cuaderno de notas, cámara fotográfica y cámara de video”. El diario de campo es uno de los instrumentos más utilizados en la observación directa, especialmente en investigaciones de carácter cualitativo. Consiste en un registro escrito y detallado de las observaciones realizadas por el investigador, en el que se describen los eventos, situaciones, comportamientos, interacciones y otros aspectos relevantes del fenómeno que se está estudiando. De igual forma, es importante que el investigador sea lo más objetivo y preciso posible en sus descripciones, evitando interpretaciones y juicios de valor.

Por último, Para la correcta realización de la entrevista estructurada es necesario la utilización de un instrumento denominado guía de preguntas. De acuerdo a Palella y Martins (2006), la guía de preguntas “se basa en un listado fijo de preguntas, cuyo orden y redacción permanece invariable” (p. 142). La guía de preguntas contiene una lista de temas o preguntas generales que el entrevistador debe abordar durante la entrevista para obtener los máximos datos posibles para la realización de la investigación.

3.6 Validación del instrumento

Para Palella y Martins (2006) “validez se define como la ausencia de sesgos. Representa la relación entre lo que se mide y aquello que realmente se quiere medir” (p. 173). Es decir, si los resultados obtenidos con el instrumento concuerdan con la teoría o con la creación que se quiere evaluar. La validez es una propiedad fundamental de cualquier instrumento de investigación, ya que de ella depende la calidad y la utilidad de los datos recogidos. Se establecen diferentes métodos para garantizar su evidencia:

- Validez de contenido: se refiere a la adecuación del instrumento para cubrir todos los aspectos del concepto o constructo que se quiere medir.
- Validez de constructo: se refiere a la coherencia del instrumento con la teoría o el marco conceptual que sustenta el concepto o constructo que se quiere medir.
- Validez de criterio: se refiere a la relación del instrumento con alguna medida externa que sirva como referencia o estándar para el concepto o constructo que se quiere medir.

La validez de un instrumento de investigación es fundamental para garantizar la calidad y la confiabilidad de los resultados y las conclusiones de un estudio.

3.7 Técnica de Análisis de Resultado

Luego de obtener los datos de las técnicas de recolección antes mencionadas, se debe realizar un análisis de los resultados obtenidos, según Hurtado (2000) el análisis de resultados “constituye un proceso que involucra la clasificación, la codificación, el procesamiento y la interpretación de la información obtenida durante la recolección de datos, con el fin de llegar a conclusiones específicas y dar respuesta a la pregunta de investigación” (p. 505). Para el presente estudio se analizaron los resultados utilizando las siguientes técnicas:

- **Diagrama Causa-Efecto**

Para Besterfield, D. (2009) “Un diagrama de causa y efecto (C&E) es una figura formada por líneas y símbolos cuyo objetivo es representar una relación significativa entre un efecto y sus causas” (p. 81). Este diagrama se representa mediante una figura que se asemeja a un pez, donde la cabeza es el problema o efecto y las espinas son las causas principales y secundarias. El diagrama de causa efecto ayuda a analizar las relaciones entre el problema y sus causas. El diagrama de causa efecto también se conoce como diagrama de Ishikawa, en honor a su creador, o diagrama de espina de pescado, por su forma.

- **Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que permite identificar las causas más importantes de un problema y priorizar las acciones para resolverlo. Según Besterfield, D. (2009) “Los diagramas de Pareto se usan para identificar los problemas más importantes. En general, el 80% del total se debe al 20% de los elementos” (p. 79). Este diagrama es representado en una gráfica de barras que ordena las causas de mayor a menor frecuencia, y un polígono de frecuencias que muestra el porcentaje acumulado de cada causa. De esta forma, se puede visualizar fácilmente cuáles son las causas más relevantes y enfocar los recursos en ellas.

3.8 Fases Metodológicas

Fase I: Diagnóstico de los problemas presentes en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC: En esta fase, se llevó a cabo el diagnóstico del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC por medio de la observación directa y la entrevista, y se aplicó distintas técnicas de análisis de resultado identificando así los puntos críticos y las oportunidades de mejora.

Fase II: Determinación de las mejoras a implementar en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC: Del mismo modo, en la realización de esta etapa se llevó a cabo la identificación de los componentes implicados en el estudio en cuestión. En primer lugar, se definieron los problemas que afectan al sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC, se efectuaron las propuestas a considerar para la resolución de los distintos problemas y se determinaron las mejores opciones teniendo en cuenta una serie de criterios y restricciones.

Fase III: Realización de los cálculos y diseños de las mejoras seleccionadas para el sistema de calentamiento del sistema HVAC: Una vez seleccionadas las mejoras que se deben aplicar al sistema en la fase anterior, se procedió al cálculo, diseño y selección de los nuevos elementos que forman parte de cada una de las mejoras.

Fase IV: Simulación del funcionamiento de los equipos del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC: En esta fase se realizó las respectivas simulaciones y modelaciones del sistema en distintos softwares tomando en cuenta todas las mejoras incorporadas para representar el funcionamiento del sistema.

Fase V: Evaluación de la viabilidad técnica, económica, operativa y ambiental de las mejoras en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC: Para concluir, durante esta etapa se evaluó la viabilidad financiera al calcular la relación entre los costos y beneficios de incorporar equipos al sistema de calentamiento de agua, con el objetivo de determinar su viabilidad

3.9 Cuadro de Operacionalización de Variable

Según a Arias (2016), “La operacionalización de variables se emplea en investigación científica para designar el proceso mediante el cual se transforma la variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, es decir, dimensiones e indicadores.” (p. 62). La operacionalización de variables es utilizada para la construcción de instrumentos que permitan y faciliten los análisis cuantitativos de los datos, gracias a esto se puede presentar de forma organizada el procedimiento que definió un evento a partir de información cualitativa. La operacionalización de variables es un proceso por el cual se convierte variables abstractas en medidas concretas, esto permite realizar mediciones objetivas y cuantificables, esto es esencial para llevar a cabo la investigación. En el presente proyecto la operacionalización de variables se encuentra en el cuadro técnico metodológico

CUADRO TÉCNICO METODOLÓGICO

OBJETIVO GENERAL: MEJORAR EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA PARA LA MANEJADORA DE AIRE DEL SISTEMA HVAC DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN SÓLIDOS DE LA EMPRESA LABORATORIOS INNOVA C.A.

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Diagnosticar los problemas presentes en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC.	Características del sistema de calentamiento de agua	Condiciones del sistema de calentamiento	Calidad	1	Entrevista Estructurada con Guía de Preguntas
			Eficiencia	2 y 4	
			Tiempo	3	
			Recurso económico	5 y 6	

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Diagnóstico de los problemas presentes en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC

A fin de determinar los problemas presentes en el sistema de calentamiento de agua, fue necesario recopilar la mayor información posible sobre este; en tal sentido, se realizó una visita al área donde se encuentran los equipos pertenecientes al sistema HVAC, para de manera visual y auditiva detectar en primera instancia cuales son los equipos o accesorios del sistema que presentan problemas y generar las mejoras necesarias.

El sistema de calentamiento de agua, es utilizado por la empresa LABORATORIOS INNOVA C.A. para abastecer constantemente el flujo de agua caliente a 65°C a cuatro unidades manejadoras de aire (UMA); a fin de proporcionar las condiciones ambientales controladas a temperatura y humedad relativa al área de producción sólidos. Cuenta además con un intercambiador de calor de carcasa y una línea de condensado con una trampa de vapor. Adicionalmente a lo antes mencionado también cuenta con dos bombas centrífugas de la marca Armstrong modelo 4030, operando bajo la modalidad STAND-BY; es decir una está en constante operación mientras que la segunda esta de reserva y solo se utiliza si llega a presentarse alguna falla con la primera.

Durante la actividad de inspección, equipo por equipo, pudo evidenciarse donde ocurren los problemas en el sistema de calentamiento de agua; además, fue elaborado la reseña fotográfica respectiva de los distintos equipos del sistema y la condición en la que se encuentran. La actividad de inspección del sistema fue el siguiente:

- **Unidades Manejadoras de Aire (UMA) TRANE**

Se inspeccionaron de manera externa las cuatro UMA que requieren del sistema de calentamiento de agua, presenciando el correcto funcionamiento de todas, no se visualizaron fugas de agua caliente ni en el serpentín de las manejadoras como tampoco en las tuberías de entrada y salida del agua caliente. En la figura 10 se pueden visualizar las unidades manejadoras de aire las cuales poseen sus respectivas entrada y salida de tubería de agua caliente del sistema (ver figura 11) que nutren al serpentín de agua caliente de cada manejadora (ver figura 12).



Figura 10. UMAs del sistema HVAC del área de producción sólidos
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)



Figura 11. Tuberías de entrada y salida de agua caliente de las UMA del sistema HVAC
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)



Figura 12. Serpentín de agua caliente de las UMA del sistema HVAC
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

- **Intercambiador de calor de coraza y tubos**

Al inspeccionar el intercambiador de calor (ver figura 13) se observó cómo un operador de mantenimiento le realizaba una purga manual en su línea de condensado (ver figura 14), haciendo concluir que existe un problema con la trampa de vapor utilizada que no está siendo capaz de drenar en su totalidad el condensado que se produce en el intercambiador, acumulándose éste, tanto en la línea de condensado como dentro del mismo intercambiador. Adicionalmente, el sistema de entrada de vapor al intercambiador se realiza de manera manual por medio de una válvula, la cual en el momento de la inspección fue manipulada por el operador de mantenimiento ya que era requerido aumentar el flujo de vapor para el intercambiador y se pudo observar por medio del manómetro instalado en la salida del intercambiador de calor los cambios bruscos de presión del fluido, variando la medición rápidamente entre los 40 y 80 PSI repetidamente como se representó en el gráfico 1, estos cambios bruscos en la presión acompañados de un ruido de golpes fuertes en la tubería indican la presencia del fenómeno de golpe de ariete, además, el operador de mantenimiento indicó que la mayoría de las veces en las que manipula la válvula de entrada de vapor al intercambiador se genera este fenómeno.



Figura 13. Intercambiador de calor de coraza y tubos
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

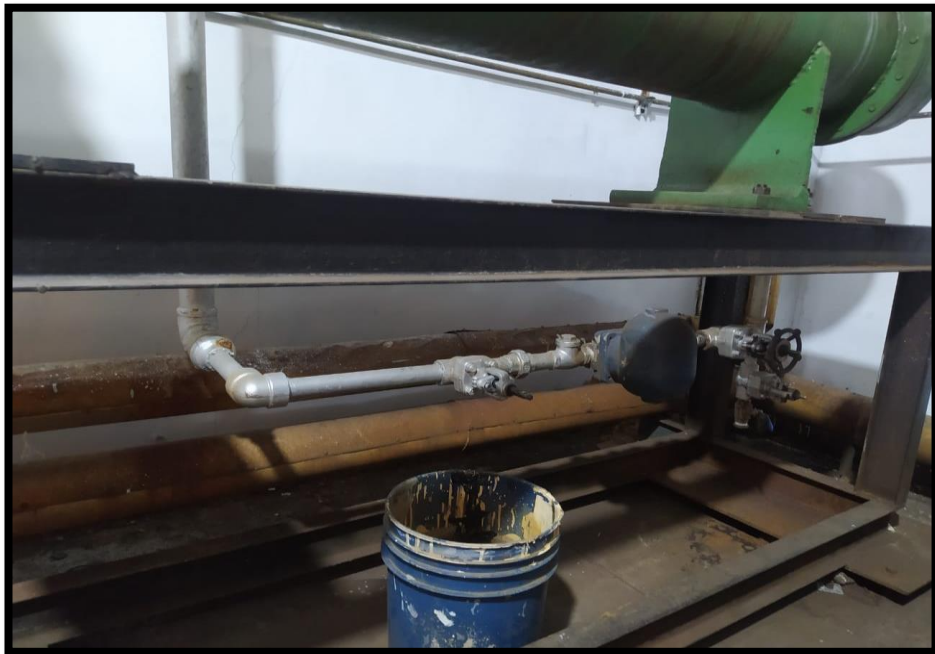


Figura 14. Línea de condensado del intercambiador de calor
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

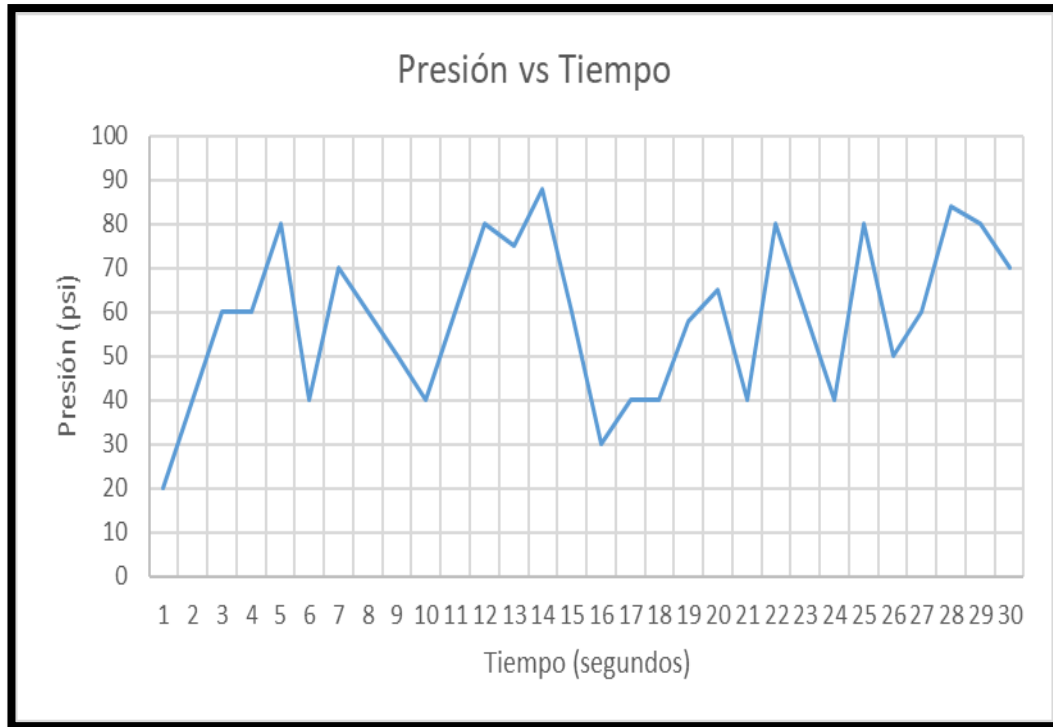


Gráfico 1. Variación de la presión en la tubería al manipular la válvula de entrada de vapor
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

- **Bomba centrífuga Armstrong modelo 4030**

La bomba centrífuga que se encuentra en constante funcionamiento no se visualizaron fugas ni deterioro en la carcasa, así como tampoco en las tuberías de aspiración y descarga, y no se apreciaron sonidos irregulares, por lo que mecánicamente el equipo funciona correctamente, manteniendo el desplazamiento del fluido de manera adecuada por todo el sistema de calentamiento de agua (ver figura 15).

Se observó que en la tubería de succión de la bomba existe una tubería de reposición que viene del sistema de agua suavizada, la cual es controlada por una válvula neumática todo-nada (ver figura 16) que funciona por medio de una válvula solenoide (ver figura 17) la cual recibe la señal de un presostato ubicado en la tubería de salida del intercambiador (ver figura 18), esto debido a pequeñas fugas de agua que provocan que exista pérdida de presión y presencia de aire en las tuberías; por lo cual, se utiliza este sistema de reposición para suministrar agua y evitar que la bomba trabaje en condiciones de menos caudal, pero debido a las variaciones de presión ocurridas en la tubería de salida del agua caliente del intercambiador este sistema no es efectivo

ya que durante este fenómeno no se repone el agua debidamente en el sistema, por lo que, la bomba centrífuga del sistema no estaría trabajando en las condiciones ideales de caudal.



Figura 15. Bombas centrífugas Armstrong modelo 4030
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)



Figura 16. Válvula neumática para reposición de agua
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)



Figura 17. Válvula solenoide
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)



Figura 18. Presostato a la salida del intercambiador
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

4.1.1 Entrevista realizada al personal ligado al sistema de calentamiento

Por medio de la entrevista estructurada utilizada como método para recopilar la mayor información posible, esta fue realizada al Ing. Adrián Marcano, el cual desempeña el cargo de Líder de Mantenimiento de Apoyo Crítico en la empresa Laboratorios Innova C.A. quien tiene

contacto directamente con el sistema de calentamiento de agua para el sistema HVAC del área de producción sólidos de dicha empresa, los resultados de la entrevista se pueden ver en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados entrevista a Ing. Adrián Marcano

Pregunta	Respuesta
Desde su experiencia ¿Puede describir de qué manera el actual sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC influye en la calidad del proceso?	Como no se controla con exactitud la temperatura del agua, existen fluctuaciones constantes con la humedad en el área que se requiere acondicionar.
Desde su óptica ¿Cuáles problemas considera usted pueden afectar la eficiencia del proceso de calentamiento de agua del sistema HVAC?	Golpe de ariete, acumulación de condensado y pérdida de presión en el loop de agua caliente y deficiencia en el servicio eléctrico
Desde su experiencia en el ramo industrial ¿Con que frecuencia se generan los problemas presentados en el sistema de calentamiento de agua?	Aproximadamente 6 veces durante una jornada laboral de 8 horas, las fallas más graves cada mes
Desde su punto de vista ¿Cuál es la variable crítica que considera usted incide directamente en el bajo rendimiento del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC?	La presión de vapor saturado
Desde su visión ¿Cuáles considera usted son las repercusiones económicas de empresa antes las fallas o bajo rendimiento del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC?	Se generan paradas constantes durante el proceso de fabricación, lo cual disminuye la producción
¿Puede describir como se ve afectada la productividad del personal antes las fallas constantes del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC?	El personal en el área no continúa con sus actividades si hay un aumento de la temperatura en el área, por lo que disminuye su productividad

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Con el fin de parametrizar las variables del proceso y determinar las causas que están afectando al sistema de calentamiento de agua utilizado en el proceso de acondicionamiento del área de producción sólidos, y dada la complejidad del mismo, se utilizaron los métodos estadísticos Ishikawa y Pareto que se amoldan a este proceso.

4.1.2 Diagrama Causa-efecto (Ishikawa)

Tomando la información suministrada por la entrevista, la observación directa y la documentación, se generó el siguiente diagrama, donde se puede apreciar la raíz de la deficiencia en el sistema de calentamiento de agua (ver Figura 19).

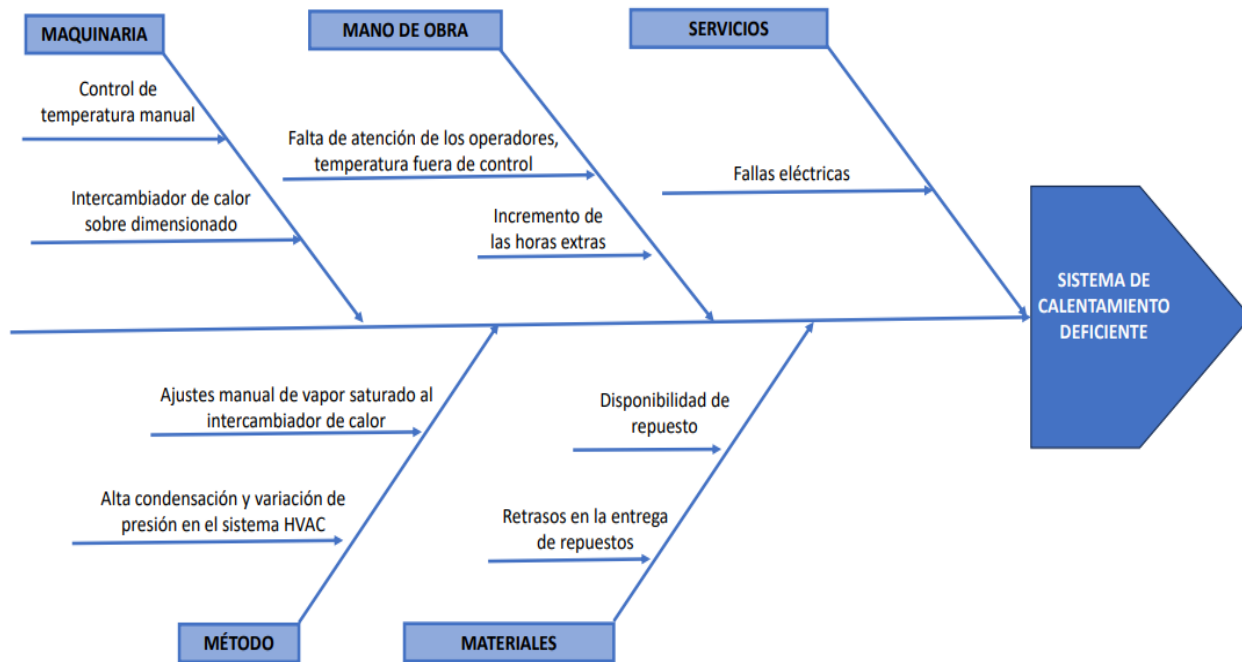


Figura 19. Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa).

Fuente: Barrios, Bolívar (2023).

4.1.3 Diagrama de Pareto

Para la elaboración de la tabla 3. Se tomó en cuenta la cantidad de veces que ocurren los eventos durante un mes de operación. Información obtenida de la entrevista y la observación directa.

Tabla 3. Causas de pérdidas de eficiencia y productividad

Causas de pérdidas de eficiencia y productividad	Ocurrencias/Mes	Acumulado	Porcentaje	Acumulado %
Pérdida de condiciones en el área de sólidos	81	81	51%	51%
Pérdida de presión en el loop de agua	45	126	28%	79%
Acumulación de condensado	23	149	14%	94%
Falla del servicio eléctrico	9	158	6%	99%
Mantenimiento correctivo	1	159	1%	100%
Total	159		100%	

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Con la tabla de causas de pérdidas de eficiencia y productividad se elaboró el diagrama de Pareto para visualizar gráficamente la distribución de frecuencias de los factores que afectan la eficiencia y productividad del sistema (ver Figura 20).

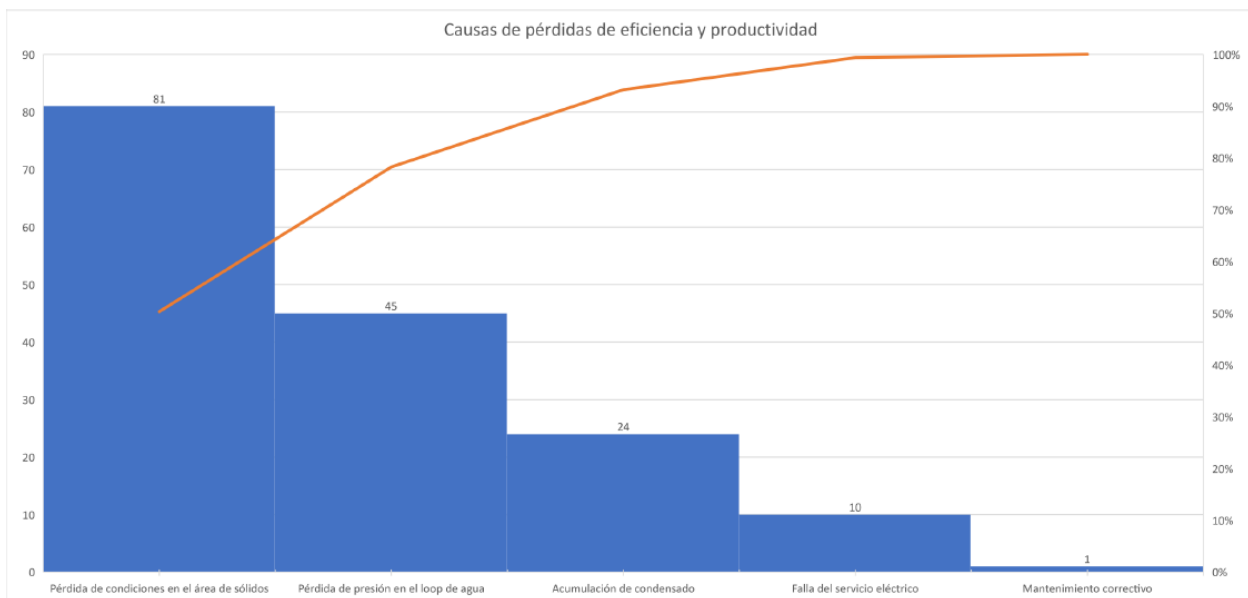


Figura 20. Diagrama de Pareto

Fuente: Barrios, Bolívar (2023).

Analizando los diagramas Causa-Efecto y Pareto se puede inferir lo siguiente:

- Basado en el principio de Pareto, que afirma que el 80% de los efectos se deben al 20% de las causas, el gráfico indica que las causas de pérdidas de eficiencia y productividad en el sistema están vinculadas con la pérdida de condiciones en el área de sólidos y la pérdida de presión en el loop de agua caliente.

- En el modelo Causa-efecto destaca la metodología aplicada para el control de la temperatura del agua caliente, específicamente relacionado con la apertura de la válvula que regula el flujo de vapor, la cual en ocasiones origina problemas de presión en el sistema.

Con lo anterior definido, se procedió a realizar una definición general de los problemas detectados en el sistema calentamiento de agua del sistema HVAC:

1. El procedimiento manual utilizado para el control de la temperatura del agua caliente no permite mantener estables las condiciones de temperatura y humedad controlada en el área de producción sólidos.
2. Existe una acumulación de condensado dentro del intercambiador de calor por falta de una trampa de vapor con la suficiente capacidad de extraer el condensado que se produce.
3. Se producen pérdidas de presión y acumulación de aire en las tuberías del sistema de calentamiento de agua que producen fallas en estas como en los accesorios que la componen.

4.2 Determinación de las mejoras a implementar en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC.

Con los resultados obtenidos en la fase 1 (Diagnóstico de los problemas presentes en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC), específicamente lo relacionado con las causas que originan los problemas del sistema de agua caliente, variación de temperatura, variación de presión en el loop de agua caliente y la acumulación de condensado se procedió a determinar las mejoras en el sistema que permitan corregir los defectos en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC, para lo cual, se realizó inicialmente un análisis del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC actual de la empresa LABORATORIOS INNOVA C.A. (Ver figura 21).

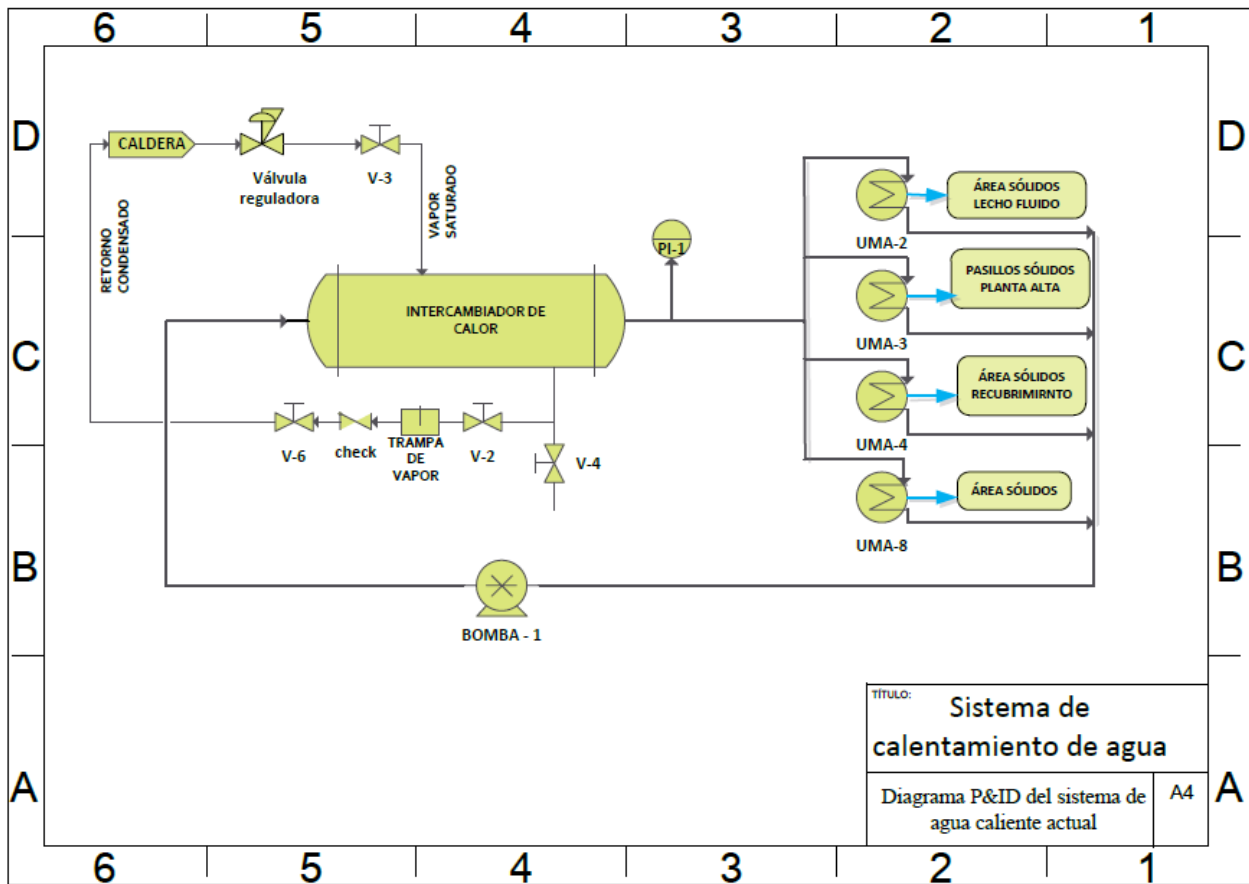


Figura 21. Diagrama P&ID del sistema de agua caliente actual

Fuente: Barrios, Bolívar (2023).

Como puede observarse, este sistema de calentamiento de agua es un circuito cerrado, en el cual, el vapor saturado proveniente de la caldera se traslada hacia el intercambiador de calor para elevar la temperatura del agua a su salida y ser enviada a las Unidades Manejadoras de Aire (UMAS) 2, 3, 4 y 8, dispuestas en paralelo, y utilizadas para manejar la temperatura y la humedad del aire dentro de un área determinada. A la salida de esta fase, debido al intercambio de calor que ocurre entre el aire que pasa por las manejadoras y el agua caliente que pasa a través del serpentín de cada una se genera una disminución en la temperatura del fluido, el cual va a la bomba, para finalmente ser enviado nuevamente al intercambiador de calor y repetir el proceso.

4.2.1 Propuestas de mejoras para el sistema de calentamiento de agua

A fin de disminuir los problemas detectados en el sistema de agua caliente, son presentadas cinco propuestas con el objeto de mejorar la eficiencia del sistema actual y lograr el control de la temperatura y humedad requeridas en las distintas áreas de trabajo.

Propuesta I:

Para visualizar de mejor forma la variación de la temperatura a la salida del intercambiador y de esta manera conocer si es necesario una mayor apertura o cierre de la válvula manual, se agregará un indicador de temperatura a la tubería de salida del intercambiador de calor donde el operador de mantenimiento adscrito al área podrá chequear de manera regular para comprobar si las condiciones del agua caliente están en un rango aceptable o debe modificarse antes que en las áreas de producción sólidos se pierdan las condiciones requeridas para la producción de los distintos fármacos que se producen en esta área (ver figura 22).



Figura 22. Indicador de temperatura para tubería
Fuente: Sky Hermo (2022)

Propuesta II:

Para lograr mantener la temperatura y la humedad controlada en el área de producción sólidos se desarrollará un sistema de control automatizado que permita mantener a la entrada del serpentín de agua caliente de cada UMA una temperatura del agua constante.

Antes que todo, el control de temperatura automático en intercambiadores de calor implica el uso de una válvula de control de dos vías, situada en la tubería de entrada de vapor, cuya función es regular la cantidad y la presión del vapor que entra al intercambiador de calor. Este es, con diferencia, el requisito más habitual cuando se trata del control de temperatura automático en intercambiadores de calor de carcasa y tubos. De acuerdo a lo indicado por Vapor para la industria (2019) la cual establece que:

Un sistema de control de temperatura automático en intercambiadores de calor adecuadamente elegido, dimensionado y aplicado, debería ser capaz de ofrecer un control preciso, previsible y estable, bajo condiciones normales de operación. Si fuera necesario, debería ser también capaz de integrarse dentro de un control de proceso distribuido existente en planta, o un sistema de adquisición de datos. (párr. 10)

En la figura 23 se visualiza un sistema de control de temperatura básico para intercambiadores de calor

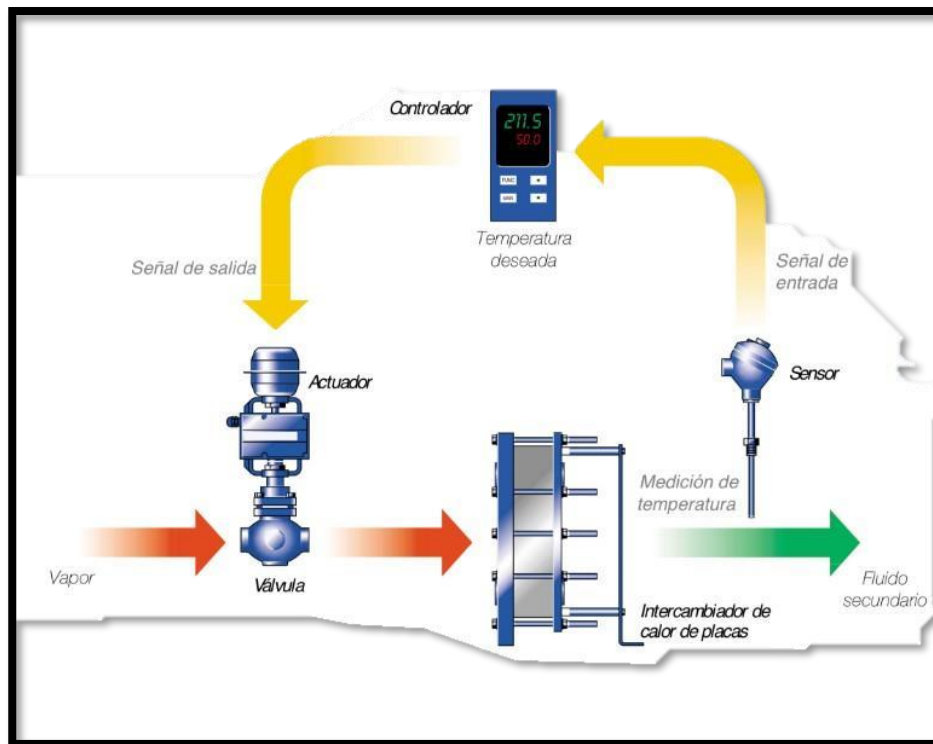


Figura 23. Diagrama de sistema de control para vapor saturado
Fuente: Vapor para la industria (2019).

Propuesta III:

Para asegurar la correcta evacuación del condensado que se acumula en el intercambiador de calor es necesario que se seleccione una trampa de vapor adecuada para la carga de condensado producida debido al intercambio de calor, por ello la empresa TLV. (2023) indicada que hay que tener en cuenta lo siguiente:

Las trampas de vapor no pueden, simplemente ser instaladas de cualquier manera y después ser olvidadas. Existen ciertos lineamientos a seguir cuando se instalan las líneas de vapor.

Para asegurar que las trampas de vapor operan de manera correcta, los métodos para la instalación deben ser respetados de manera cuidadosa y las locaciones de instalación seleccionadas cuidadosamente (parr. 2).

En la figura 24 se puede visualizar la correcta instalación de una línea de condensado.



Figura 24. Diagrama purgador de vapor

Fuente: Vapor para la industria (2019)

Propuesta IV:

Una forma común de evacuar el aire que se va acumulando en las tuberías y que este no llegue al punto de succión de la bomba para evitar la entrada de burbujas en esta y que la bomba entre en cavitación es instalar en algún punto de la tubería cercano a la succión de la bomba una ventosa siendo esta un dispositivo de protección para el sistema que permitirá además de lo anterior descrito al eliminar el aire de la tubería del sistema no solo proteger la bomba, sino que también evitará que distintos accesorios funcionen de manera inadecuada lo que puede provocar daños graves tanto en estos como en la tubería (ver figura 25).



Figura 25. Ventosa para tubería
Fuente: Hidro Global (2020)

Propuesta V:

Dadas las pérdidas de presión producidas en las tuberías en el sistema de calentamiento de agua debido a fugas de agua y la presencia de aire en estas, se hace necesario instalar un tanque a la succión de la bomba el cual deberá tener primeramente un volumen adecuado para permitir recomponer el volumen total de agua requerido en todas las tuberías y equipos del sistema como además ser capaz mediante un sensor de nivel de mantener un volumen de agua en su interior que no permita la formación de un vórtice interior debido a la succión de la bomba y así evitar que el aire ingrese a esta.

Dicho tanque deberá permitir purgar el aire proveniente de las tuberías del sistema gracias a un respiradero en su parte superior, como además tener una entrada de agua de reposición que estará controlada por una electroválvula que permitirá la entrada de agua adicional al tanque cuando el sensor de nivel detecte un nivel bajo de agua en este y cerrará la entrada de esta al llegar a un límite de nivel establecido. Para evitar la transferencia de calor del agua del tanque al ambiente que lo rodee lo adecuado será utilizar un aislante térmico que cubra al tanque para así no disminuir la temperatura del agua de proceso y requerir un mayor consumo de vapor para el calentamiento requerido de esta para los equipos del sistema (ver figura 26).



Figura 26. Tanque de acumulación de agua caliente
Fuente: Aguacobre (2023)

4.2.2 Criterios de evaluación y selección de propuestas

Siguiendo el método del profesor Vílchez, se elaboró el cuadro 1 donde se visualizan los criterios y restricciones a tener en cuenta para la selección de las propuestas que mejor cumplan con la solución de los problemas detectados en el sistema de calentamiento de agua.

Cuadro 1. Criterios y restricciones

CRITERIOS C_i	RESTRICCIONES R_i
C1 Eficiencia	R1 Alcance (Acceso a los componentes necesarios)
C2 Seguridad	R2 Tiempo de aplicación
C3 Disminución de consumo de recursos naturales no renovables	R3 Supervisión humana (No requiera la presencia de un operador continuamente en el área)
C4 Espacio disponible	
C5 Cantidad de componentes	

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Seguidamente se comparó en el cuadro 2 las propuestas planteadas con las restricciones determinadas, de esta forma serán descartadas las propuestas que no cumplan con las restricciones tenidas en cuenta.

Cuadro 2. Propuestas vs Restricciones

		RESTRICCIONES		
		R1	R2	R3
PROPUESTAS	P I	Si	Si	No
	P II	Si	Si	Si
	P III	Si	Si	Si
	P IV	Si	Si	Si
	P V	Si	Si	Si

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

La propuesta PI queda descartada ya que se determinó que no cumple con la restricción de supervisión humana debido a que no solucionaría en su totalidad uno de los problemas para lo cual fue planteada, haciendo que se siga realizando de manera manual el control de la temperatura del agua caliente del sistema lo cual podría no solucionar en su totalidad el problema para el que fue planteada. El resto de propuestas serán evaluadas ponderando la importancia de los criterios tomados en cuenta (cuadro 3), también se hace necesario indicar que parámetros de puntuación utilizar a la hora de evaluar cada criterio (cuadro 4).

Cuadro 3. Ponderación de los criterios

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	IMPORTANCIA
C1	Eficiencia	6
C2	Seguridad	5
C3	Disminución de consumo de recursos naturales no renovables	4
C4	Espacio disponible	3
C5	Cantidad de componentes	2

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Cuadro 4. Parámetros de puntuación

No cumple con el criterio	1
No cumple en su totalidad con el criterio	2
Cumple en su totalidad con el criterio	3

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Una vez establecida la ponderación de los criterios y los parámetros para la evaluación de cada uno, se procedió en el cuadro 5 a establecer la condición de cada propuesta con respecto al criterio.

Cuadro 5. Condiciones de las propuestas con respecto al criterio

	C1	C2	C3	C4	C5
P II	3	3	3	3	2
P III	3	3	3	3	3
P IV	1	3	1	3	3
P V	3	3	1	3	2

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Con las condiciones determinadas se realizó la respectiva evaluación de las propuestas siendo representado en el cuadro 6.

Cuadro 6. Evaluación de las propuestas

Propuesta	Cálculo	Puntuación
P II	$(6 \times 3) + (5 \times 3) + (4 \times 3) + (3 \times 3) + (2 \times 2)$	58
P III	$(6 \times 3) + (5 \times 3) + (4 \times 3) + (3 \times 3) + (2 \times 3)$	60
P IV	$(6 \times 1) + (5 \times 3) + (4 \times 1) + (3 \times 3) + (2 \times 3)$	40
P V	$(6 \times 3) + (5 \times 3) + (4 \times 1) + (3 \times 3) + (2 \times 2)$	50

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Gracias a la evaluación, es posible apreciar el orden de importancia de cada propuesta para la solución de los distintos problemas presentados en el sistema de calentamiento de agua, teniendo

en cuenta que el sistema de calentamiento presenta diversos problemas explicados con anterioridad, es necesario que se aplique no solo la propuesta de la selección de una mejor trampa de vapor, sino también el control automatizado de la entrada de vapor al intercambiador de calor y la utilización de un tanque para mantener el caudal constante en la succión de la bomba, siendo estas tres propuestas las que mejor puntuación consiguieron y cada una enfocada a un problema específico del sistema de calentamiento de agua, quedando descartada de esta forma la propuesta IV.

4.3 Realización de los cálculos y diseños de las mejoras seleccionadas para el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC

Una vez se determinó las mejores propuestas para darle solución a los problemas que presenta el sistema de calentamiento de agua, se procedió a seleccionar el mejor método de realización de cada propuesta para realizar los cálculos y diseños respectivos.

4.3.1 Selección del control de temperatura

Para el control de la temperatura a la salida del intercambiador de calor se debe comprender que variable en el sistema se modificará para controlar la variable deseada, en el intercambiador de calor de coraza y tubos como se visualiza en la figura 27, la temperatura de salida del agua dependerá del flujo de vapor que entre al intercambiador, por lo cual, se empleará el uso de una válvula automática proporcional, ya que una válvula ON-OFF sería un error para nuestro sistema debido a las variaciones de presión que se presentan en la salida y dentro del intercambiador debido a las aperturas bruscas de la válvula en la línea de vapor saturado.

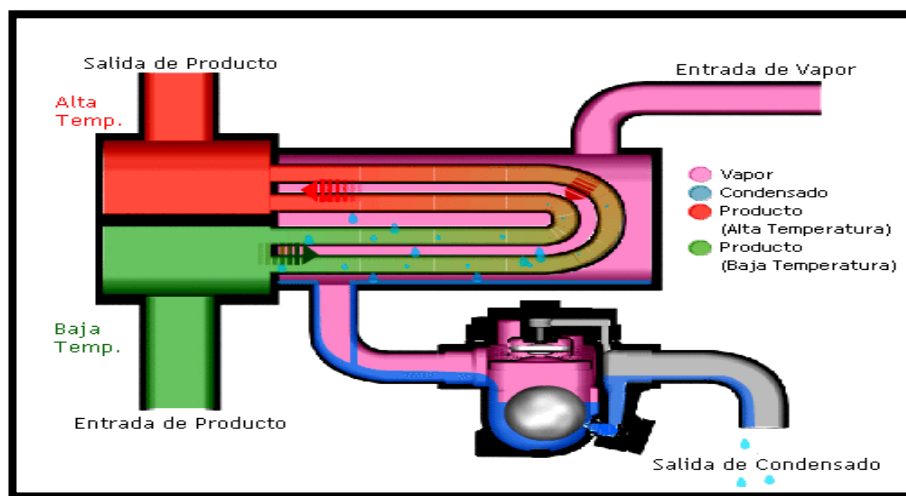


Figura 27. Intercambio de calor entre el vapor y el agua.
Fuente: Revista de Investigaciones UNICIENCIA (2016)

Con lo anterior mencionado, un control de temperatura ON/OFF queda descartado, por lo cual, la mejor opción es aplicar un control proporcional-integral-derivado (PID) que permitirá mantener la temperatura de salida de agua del intercambiador en un rango entre los 60 y 70 grados Celsius de una manera automática y fiable.

4.3.2 Selección de los componentes a agregar al sistema

Una vez se determinó que tipo de control automático se requiere realizar, se procedió a la búsqueda y selección de los equipos necesarios para la conformación del sistema de control automático de la temperatura en el sistema.

Sensor de Temperatura

El sensor de temperatura es el componente que estará en contacto directo con el fluido al que se desea controlar la temperatura, para la selección de este componente se realizó una búsqueda de información sobre los dos tipos de sensores de temperatura más utilizados en la industria y se determinó que la termopar es la mejor opción sobre un RTD, gracias a que posee una mejor robustez, mayor velocidad de medición lo cual es de vital importancia a la hora de controlar el rango de temperatura requerido y un menor coste, en la figura 28 se puede visualizar una comparativa entre un sensor de temperatura termopar y un RTD, donde variables como el rango de temperatura y el tamaño no fueron tomados en cuenta.

CONSIDERACIÓN	RTD	TERMOPAR
Precisión	Más preciso	Menos preciso
Rango de temperatura	-200 a 850°C	-200 a 2000°C
Costo	Más caro (2 o 3 veces más)	Más económico
Sensibilidad	Sensitivo en la base	Sensitivo en la punta
Velocidad de respuesta	Más lenta	Más rápida
Tamaño	Más largo	Tan pequeño como sea posible
Unión de referencia	No aplicable	Requerida
Temperatura de superficie	Generalmente inconveniente	Conveniente
Efectos de vibración en la medida	Menos conveniente	Conveniente
Fuente de alimentación	Requerida	No requerida
Auto calentamiento	Aplicable	No aplicable
Estabilidad para periodos largos	Excelente	Menos satisfactoria
Robustez	Menos conveniente	Más conveniente

Figura 28. Comparación RTD vs Termopar

Fuente: JM Industrial (s.f.)

La mayoría de los termopares cumplen con el rango de temperatura existente a la salida del intercambiador, por lo cual se eligió un termopar tipo J con termopozo por ser uno de los más comunes y de menor costo (ver figura 29).



Figura 29. Sensor de temperatura termocupla tipo J con termopozo
Fuente: WIKA (2021)

Transmisor de Temperatura

Para convertir la señal producida por el sensor de temperatura a la salida del intercambiador de calor a una señal analógica 4-20 mA la cual es la requerida por la gran variedad de controladores de temperatura en el mercado, es necesaria la utilización de un transmisor de temperatura, la señal que genera este componente es fácilmente aplicable a escalas porcentuales debido a que es una escala lineal como se puede observar en la figura 30.

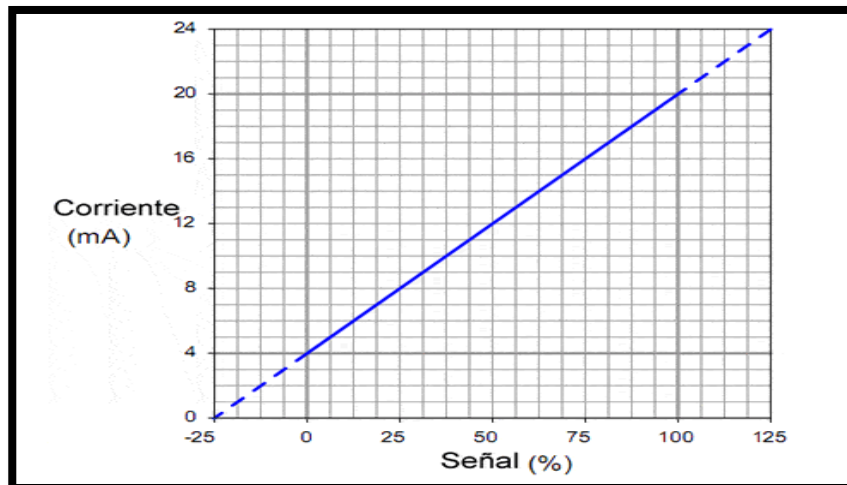


Figura 30. Linealidad de 4-20 mA con 0-100%
Fuente: PID Tecnología (2017)

El transmisor seleccionado es el tipo pastilla (ver figura 31), debido a su fácil adaptabilidad en termopares tipo J y la gran variedad de opciones disponibles en el mercado.



Figura 31. Transmisor de temperatura tipo pastilla
Fuente: JM Industrial (s.f.)

Controlador e Indicador de Temperatura

El controlador e indicador de temperatura es el instrumento que permitirá regular sin la necesidad de la presencia de un operador de mantenimiento la temperatura del agua caliente del sistema, se deberá elegir un equipo que funcione con una entrada 4-20 mA y proporcione un algoritmo PID para la rápida configuración de las condiciones de temperatura deseadas, pudiendo configurarlas en el mismo equipo sin la necesidad de un software aparte. Una búsqueda amplia de controladores e indicadores de temperatura dieron como resultado la selección de un control de temperatura Honeywell DC1040 como se puede visualizar en la figura 32, el cual posee un amplio grado de funcionalidad y fiabilidad lo que lo vuelve un controlador adecuado para los requerimientos del sistema.



Figura 32. Control de Temperatura, HONEYWELL DC 1040
Fuente: ergiocontroles (s.f)

Los datos técnicos del controlador e indicador Honeywell DC 1040 se especifican en la figura 33.

PV Input	Type of Input	Thermocouples : K, J, R, S, B, E, N, T, W, PL II, U, L RTD : Pt100, JPt100, JPt50 Linear : 4~20mA
	Input Sampling Time	500 ms
	Input Resolution	14 bit (each)
Indication	PV/SP Indication	4-digit, 7 segment display
	Constant Value Storage System	Non-volatile memory (E ² PROM)
	Indication Accuracy	0.5%FS
Control Mode	Proportional Band (P)	0~200% (On/Off action at P=0)
	Integral Time (I)	0~3600 sec (PD action at I=0)
	Derivative Time (D)	0~900 sec (PI action at D=0)
	Cycle Time	0~150 sec (4~20mA=0, SSR=1, Relay=10)
	Dead Band Time	0~1000 sec (dead time compensation)
Output	Relay Output	Electromechanical relay <ul style="list-style-type: none"> • SPDT contacts • 3A/240Vac
	Static relay driver output	Voltage Pulse, 20VDC/20mA
	Current & Voltage outputs	0~20mA, 4~20mA, 0~5V, 0~10V, 1~5V, 2~10V
	Motor Control Output	Servo motor valve control (open loop circuit)
	Others	Phase angle control : ✓ 1φ SSR, 3φ SSR, 1φ SCR, 3φ SCR

Figura 33. Datos técnicos Honeywell DC 1040
Fuente: ergiocontroles (s.f.)

Convertidor de Corriente a Presión I/P

Un convertidor de corriente a presión I/P tiene la característica de convertir una señal eléctrica de corriente continua (DC) emitida por un controlador indicador de temperatura; en una

señal neumática de presión proporcional. Se utilizará para controlar la válvula proporcional neumática la cuál para su funcionamiento requiere una entrada de presión variable. El convertidor I/P utilizará la señal eléctrica de entrada enviada por el controlador la cual es de 4-20 mA para generar un campo magnético que atrae o empuja un núcleo móvil que está conectado a un diafragma, el cual regulará el flujo de aire comprimido entre los 3-15 psi respectivamente. En la figura 34 podemos ver un convertidor I/P de la marca EAA Electric que cumple con estas funciones y ventajas de alta precisión, rápida respuesta, baja sensibilidad a las vibraciones y después en la figura 35, sus especificaciones técnicas.



Figura 34. Convertidor de Corriente a Presión I/P
Fuente: EAA Electric (s.f.)

Type 1000 General Purpose Ordering Information				
Input	Output*		Part Number	Impedance (Nominal)
	BAR	PSIG		
4-20mA	0.2-0.6	3-9	961-072-000	90 Ω
	0.6-1.0	9-15	961-073-000	90 Ω
	0.2-1.0	3-15	961-070-000	180 Ω
	0.2-1.9	3-27	961-074-000	220 Ω
	0.4-2.1	6-30	961-075-000	220 Ω
	0.07-1.2	1-17	961-116-000	250 Ω
	0.2-1.0	3-15	961-089-000	180 Ω

Figura 35. Datos técnicos del convertidor de corriente I/P T1000
Fuente: EAA Electric (s.f.)

Válvula de control neumática

Esta válvula permitirá el control del caudal de vapor que ingresará al intercambiador de calor para controlar de mejor manera la temperatura del agua caliente del sistema. Gracias al controlador y al convertidor I/P la válvula abrirá progresivamente para permitir una entrada proporcional de vapor, también, estas válvulas permiten controlar con precisión el flujo de vapor y tienen una rápida respuesta a los cambios de señal de los controladores para una reacción inmediata a los cambios operativos.

Con respecto a la selección de la válvula de control neumática que mejor se adapte al sistema, una búsqueda en VaporTec, los cuales son proveedores en equipos para sistemas de vapor y control de fluidos en Venezuela, se consiguió que una óptima opción es la válvula de control neumática Spence modelo K la cual se puede apreciar en la figura 36.



Figura 36. Válvula proporcional neumática Spence mod. K
Fuente: VaporTec (2023)

En la figura 37 se puede visualizar los datos técnicos de la válvula, donde las condiciones de presión, el diámetro de la tubería y la presión de aire comprimido requerida son las correctas para la instalación de la válvula de control en el sistema.

Datos técnicos:	
Asunto	Válvula de control de globo neumático
Material del cuerpo	bronce
Tipo de conexión	FNPT
Máx. Presión de entrada	275 psi
Máx. presión	250 psi
Número de puertos	2
Tamaño de la tubería	1,5"
presión requerida	3 a 15 psi
Material del asiento	Acero inoxidable 303.

Figura 37. Datos técnicos válvula de control neumática Spence mod. K
Fuente: VaporTec (2023)

Válvula auto reguladora de presión

La válvula auto reguladora permite ajustar la presión y el caudal de un fluido que circula por una tubería a los valores necesarios para su uso. La válvula reguladora funciona mediante un mecanismo que, aprovechando la propia presión del fluido, modifica el paso del mismo a través de la válvula, de forma que la presión a la salida sea la deseada. Esta válvula de la marca Spirax Sarco modelo 25P como se puede visualizar en la figura 38 ya es utilizada en la entrada de vapor saturado y regula la entrada de vapor al intercambiador a un máximo de 80 psi. En la figura 39 adicionalmente se muestran las especificaciones técnicas de esta válvula.



Figura 38. Válvula reguladora de presión 25P
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Tamaños y conexiones	
½" a 2" Roscas NPT, BSP, BSPT	
½" a 4" Bridas ANSI125, ANSI250	
Condiciones límite	
Condiciones de diseño del cuerpo	
Presión máxima	17 barg
Temperatura máxima	232°C
Rangos de presión aguas abajo	
Para las siguientes presiones aguas abajo se dispone de tres resortes de ajuste de presión de color:	
Amarillo	0,2 a 2,1 barg
Azul	1,4 a 7,0 barg
Rojo	5,6 a 14,0 barg

Figura 39. Especificaciones técnicas de la válvula reguladora de presión 25P
Fuente: Spirax Sarco (2023)

Ya con todos los equipos seleccionados se realizó un diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) representado en la figura 40, en el cual se representa la disposición de los equipos en el sistema, para lo cual fue necesario contar con los estudios y conocimientos adquiridos en materias como instrumentación y automatización industrial como además con una revisión documental en libros e investigaciones previas sobre el tema.

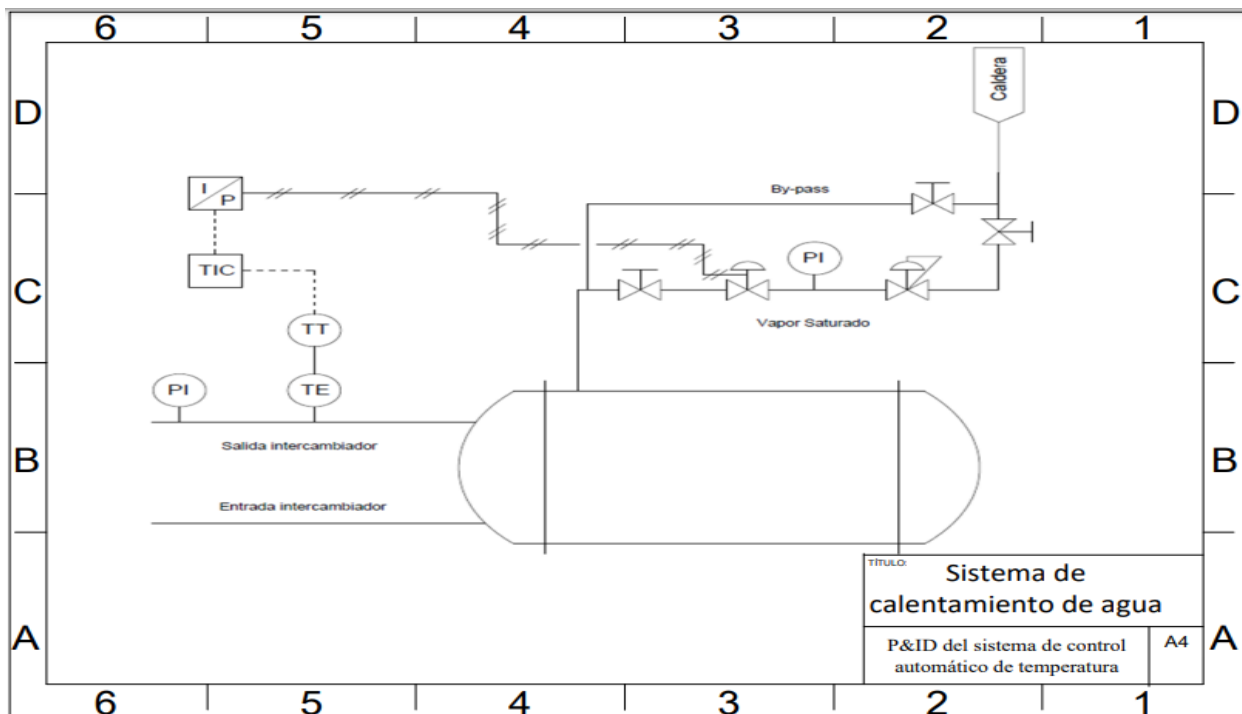


Figura 40. P&ID del sistema de control automático de temperatura
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

4.3.3 Cálculo y selección de la trampa de vapor

Para la selección de la trampa de vapor adecuada que permita la recuperación de todo el condensado generado por la transferencia de calor en el intercambiador de calor del sistema, se debe calcular la carga de condensado producto del vapor saturado que genera el cambio de temperatura que se requiere para el agua que circula por los tubos del intercambiador de calor, por lo que la siguiente fórmula nos permitirá calcular la carga de condensado en Kg/h:

$$\dot{m}_{cond} = \frac{M * 1000 * d * Cp * \Delta T}{h_{fg}}$$

Donde:

\dot{m}_{cond} = Carga de condensado (Kg/h)

M = Caudal del fluido (m^3 / h)

d = Densidad relativa

Cp = Calor específico del fluido ($\frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C}$)

ΔT = Diferencia de temperatura ($^\circ C$)

h_{fg} = Entalpía de evaporización del vapor ($\frac{Kj}{Kg}$)

El caudal del fluido se obtiene directamente de la placa de datos de la bomba instalada en el sistema y se puede visualizar en el anexo C, la densidad relativa para este caso viene siendo 1, debido a que el fluido que se desea calentar es el agua, el Cp del agua lo obtenemos de tablas de propiedades del agua, la diferencia de temperatura es la determinada por la temperatura de salida requerida y la temperatura promedio de entrada determinada por la caída de temperatura producida tanto en las tuberías del sistema como la producida en el intercambio de calor en las UMA del sistema la cual fue obtenida gracias al reporte de performance realizado por la empresa TRANE a las UMA del sistema (Anexos D,E,F,G), así como también comprobar el caudal de fluido que utiliza cada manejadora representado en dicho reporte de performance, por último la entalpía de evaporización del vapor es también conocida como el calor latente y lo obtenemos de tablas de propiedades del agua saturada (Anexo H) teniendo en cuenta que la presión del vapor saturado está regulada a 80 psi gracias a una válvula autorreguladora ubicada en la entrada de vapor. Con los valores ya obtenidos, se procede a realizar el cálculo requerido:

$$\dot{m}_{cond} = \frac{33,277 \frac{m^3}{h} * 1000 * 1 * 4,19 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C} * 10^\circ C}{2097,05 \frac{KJ}{Kg}}$$

$$\dot{m}_{cond} = 664,89 Kg/h$$

Se tomó en cuenta que el vapor cede en su totalidad el calor latente que posee al agua que circula por los tubos del intercambiador, por lo que, esto nos proporcionará la máxima carga de condensado producida en el sistema, dato indispensable para seleccionar una trampa de vapor adecuada a las necesidades del sistema. Para seleccionar la trampa de vapor que mejor se adecúe a las necesidades del sistema, se realizó la tabla 4 en donde se visualiza las condiciones que deben ser tomadas en cuenta.

Tabla 4. Datos del sistema

Variable	Valores
Presión máxima	80 PSI
Temperatura máxima	155,51 °C
Díámetro tubería de condensado	DN 40 NPS 1 ½"
Carga de condensado	664,89 Kg/h

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Con los datos anteriores se realizó una búsqueda de distintos fabricantes de trampas de vapor, dando de esta manera con la empresa TLV la cual ofrece una gran variedad de estos equipos para distintos rangos de operaciones. Para las condiciones que maneja el sistema, la empresa recomienda una trampa de vapor con flotador por lo cual revisando el catálogo se revisaron las siguientes opciones (Ver figura 41):




J5X		Screwed	Ductile Cast Iron (FCD450)	2.1	220	1040
JF5X		Flanged	Ductile Cast Iron Cast Iron (Sizes 32, 40, 50mm)			
J6S-X		Screwed	Cast Stainless Steel (ASTM A351 Gr.CF8)	2.1	220	3530
J7X		Flanged	Cast Iron (FCV400)	1.6	220	4000
JS7X		Screwed				

Figura 41. Catálogo trampas de vapor
Fuente: TLV (2023)

Teniendo en cuenta la carga de condensado calculada con anterioridad, las trampas de vapor J5X y JF5X cumplen con la máxima descarga de condensado, pero en las especificaciones se indica que la recomendación a la hora de seleccionar estos equipos es de utilizar un factor de seguridad de como mínimo 1,5 y al momento de verificar la gráfica para conseguir la capacidad de descarga de condensado esta era inferior a la necesaria, por ende, esta opción queda descartada. Siguiendo con la trampa J6S-X vemos que cumple con la descarga de condensado requerida, pero al revisar las especificaciones del equipo al ser su conexión del tipo roscado el máximo diámetro nominal en la entrada y la salida del equipo es 25, por lo que no cumple con la característica de las tuberías de la línea de condensado las cuales son de DN 40. Por último, al revisar las especificaciones de la trampa de vapor J7X y JS7X, se comprobó que si cumple con los requisitos necesarios para un correcto funcionamiento en el sistema como se puede comprobar en las figuras 42 y 43.

Specifications		
Model	JS7X	J7X
Connection	Screwed	Flanged
Size (mm)	25, 40	20, 25, 32, 40, 50
Orifice No.	2.5, 5, 10, 14, 16	
Maximum Operating Pressure (MPaG) PMO	0.25, 0.5, 1.0, 1.4, 1.6	
Maximum Differential Pressure (MPa) ΔPMX	0.25, 0.5, 1.0, 1.4, 1.6	
Minimum Operating Pressure (MPaG)	0.01	
Maximum Operating Temperature (°C) TMO	220	
Subcooling of X-element fill (°C)	up to 6 (option: up to 11)	
Type of X-element	C6 (option: C11)	
PRESSURE SHELL DESIGN CONDITIONS (NOT OPERATING CONDITIONS):		1 MPa = 10.197 kg/cm ²
Maximum Allowable Pressure (MPaG) PMA: 1.6 Maximum Allowable Temperature (°C) TMA: 220		

Figura 42. Especificaciones trampa de vapor modelo J7X y JS7X
Fuente: TLV (2021)

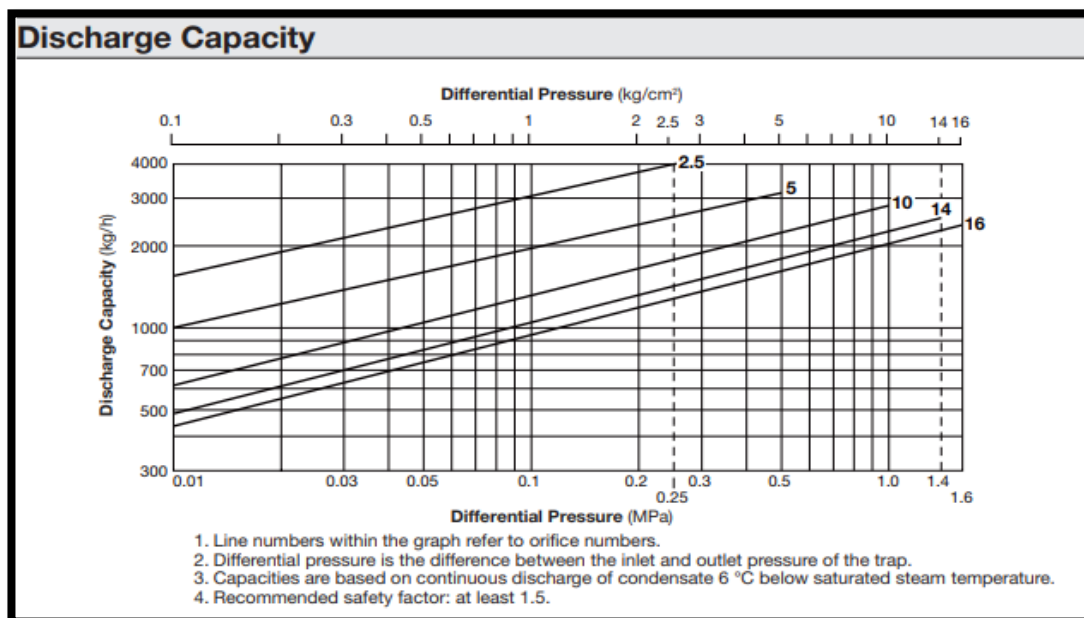


Figura 43. Capacidad de descarga trampa de vapor modelo J7X y JS7X
Fuente: TLV (2021)

Se observó como ambos modelos poseen un DN de entrada y salida de 40, además cumple con el rango máximo de presión y temperatura del sistema. Con los datos del sistema vemos que se debe utilizar un número de orificio 10, por lo que, con la ayuda de la gráfica se determinó la capacidad de descarga de la trampa, la línea de retorno de condensado de la empresa opera a una presión de 60 psi (4,14 bar) por lo que esa será la presión de salida de la trampa, teniendo en cuenta que la presión en la entrada de la trampa será de 80 psi (5,516 bar), por lo cual se tendría una diferencia de presión de 20 PSI (1,38 bar), esta diferencia de presión y el número de orificio de la trampa indican que la capacidad de descarga será de aproximadamente 1500 Kg/h, que cumple

con la carga de caudal de condensado (997,335 Kg/h) tomando en cuenta el factor de seguridad de 1,5 recomendado como se indica en la tabla 5.

Tabla 5. Factor de seguridad recomendado para trampas de vapor TLV

Tipo de trampa TLV	Factor de seguridad recomendado
Flotador	1,5
Cubeta	2
Disco	2
Termostática	2
Bimetálica	3-5

Fuente: TLV

Elaborado por: Barrios y Bolívar (2023)

Esto indicó que las trampas de vapor TLV J7X y JS7X serán capaces de permitir la descarga total del caudal de condensado del sistema, enviándolo a la línea de retorno de condensado del sistema de vapor saturado de la empresa y así mejorando la eficiencia de la caldera recuperando la energía restante del condensado caliente.

Dado que la única diferencia entre ambos modelos es el tipo de conexión, siendo el modelo J7X de conexión de brida y el JS7X de conexión de rosca, se tomó como criterio el tipo de conexión que utiliza tanto la actual trampa de vapor de la línea de condensado como la del resto de trampas de vapor utilizadas por la empresa donde la mayoría son de conexión de rosca, además este tipo de conexión roscada tiene un menor precio y tolera de mejor manera las vibraciones que se puedan presentar en el sistema.

Se deben tomar en cuenta diferentes dispositivos que permitan proteger y aumentar la vida útil de la trampa de vapor seleccionada, por lo cual, se deberá utilizar después de la trampa de vapor una válvula check la cual impedirá el retorno del condensado previniendo de esta forma que a la salida de la trampa de vapor ocurran choques de condensado que produzcan vibraciones en la tubería. Para la tubería de entrada a la trampa de vapor lo adecuado es la instalación de un filtro tipo Y, el cual evitará que cualquier tipo de sólido indeseable se introduzca en la trampa de vapor, protegiendo de esta forma al equipo. En la figura 44 se puede visualizar una instalación

recomendada de una trampa de vapor con estos dos dispositivos para un separador de humedad cuya línea de retorno de condensado cumple la misma función que la del sistema en estudio.

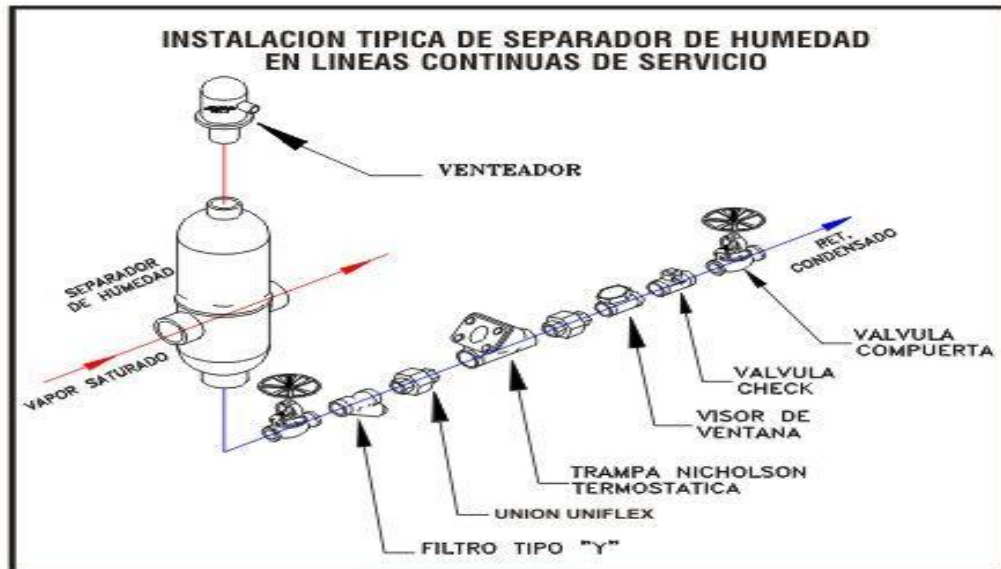


Figura 44. Instalación de la línea de retorno de condensado
Fuente: VaporTec (2023)

4.3.4 Cálculo y diseño del tanque

Para diseñar correctamente el tanque que se debe instalar en el sistema de calentamiento de agua, se calculó el volumen mínimo que este debe poseer para permitir el llenado de las tuberías del sistema en su totalidad a la hora de ser instalado, para esto se realizó la tabla 6 donde se indicó las longitudes de todos los tramos de tuberías del sistema como el diámetro interior que posee cada una, las tuberías externas son de acero al carbono cédula 80 y los tubos del intercambiador de calor como los de los serpentines de las manejadoras de aire son de cobre (ver anexo D,E,F,G,I).

Tabla 6. Datos de las tuberías del sistema

Diámetro nominal (mm)	Diámetro interno (mm)	Longitud (m)
Tuberías externas		
25	24,31	29,1
40	38,1	33,49
50	49,25	146,82
65	59	17,37

Tubo intercambiador de calor		
18	16,35	240
Serpentín agua caliente UMA 2		
18	18,03	59,4
Serpentín agua caliente UMA 3		
18	18,03	42,9
Serpentín agua caliente UMA 4		
18	18,03	72,6
Serpentín agua caliente UMA 8		
18	18,03	42,9

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

El volumen en una tubería cilíndrica se consiguió aplicando la siguiente fórmula:

$$V = \pi * r^2 * L$$

Al tener ya los datos y aplicar la fórmula anterior, se calculó el volumen total del sistema representado en la tabla 7.

Tabla 7. Volumen total de agua en el sistema

Tramo	Volumen (m ³)
Tuberías externas	0,3789
Intercambiador de calor	0,05
UMA 2	0,015
UMA 3	0,011
UMA 4	0,0185
UMA 8	0,011
Total	0,4844

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Conociendo que 1 m³ es equivalente a 1000 litros, el sistema cuenta con un volumen de 484,4 litros, por lo que esto sería el volumen mínimo que debería tener antes de tomar en cuenta

otras consideraciones. Al ser este el volumen de agua que llenará todas las tuberías del sistema, se hace necesario tener una cantidad adicional de agua para evitar un bajo nivel de agua en el tanque que permita la entrada de aire debido a un vórtice por la succión de la bomba, teniendo en cuenta que el tanque estará ubicado a pocos metros de la bomba del sistema y que su nivel de agua estará por encima de la tubería de succión de esta, se consideró un nivel adicional de 0,6 metros de agua.

Dado el espacio disponible donde se puede instalar el tanque el cual es de 1 m de ancho y 1 m de largo, se puede determinar el diámetro que tendrá, así como la altura de este, para una base de 0,8 metros de diámetro, la altura mínima del tanque cilíndrico deberá de ser de 0,96 metros, teniendo en cuenta ahora la altura adicional que debe poseer el tanque para que al llenarse el sistema de tuberías no se produzca un vórtice que permita la entrada de aire a la bomba, el tanque deberá poseer una altura de 1,56 metros con lo que se puede estimar que el volumen de agua necesaria en el tanque será de 0,784 m³ o su equivalente 784 litros.

Material del tanque

En el mercado existen dos opciones comunes de materiales para la fabricación de tanques, el polietileno y el acero; debido a que las condiciones en el tanque no son extremas (temperatura del agua a 55°C aproximadamente) y tampoco será un contenedor a presión gracias a que se colocará un respiradero en la parte superior de este, cualquiera de los dos materiales serán adecuados para el tanque, por lo que la elección se tomó en cuenta las facilidades en distintas características de aplicación de los tanques visualizadas en la figura 45.

CARACTERÍSTICA	TANQUES DE POLIETILENO	TANQUES DE ACERO
<i>Resistencia a la corrosión</i>	<i>Alta</i>	<i>Baja</i>
<i>Peso</i>	<i>Ligero</i>	<i>Pesado</i>
<i>Facilidad de transporte</i>	<i>Fácil</i>	<i>Difícil</i>
<i>Requiere mantenimiento</i>	<i>No</i>	<i>Sí</i>
<i>Flexibilidad en formas y tamaños</i>	<i>Alta</i>	<i>Limitada</i>
<i>Transparencia en el contenido</i>	<i>Posible</i>	<i>No</i>

Figura 45. Comparación tanques de polietileno vs acero
Fuente: TecnoTanques (2023)

Con la tabla comparativa y teniendo en cuenta el menor costo y la facilidad a la hora de instalar las tuberías de llenado y succión en el tanque, como también de los distintos accesorios

necesarios para mantener el control del nivel del agua en su interior y el respectivo respiradero, se seleccionó un tanque de polietileno para ser utilizado como tanque de almacenamiento para el suministro constante del caudal requerido por la bomba y el sistema.

Recubrimiento del tanque

Para evitar que el agua caliente dentro del tanque pierda temperatura debido a la transferencia de calor con el exterior, se hace necesario aplicar un recubrimiento alrededor de este. En el mercado existen una gran variedad de aislantes en el que destacan las lanas minerales, tanto la lana de vidrio como la lana de roca son aislantes muy utilizados en las industrias que requieren aislar tuberías o ductos para evitar la transferencia de calor, en la empresa Laboratorios Innova C.A. estos aislantes ya son utilizados para esto, siendo utilizado la lana de roca para aislar las tuberías de agua caliente (ver Anexo J) y la lana de vidrio para recubrir los ductos del sistema de climatización (ver Anexo K).

Al ser un aislante ya utilizado por la empresa y que se consigue con facilidad en el mercado, se seleccionó la lana de roca (ver figura 46) como el recubrimiento adecuado para el tanque, este material posee una conductividad térmica muy baja (ver figura 47) por lo que cumplirá con su función de mantener la temperatura del agua dentro del tanque, este material se puede conseguir en forma de manta lo cual permite una gran versatilidad por lo que se podrá adaptar de la mejor manera al tamaño y forma del tanque.



Figura 46. Manta de lana de roca para recubrimiento
Fuente: Camisea Trading (2019)

Parámetros técnicos		
Propiedades	Unidad	Vapor
Densidad	Kg /m ³	60-80-90 100
Conductividad térmica (70°C)	W/(m*K)	≤0.038
Temperatura Máxima de Servicio	°C	650
Temperatura de Contracción térmica bajo carga	°C	400
Contracción lineal	%	<2
Tasa de volumen de absorción de humedad	%	≤0.02
Tasa Hidrofóbica	%	≥99
Rendimiento de combustión	Clase A1, No combustible	-

Figura 47. Propiedades de la lana de roca
Fuente: Suministros, Ingeniería y Soluciones S.A. (2018)

Control de nivel del tanque

Debido a las pérdidas de caudal de agua que se producen en el sistema, se debe contar con una reposición externa de agua; ya que, si esto no ocurre, poco a poco el nivel de agua en el tanque bajará debido a que el sistema actual de reposición de agua al sistema no es efectivo como se mencionó en la fase de diagnóstico. Por lo que, se hace necesario la implementación de un control de nivel de agua en el tanque; una opción económica, sencilla de instalar y duradera son los flotantes eléctricos (ver figura 48), el cual permite un control de nivel de máximo y mínimo sin la necesidad de tener que instalar un sensor para cada nivel. Este sensor de nivel enviará una señal ON/OFF que activará y desactivará el paso del aire comprimido por la válvula solenoide ya instalada en el sistema, permitiendo así la apertura o cierre de la válvula neumática para la reposición de agua con lo cual ya no será necesario el uso del presostato para la activación y desactivación de la misma.

El flotador eléctrico cuenta con dos componentes esenciales, el contrapeso y la boya, el contrapeso se debe ubicar a la altura máxima de líquido elegido en el tanque, en este caso el nivel máximo elegido es 1 metro para que el agua dentro del tanque no supere el nivel de la entrada de la tubería ubicada a 1,2 metros. A esta altura de 1 metro se ubicará la entrada del cable en el tanque, conectando el contrapeso a pocos centímetros para que se mantenga a ese nivel, por último teniendo en cuenta el nivel de agua mínimo establecido de 0,6 metros, la distancia de cable que se

debe utilizar entre el contrapeso y la boya deberá ser de 40 centímetros, de esta forma cuando el agua en el tanque llegue a un nivel de 0,6 metros la boya estará totalmente vertical con respecto al contrapeso, activando de esta forma la reposición de agua y al estar a 1 metro de nivel, se encontrará de manera horizontal lo cual desactivará la reposición, controlando así de manera efectiva que siempre haya agua en el tanque suficiente que permitirá mantener el caudal de succión de la bomba constante y evitar la succión de aire en el equipo.



Figura 48. Flotante eléctrico
Fuente: Debiase (2023)

Adicionalmente, estos sensores deben ir conectados a un contactor y no directamente a la bobina eléctrica de la válvula solenoide para evitar quemar el sensor. El contactor debe ser de 110 voltios como lo requiere la bobina para su correcto funcionamiento, con respecto a esto se seleccionó un contactor eléctrico de la marca Chint modelo NC1-1810 con bobina de 110 voltios (ver figura 49) que cumple con el requerimiento.



Figura 49. Contactor NC1-1810
Fuente: Inyepartes Industriales (2023)

Una vez tomadas todas las consideraciones se procedió a realizar el plano del tanque correspondiente indicando sus respectivas tuberías y respiradero (ver figura 50). Las unidades de medida del plano están en milímetro.

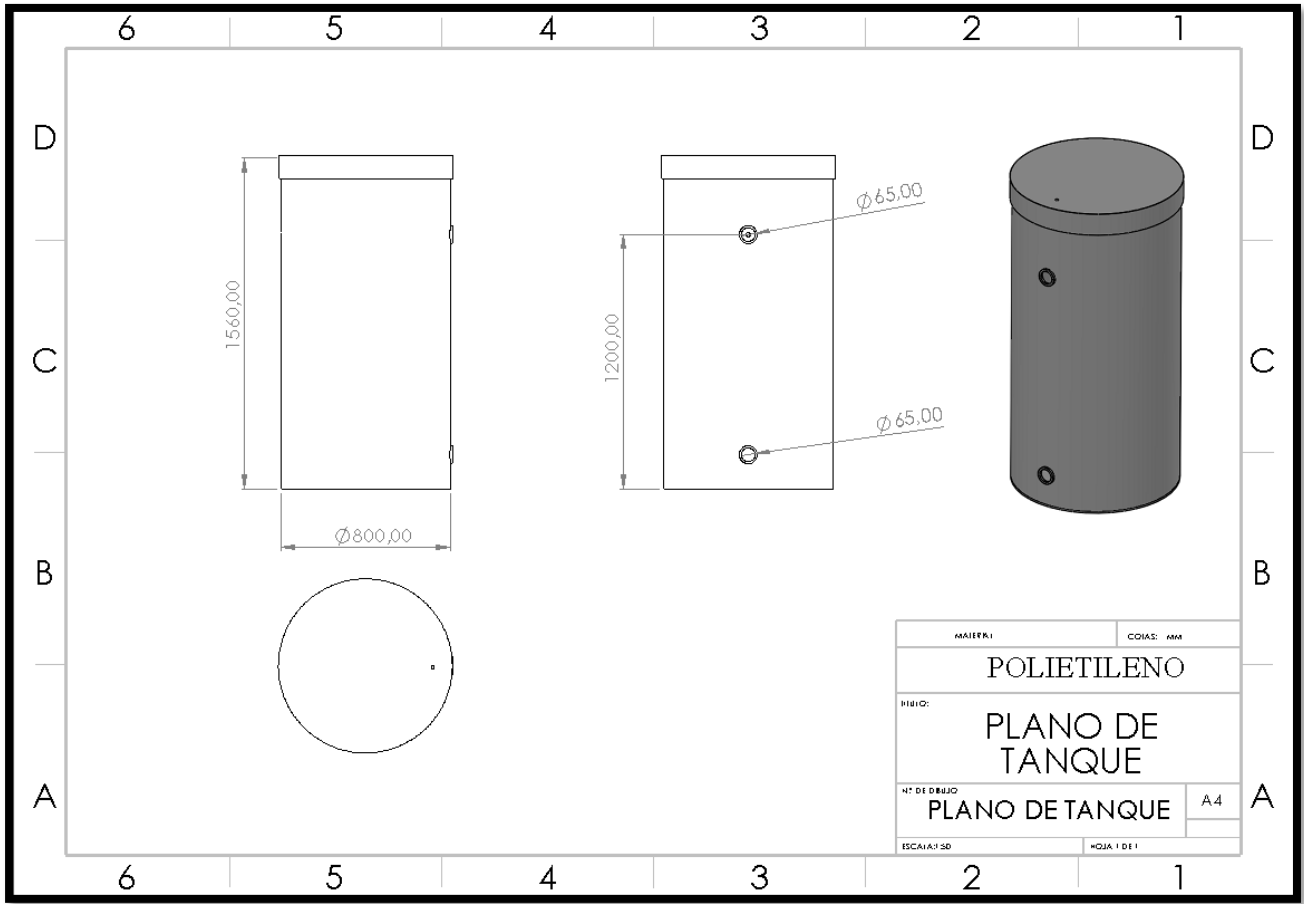


Figura 50. Plano del tanque
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Por último, se realizó un diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) representado en la figura 51, en el cual se muestra el sistema de control de nivel en el tanque por medio del agua de reposición controlando la válvula neumática todo-nada.

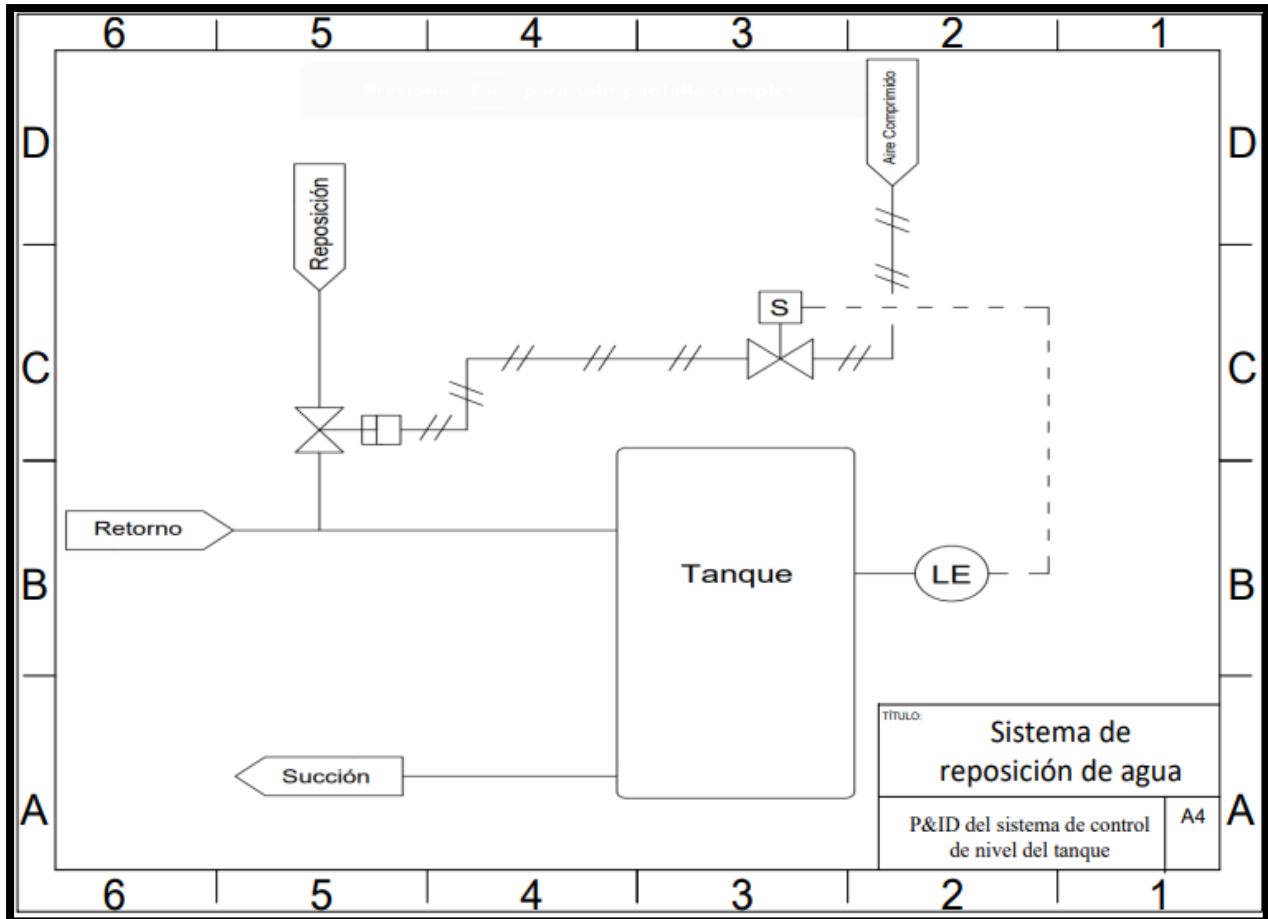


Figura 51. P&ID del sistema de control de nivel del tanque
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

4.4 Simulación del funcionamiento de los equipos del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC

En esta fase se representó las distintas simulaciones realizadas para indicar el funcionamiento de las mejoras en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC con el uso de los softwares FluidSIM-P y Solidworks.

Simulación del sistema de control de la temperatura del agua

Para la simulación del sistema de control de la temperatura del agua, se decidió el uso del software FluidSIM-P con el fin de imitar el comportamiento proporcional de la válvula. En la figura 52, se puede observar el esquema de control con la integración del PID y su diagrama de simulación neumática.

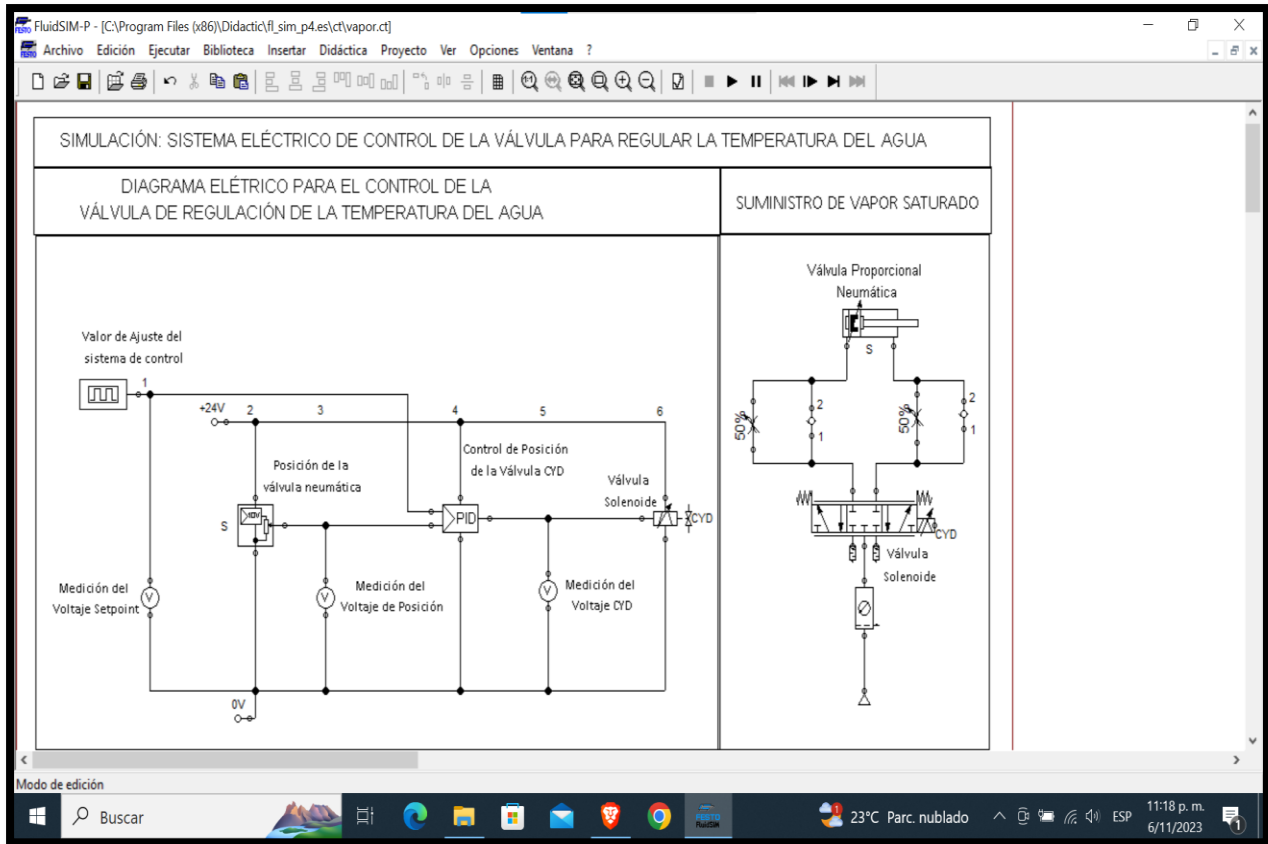


Figura 52. Diagrama electroneumático del control de la válvula proporcional.
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Simulación del sistema de control del tanque

El control de nivel del tanque de agua se simuló por medio del software FluidSIM-P. Para ello fue diseñado un sistema de control eléctrico para el accionamiento de la válvula solenoide que controla la válvula todo o nada de la tubería de reposición de agua; la cual a su vez es controlada por un flotador eléctrico que regula el nivel del agua del tanque. En la figura 53 y figura 54, se observó el paso de corriente representada en el color rojo, la posición de la válvula para el momento de la activación y posición del vástago.

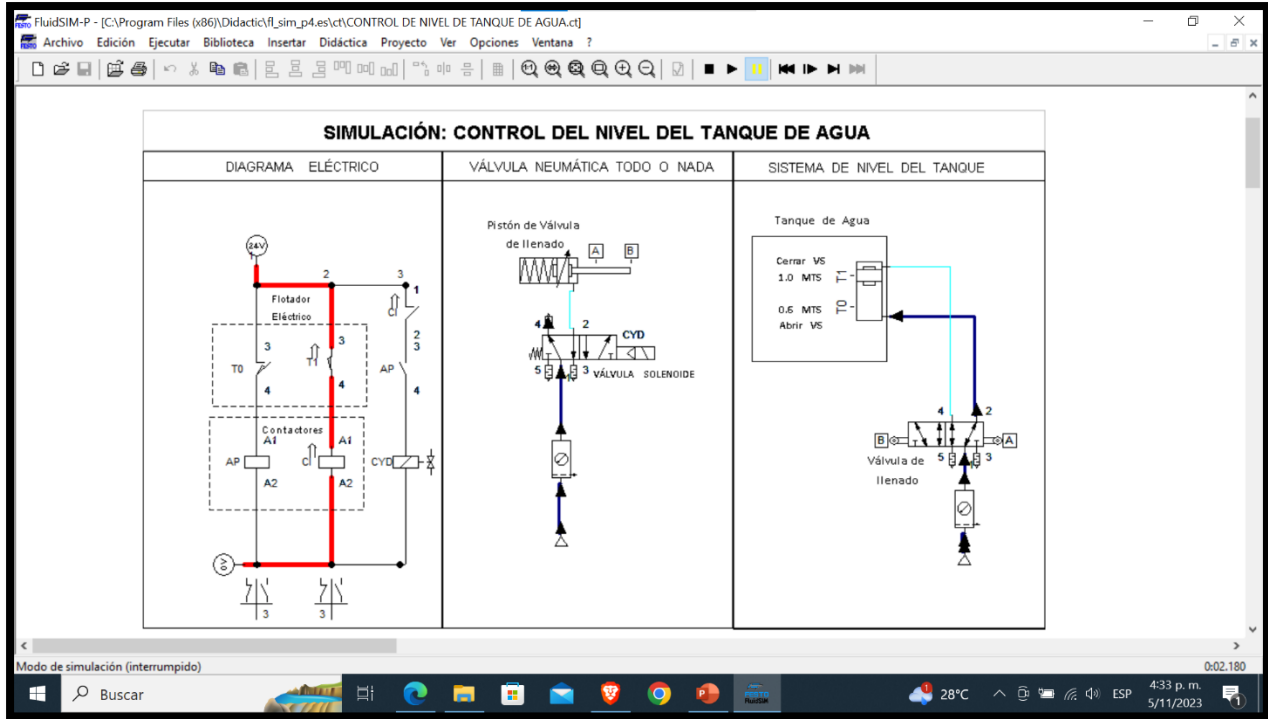


Figura 53. Diagrama electroneumático del nivel del tanque (nivel máximo)
 Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

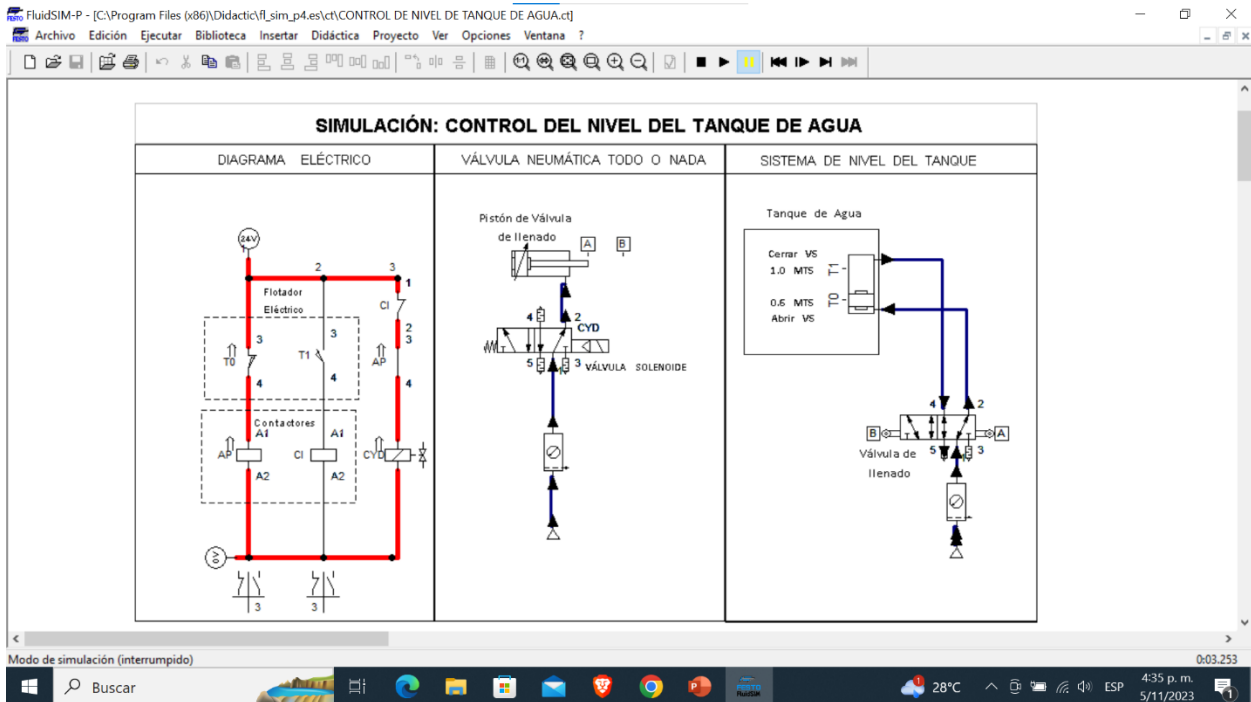


Figura 54. Diagrama electroneumático del nivel del tanque (nivel mínimo)
 Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Simulación de intercambiador de calor

Para verificar la interacción de los fluidos vapor saturado y agua en el intercambiador de calor, se utilizó el software SolidWorks. En el tubo inferior la entrada de agua a menor temperatura de 55°C como consecuencia de intercambio de calor en la cuatro UMAS, asimismo, las líneas amarillas representan la trayectoria del agua que intercambia energía con el vapor saturado enviado por la caldera; que está regulado a 80 psi. Luego se observa que en la salida del intercambiador de calor tenemos el condensado, que se puede apreciar con la disminución de temperatura del vapor saturado representado con el color azul (ver T 1).

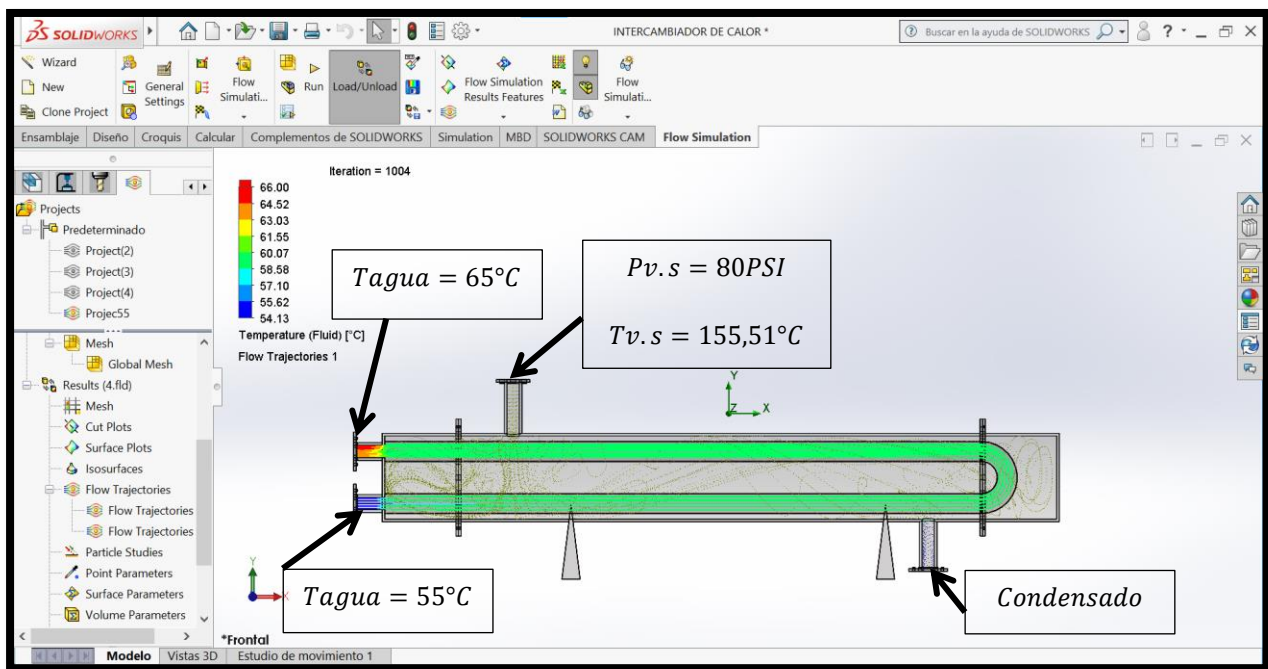


Gráfico 2. Temperaturas del agua y vapor en la entrada y salida del intercambiador de calor
Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Simulación de trampa de vapor

En el gráfico 2 se observa el comportamiento de la presión en la línea de salida del intercambiador de calor, así, en el lado izquierdo tenemos una presión de vapor condensado de 80 psi, representada con el color rojo, y a su vez al lado derecho la caída de presión a 60 psi.

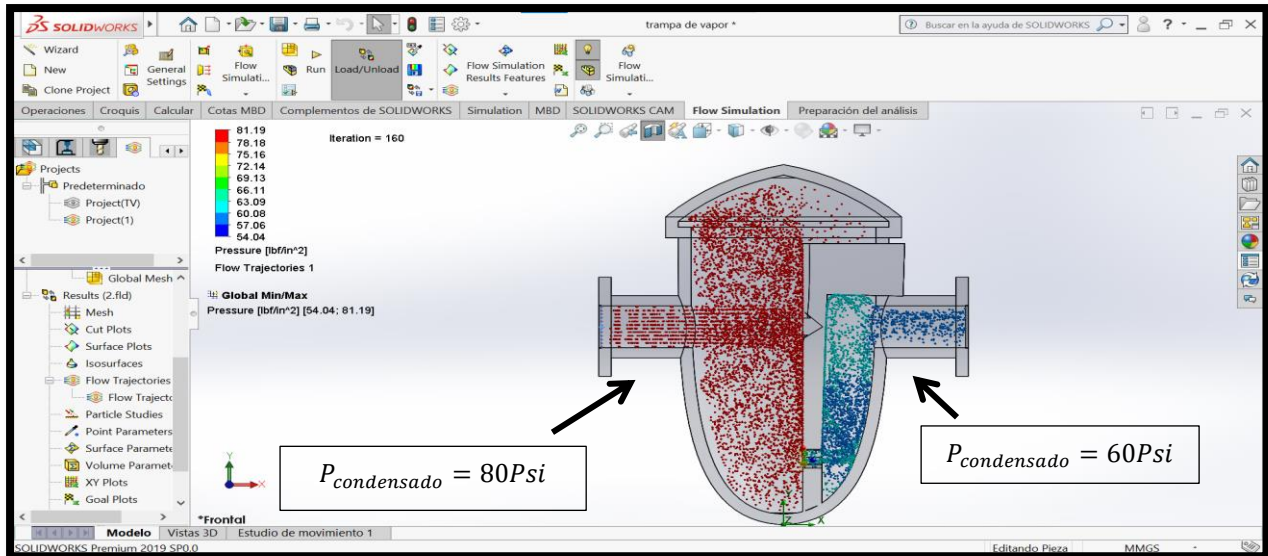


Gráfico 3. Presión en la entrada y salida de la trampa de vapor

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

4.5 Evaluación de la viabilidad técnica, económica, operativa y ambiental de las mejoras en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC

La viabilidad de un proyecto está relacionada con las estrategias generadas para satisfacer la relación costo-beneficio que se presenta con la intención de llevar a cabo las ideas planteadas, al mismo tiempo, que se genera ganancias monetarias y mejoras laborales. Esto representa un reto para las propuestas de mejora, motivado a las limitaciones generadas por los recursos, el tiempo y normativas legales o de asociaciones para su ejecución. Asimismo, Sobrero, F. (2019), menciona:

El concepto Viabilidad es utilizado en la disciplina Evaluación de Proyectos para expresar contenidos diversos. En los textos de autores con origen disciplinar en la ingeniería o en la “ingeniería económica”, se entiende la viabilidad como capacidad de un Proyecto de lograr un buen desempeño financiero, es decir una tasa de rendimiento aceptable. Es por ello que se lo utiliza como sinónimo de rentabilidad. Lo propio ocurre en publicaciones cuyos autores provienen de disciplinas como la Administración y la Economía. (parr.5)

Como consecuencia de esto, se va a tomar en cuenta que existen varios tipos de viabilidad relacionada con este proyecto, como lo son, la viabilidad económica, la técnica, la operativa y la ambiental, con el fin de abarcar los aspectos más importantes del proyecto y su ejecución.

Viabilidad económica

A efecto de determinar la viabilidad económica de las mejoras planteadas, se determinó la inversión a realizar, considerando los equipos, materiales y mano de obra requeridos. En la tabla

8 se muestra la lista de la inversión en equipos y materiales; mientras que en la tabla 9 los costos por mano de obra.

Tabla 8. Costos de los equipos y materiales necesarios

Descripción	Cantidad	Precio de unidad (USD)	Total (USD)
Termopar tipo J con termopozo	1	10	10
Transmisor de temperatura tipo pastilla	1	60	60
Control de Temperatura, HONEYWELL DC 1040	1	180	180
Convertidor de Corriente a Presión I/P T1000	1	450	450
Válvula proporcional neumática Spence modelo K de 1-1/2"	1	1.600	1.600
Trampa de vapor TLV JS7X de 1-1/2"	1	625	625
Válvula check de 1-1/2"	1	115	115
Filtro "Y" de 1-1/2"	1	65	65
Tanque de agua de polietileno de 800 litros	1	160	160
Flotante eléctrico	1	13,90	13,90
Contactador eléctrico Chint NC1-1810	1	10,80	10,80
Manta de lana de roca 5x1 metros	2	110	220
1 metro de tubería de acero al carbono 2-1/2" SCH 80	2	56,03	112,06
Respiradero para tanque de agua	1	15	15
Cables	N.A.	5	5
Protector de sobretensión	1	40	40
Total			3.681,76

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Tabla 9. Costo de mano de obra

Descripción	Costo (USD)
Instalación de equipos y componentes para el sistema de control de temperatura del agua en el intercambiador de calor	1.250
Reemplazo e instalación de trampa de vapor, filtro “Y” y válvula check en la línea de condensado	600
Instalación del tanque con todos los componentes en el sistema	450
Imprevistos (10%)	230
Total	2.530

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Una vez obtenidos los costos de componentes y mano de obra aproximados requeridos para la ejecución de las mejoras, se procedió a realizar la sumatoria en la tabla 10 para conocer la inversión total que debe realizar la empresa para llevar a cabo las mejoras planteadas.

Tabla 10. Inversión total para la aplicación de las mejoras

Descripción	Costo (USD)
Equipos y materiales	3.681,76
Mano de obra	2.530
Total	6.211,76

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Se debe considerar ahora el beneficio de aplicar estas mejoras por lo que se deben considerar los gastos y pérdidas de la empresa Laboratorios Innova C.A. actuales debido a los problemas que generan las fallas en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC, teniendo en cuenta la información suministrada en la entrevista por el Líder de Mantenimiento,

mensualmente se requiere hacerle mantenimiento correctivo para hacerle correcciones a las tuberías de vapor saturado y línea de condensado del intercambiador las cuales presentan continuas fallas debido a fugas de vapor ocasionadas por el golpe de ariete como se puede observar en la orden del trabajo en el anexo A.

Estos mantenimientos correctivos además los realiza un contratista normalmente los fines de semana, esto debido a que conlleva a la parada total del intercambiador de calor, por lo que hacerlo un día de semana llevaría a una parada total de la producción en el área de sólidos debido a la pérdida de la condición de humedad requerida, aunque de igual manera, al perderse las condiciones en el área el fin de semana cuando no hay producción, el lunes el personal del primer turno al volver deberá realizar la limpieza respectiva de las áreas y esperar luego a la validación de control de calidad para reanudar la producción, lo que conlleva prácticamente todo un turno de trabajo (8 horas), por lo que recién en segundo turno es cuando se retoma la producción, generándose así un retraso.

En la tabla 11 se representó los gastos mensuales producto de fallas graves en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC.

Tabla 11. Gastos mensuales debido a fallas graves

Descripción	Costo (USD)
Mantenimiento correctivo	400
Accesorios de las tuberías (Niples, Bushing, Codo y Tee)	25
Total	425

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

En el caso del retraso, no es posible determinar la pérdida económica que esto le representa a la empresa, pero es evidente la pérdida de productividad que genera; por lo tanto, la empresa debe considerar la aplicación de las mejoras planteadas para lograr la disminución de retrasos en producción debido a fallas en el sistema de calentamiento de agua maximizando así la eficiencia del proceso.

Por último, en la tabla 12 se consideró la recuperación económica de la aplicación de las mejoras teniendo en cuenta los gastos conocidos que se producen mensualmente debido a las fallas del sistema.

Tabla 12. Viabilidad económica

Descripción	Costo (USD)
Inversión total	6.211,76
Gastos mensuales por mantenimiento correctivo	425
Tiempo de recuperación de inversión (meses)	15

Fuente: Barrios y Bolívar (2023)

Teniendo en cuenta simplemente los gastos de mantenimiento correctivo, la empresa en un año y tres meses recuperaría lo invertido en las mejoras en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC, por lo que, si se tiene en cuenta los beneficios que conlleva la aplicación de las mejoras como además el aumento de la productividad al disminuir los retrasos, el proyecto es económicamente viable de llevar a cabo por la empresa Laboratorios Innova C.A.

Viabilidad técnica

La viabilidad técnica contempla si la empresa cuenta con las habilidades en el manejo de las tecnologías y conocimientos académicos utilizados en la implementación de un proyecto. Del mismo modo, para Quintana, C. (2021) la viabilidad técnica, se define como:

La viabilidad técnica de un proyecto mide el nivel de recursos técnicos que una organización tiene al alcance. Dicha evaluación se enfoca en determinar si los recursos a disposición se ajustan a las necesidades del proyecto y si el capital humano cuenta con la destreza técnica para llevar a cabo el proyecto. (par. 13)

Según lo citado, la viabilidad técnica es importante para el desarrollo del proyecto, dado que, la calidad de las habilidades y conocimientos ejecutados por el personal seleccionado para la implementación de las mejoras seleccionadas tendrá una relación directa con el tiempo, los recursos y la seguridad del proyecto. Debido a esto, este trabajo de investigación contempla los fenómenos físicos y técnicos que involucran a las mejoras del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC de la empresa Laboratorios Innova C.A.

Viabilidad operativa

La viabilidad operativa hace referencia a la capacidad de la empresa para realizar las operaciones de manera efectiva. La organización toma en cuenta la evaluación del personal, los recursos económicos, los equipo e instrumentos para cumplir con la finalización del proyecto. Y también, Martins, J. (2023) especifica que “Con el estudio de viabilidad operativa se evalúa si la organización es capaz o no de finalizar el proyecto. Incluye la necesidad de contar con el personal adecuado, la debida estructura organizativa y cualquier otro requisito legal vigente”.

Viabilidad ambiental

La viabilidad ambiental ha tomado mucha importancia al pasar de los años, motivado a las preocupaciones a nivel mundial sobre la degradación y destrucción de los recursos naturales, donde, podemos observar un impacto en el ecosistema. Por ello, la implementación de mejoras en función a una expectativa de reparaciones muy baja, poca pérdida de agua y disminuir el consumo energético, son puntos importantes en el desarrollo del proyecto. De igual forma, para Sobrero, F. (2017) “es necesario reformular patrones productivos y de uso de recursos riesgosos para el ambiente que se contradicen con la lógica empresarial de ganancia en el corto y medio plazo”. Debido a que la materia prima viene del medio ambiente y su reproducción toma mucho tiempo en volver a producirse para los tiempos tan apresurados a nivel mundial. La implementación de las mejoras en la empresa Laboratorios Innova C.A. permitirá disminuir el consumo de gas y agua requerido por la caldera de la empresa debido a que se recuperará de manera efectiva el condensado producido en el intercambiador de calor de sistema como también un menor consumo de vapor para el funcionamiento de este.

CONCLUSIONES

En el desarrollo de esta investigación, se llegó a las siguientes conclusiones por cada objetivo desarrollado:

- En el diagnóstico de los problemas presentes en el sistema de calentamiento de agua, se utilizó técnicas y métodos de recolección de datos que permitió una evaluación completa de las condiciones de funcionamiento del sistema de calentamiento de agua, debido a esto se logró determinar los principales factores que influyen en la disminución de la eficiencia en el sistema; siendo estos, el ineficiente control de temperatura del agua caliente, la acumulación de condensado en el intercambiador de calor y la pérdida de presión y acumulación de aire en las tuberías del sistema de calentamiento de agua.
- Para la determinación de las mejoras a implementar se plantearon cinco propuestas las cuales fueron evaluadas bajo el método de Vilchez, apreciándose el orden de importancia de cada propuesta planteada, considerando las tres propuestas con mayor ponderación dado que cada propuesta da solución a un problema distinto que presenta el sistema, siendo estas soluciones propuestas la selección de una mejor trampa de vapor, el control automatizado de la entrada de vapor al intercambiador de calor y la instalación de un tanque de agua en la tubería de succión de la bomba.
- Para el control automatizado de la entrada de vapor se determinó que la aplicación de un sistema de control PID es la mejor opción al momento de mantener la temperatura del agua en la salida del intercambiador de calor en el rango deseado, esto debido a que al compararlo con un sistema ON/OFF permitirá una menor variación de presión en el sistema al permitir una apertura proporcional de vapor y no brusca. Por otra parte, se seleccionó una trampa de vapor TLV JS7X que cumple con la capacidad de descarga total del caudal de condensado generado en el intercambiador de calor, gracias a que se comparó el caudal de condensado calculado con las especificaciones y la gráfica de capacidad de descarga permitida por la trampa de vapor. Por último, se utilizará un tanque de 800 litros en la succión de la bomba, considerando, el volumen total de agua calculado del sistema y un volumen adicional óptimo para evitar la succión de aire por parte de la bomba, además se incorporó un sistema de control de nivel más eficiente para la reposición de agua al sistema tomando en cuenta la deficiencia del sistema anterior.

- Todas las mejoras planteadas fueron simuladas mediante software que permitieron representar el funcionamiento de las mejoras realizadas en los equipos del sistema, tomando en cuenta las condiciones de operación deseadas.
- En el último objetivo del proyecto, se realizó una evaluación de viabilidad técnica, económica, operativa y ambiental; donde se determinó que económicamente las propuestas de mejoras planteadas son viables; recuperándose la inversión en un año y tres meses aproximadamente. Lo cual aunado a un aumento en la productividad; y a las mejoras ambientales por la disminución del consumo de gas y agua gracias a la recuperación de condensado y menor consumo de vapor. Por lo antes expuesto, la presente investigación es viable para su implementación.

RECOMENDACIONES

A fin de mejorar la eficiencia en el sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC de la empresa Laboratorios Innova C.A. garantizando la durabilidad y eficiencia de las mejoras propuestas en el proceso; así como el buen funcionamiento de los equipos que lo conforman recomendamos lo siguiente:

- Implementar las propuestas de mejoras planteadas; ya que su utilización permite a la empresa, con poca inversión, mejorar sustancialmente el funcionamiento del sistema de calentamiento de agua.
- Verificar la correcta conexión de todos los componentes en el sistema al momento de ser instalados.
- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo que permita prevenir a tiempo posibles fallas que condicionen el funcionamiento del sistema.
- Capacitar al personal de mantenimiento con respecto al funcionamiento de las mejoras empleadas para que cuenten con el conocimiento y habilidades para detectar cualquier anomalía en el sistema.
- Evaluar a profundidad las condiciones de las tuberías, tubos del intercambiador de calor y serpentines de las manejadoras de aire y realizar correcciones en estas de ser necesario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Juhani, M. (2012). **Fundamentals of Valves**. Recuperado de: https://es.slideshare.net/mohdalaamri/valves-presentation?from_action=save.
- Arias, F. (2016). **El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica**. 7ma edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- Besterfield, D. (2009). **Control de Calidad**. 8va edición. Pearson Educación. México D.F, México.
- Canduela, J. (2022). **Sistema de control PID de temperatura para la docencia de asignaturas de regulación automática**. [Tesis de pregrado, Universidad de Cantabria] <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/25340>.
- Cengel, Y. (2006). **Mecánica de fluidos. Fundamentos y aplicaciones**. 1era edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Ciudad de México, México.
- Gandur, S. (2016). **Diseño de control óptimo y control robusto para regular la temperatura de un intercambiador de calor**. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Bucaramanga] https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/1600/2016_Tesis_Said_Yamil_Gandur_Adarme.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Guerrero, F. (2018), **Diseño de un sistema de recuperación de condensado de baja presión en la unidad U-110 Hidrocracking en Ecopetrol S.A Cartagena (Bolívar)**. [Tesis de pregrado, Universidad de San Buenaventura Seccional Cartagena] <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/45102d84-263a-490e-901f-c773f8c8a3fa/content>.
- Hurtado, J. (2000). **Metodología de la Investigación Holística**. 3era edición. Inversiones Cepal. Caracas, Venezuela.
- Jaramillo, O. (2007). **Intercambiadores de calor**. Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Jiménez, A. (2015). **Sistemas críticos HVAC en la industria farmacéutica**. Recuperado de: <https://www.mundohvacr.com/2014/02/sistemas-criticos-hvac-en-la-industria-farmaceutica/#comments>.
- Junta de castilla y León (2010). **Manual técnico de diseño y cálculo de redes de vapor. Eficiencia energética en redes de vapor**. Editor Junta de Castilla y León. España.

- Lahlou, M. (2009). **Golpe de ariete**. Recuperado de: <https://www.studocu.com/cas/document/instituto-tecnologico-de-santo-domingo/mecanica-de-solidos-deformables/golper-de-ariete/3655550>.
- López, P. (2014). **La ecuación de Bernoulli**. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10251/38626>.
- Martins, J. (2023). **Cómo aplicar un estudio de viabilidad en la gestión de proyectos**. Recuperado de: <https://asana.com/es/resources/feasibility-study>.
- Norma COVENIN 5006:2018. Requisitos de Seguridad y Ambientales para la Instalación, Operación, Mantenimiento, Reparación de Sistemas de Refrigeración, Recuperación, Reúso y Eliminación de los Fluidos Refrigerantes**. Recuperado de: http://www.sencamer.gob.ve/publicos/descargas/pdf/covenin/COVENIN_5006-2018.pdf.
- Ortiz, D. y Ruiz, L. (2017). **Diseño de un sistema de captación del excedente de vapor, para su aprovechamiento en el calentamiento de agua en la empresa Azulk S.A.** [Tesis de pregrado, Universidad de América] Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/6488>.
- Palella y Martins (2006). **Metodología de la Investigación Cuantitativa**. 2da edición. FEDUPEL. Caracas, Venezuela.
- Ramírez, F. (2003). **Control de la temperatura y la humedad de una línea de producción de pasta corta**. [Tesis de pregrado, Universidad Central de Venezuela] Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10872/2141>.
- Reina, G. (2012). **Manual para el diseño de una red hidráulica de climatización**. 1era. Edición. Recuperado de: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/5091/>
- Rosero y Pérez (2012). **Diseño de la automatización de un sistema HVAC para un cuarto de control en la industria petroquímica**. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Bolívar] Recuperado de: <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/3096/0065086.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Quintero. C. (2021). **Estudio de viabilidad de un proyecto: qué es y cómo se hace**. Recuperado de: <https://www.oberlo.es/blog/viabilidad-de-un-proyecto>.
- Sampieri, R. (2018). **Metodología de la Investigación**. 6ta Edición. Editorial McGraw-Hill. México D.F.

- Sobrero, F. (2009). **Análisis de Viabilidad: La cenicienta en los Proyectos de Inversión.** Recuperado de: <http://www.asociacionag.org.ar/pdfcap/5/Sobrero,%20Francisco%20-%20ESTUDIOS%20DE%20VIABILIDAD%20LA%20CENICIENTA%20DE%20LOS%20PROYECTOS%20DE%20INVERSION.pdf>
- Tamayo (2002). **El proceso de la Investigación Científica.** 4ta edición. Editorial Limusa. México.
- TLV (2023). **Las Mejores Prácticas para la Remoción de Condensado en Líneas Principales de Vapor.** Recuperado de: <https://www2.tlv.com/es-mx/steam-info/steam-theory/distribution/steam-lines-best-practices>
- Twyman, J. (2018). **Golpe de ariete en una red de tuberías debido al cierre rápido de una válvula.** Revista Ingeniería de construcción, vol. 33, no. 2. Agosto. Santiago de Chile, Chile. Recuperado de: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732018000200193.
- Vapor para la Industria (2019). **Control de temperatura automático en intercambiadores de placas para vapor.** Recuperado de: <https://vaporparalaindustria.com/control-de-temperatura-automatico-en-intercambiadores-de-placas-para-vapor/>
- Vílchez, N. (2001). **Estrategias creativas en el diseño mecánico.** Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad de Carabobo, Venezuela.
- White, F (2003). **Mecánica de fluidos.** 5ta edición. Editorial McGraw-Hill. España.

ANEXOS

Anexo A



LABORATORIOS INNOVA, C.A
Departamento de Mantenimiento
Orden de trabajo
hoja: 1 de 2

Folio OT: IN001534-2



Del 27/5/2023 al 27/5/2023

Responsable: NJTIMAMETAL C.A NESTOR TIMAURE
Duración estimada: 0 h 10 m
Observaciones de la OT:

Referencia

0210 **(MSC-SAC-0104 LINEA) INTERCAMBIADOR SISTEMA DE AGUA CALIENTE**
Localización: (LABORATORIOS INNOVA, C.A) 1.- EQUIPOS DE PLANTA(NIVEL 4.37) PISO MECANICO 2
Equipo padre:
Prioridad: Alta
Plan ligado:

Trabajos no rutinarios

1194 CORRECCION DE LA LINEA DE VAPOR Y CONDENSADO (FUGA)

Prioridad Alta
 Dependencia: 0 h 10 m
Tipo de trabajo: Correctivo
Realizado:
Medidas:

Solicitante: ADRIAN MARCANO
Fecha y hora de notificación: 27/5/2023 7:00:00 a. m.

Datos generales

Tipo de trabajo: Correctivo
El trabajo proviene de una solicitud: No
Clasificación 1: SERVICIOS EXTERNOS
Clasificación 2:

Fecha y hora de solicitud o aviso: 27/5/2023 7:00:00 a. m.
Fecha programada: 27/5/2023
Mano de obra estimada: 0 h 10 m

Observaciones:
CORRECCION DE SERVICIOS DE VAPOR SATURADO Y LINEA DE CONDENSADO, PRESENTANDO CONTINUAS FALLAS POR FUGA DE VAPOR.

Notas acerca del trabajo realizado

Inicio del trabajo: 27/5/2023 7:00:00 a. m.
Fin del trabajo: 27/5/2023 2:30:00 p. m.

Tiempo invertido en realizar el trabajo: 7 h 30 m

Procedimiento:
CORRECCION DE SERVICIOS DE VAPOR SATURADO Y LINEA DE CONDENSADO, PRESENTANDO CONTINUAS FALLAS POR FUGA DE VAPOR.

SE REALIZO EL REEMPLAZO DE NIPLES Y ACCESORIOS DE TUBERIAS DE ACERO AL CARBONO SCH-80 (CODD, BUSHING Y T).

QUEDANDO OPERATIVO: 100%.

Causa y tipo de falla

Tipo de equipo: LINEA
¿El trabajo correctivo debe ser considerado una falla del equipo/inmueble? Si
Causa de la falla: Falla o desgaste prematuro de partes (calidad de las partes)
Tipo de falla: TUBERIA DAÑADA

Daño causado

¿Paró el equipo? Si
¿Ocasionó que otros equipos paren en cadena? No
¿Causó algún tipo de daño? No
Inicio del paro: 27/5/2023 7:00:00 a. m.
Fin del paro: 27/5/2023 2:30:00 p. m.

Tiempo invertido en realizar el trabajo: 7 h 30 m
Tipo de daño:

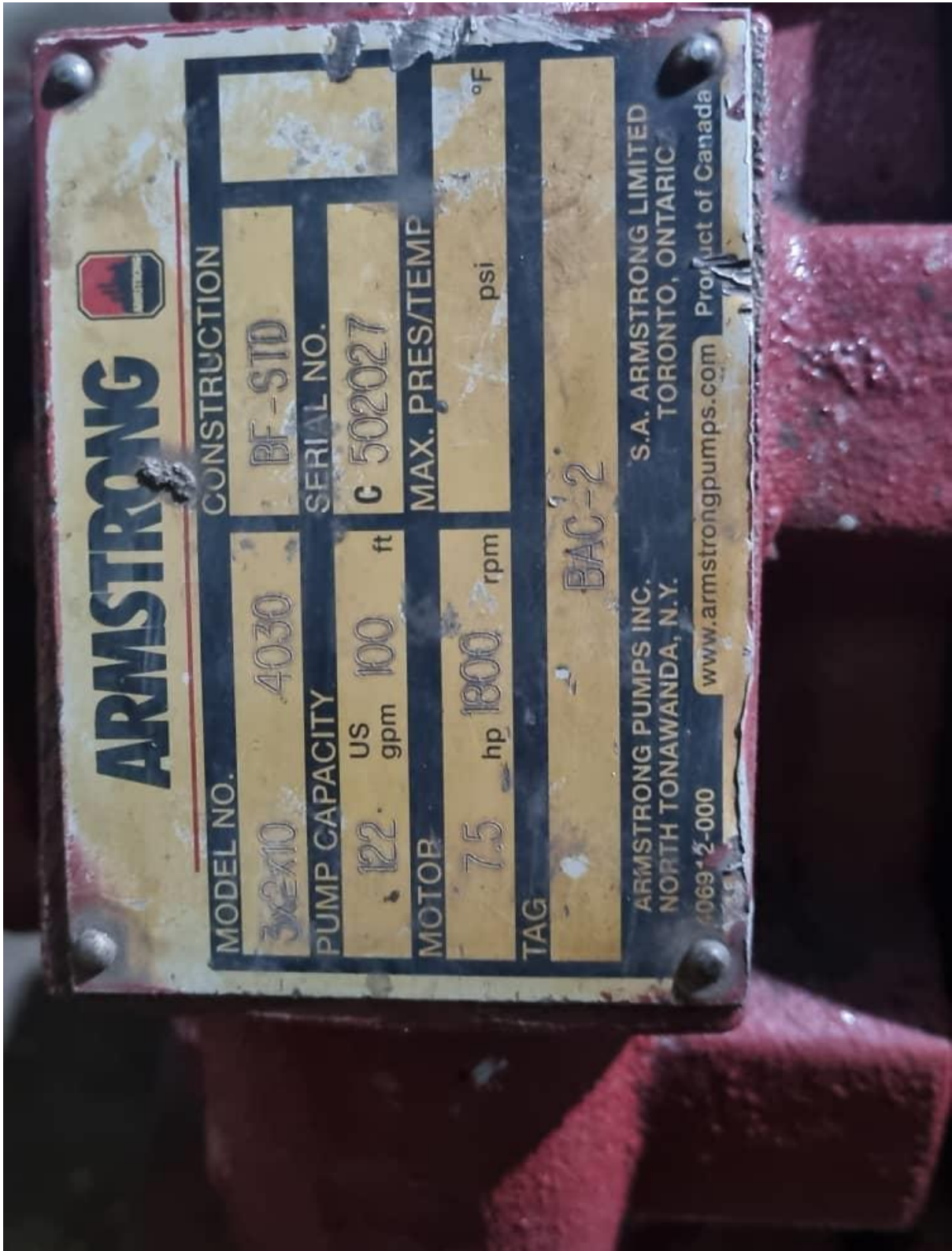
Descripción del daño:

Anexo B

Semana Nº 22		Periodo del 29/05/2023 al 02/06/2023						
Area	Codigo	Tamaño	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	
Solidos	AE14	125.000	E	E	E	E	E	
	AE14	125.000					E	
	AE14	125.000	L	B	B	E	E	
	DIC7	125.000	T/R	R	B			
	DIC10	41.666	L	F	R	B	B	
	DIC10	41.666	L	F	P	T/R	B	
	AE14	125.000			P	T/R	R	
	AE14	125.000			F	F	T/R	
	VIT4	3.333	L	F	T	B	R	
	VIT4	3.333			F	F		
VIT4	3.333			T	F	B		
AP110	36.000	T	T		F	T	B	

327.666 → 24 horas → 16 horas

Leyenda: P: pesada, F: Fabricación, L: Llenado, EN: Encapsulado, T: Tableado, R: Recubrimiento, B: Bistado, G: Granulación, L: Limpieza de Areas, ET: etiquetado, E: Estuch



Anexo D

Reporte de performance UMA 2

M Series Performance Report		28/04/2006
Coil module [4]		4
<u>Coil mo [4]-1</u>		Module Position:
<u>Module type</u>	Horizontal coil	
<u>Module size</u>	Medium	
<u>Insulation</u>	1.5 lb insulation	<u>Coil rows</u>
<u>Panel wall type</u>	Solid double wall	<u>Coil fin type</u>
<u>Drain pan</u>	Galvanized	<u>Coil fin material</u>
<u>Drain pan connection side</u>	Right side	<u>Tube diameter</u>
<u>Coil application</u>	Heating	<u>Coil tube material</u>
<u>System type</u>	Hot water	<u>Face velocity</u>
<u>Coil supply side</u>	Right	<u>Air pressure drop</u>
<u>Coil casing</u>	Galvanized	<u>Leaving fluid temperature</u>
<u>Coil height</u>	Unit	<u>Fluid pressure drop</u>
<u>Design sequence</u>	A	<u>Fluid volume</u>
<u>Apply ARI ranges</u>	Yes	<u>Fluid velocity</u>
<u>Coil airflow</u>	11000cfm	<u>Total cap ent coil type #1</u>
<u>Elevation</u>	1810.00ft	<u>Total cap ent coil type #2</u>
<u>Entering dry bulb</u>	50.00F	<u>Face area</u>
<u>Leaving dry bulb</u>	65.00F	<u>Dry coil weight</u>
<u>Total capacity</u>	167.55MBh	<u>Wet coil weight</u>
<u>Fin spacing</u>	95Per Foot	<u>Coil module pressure drop</u>
<u>Entering fluid temperature</u>	140.00F	<u>Module length</u>
<u>Fluid temperature drop</u>	10.00F	<u>Module weight</u>
<u>Standard fluid flow rate</u>	33.56gpm	<u>HR #1 HC03</u>
<u>Coil fouling factor</u>	0hr-sq ft-deg F/Btu	<u>HR #2 HC03</u>
<u>Fluid type</u>	Water	<u>HR #3 HC03</u>
<u>Max fluid pressure drop</u>	15.00ft H2O	<u>HR #4 HC03</u>
<u>Location</u>	Draw through	<u>HR #5 HC03</u>
<u>Coil type</u>	WA	<u>HR #6 HC03</u>
		<u>HR #7 HC03</u>

Anexo E

Reporte de performance UMA 3

Coil module 4		Module Position:	4
<u>Coil mo 4 -1</u>			
<u>Module type</u>	Horizontal coil	<u>Coil fouling factor</u>	0.00050hr-sq ft-deg F/Bt
<u>Module size</u>	Small	<u>Fluid type</u>	Water
<u>Insulation</u>	1.5 lb insulation	<u>Location</u>	Draw through
<u>Panel wall type</u>	Solid double wall	<u>Coil type</u>	W/
<u>Drain pan</u>	Galvanized	<u>Coil rows</u>	
<u>Drain pan connection side</u>	Right side	<u>Coil fin type</u>	Prima-Flo I
<u>Coil application</u>	Heating	<u>Coil fin material</u>	Aluminum
<u>System type</u>	Hot water	<u>Tube diameter</u>	5/8" tube (15.875 mm)
<u>Coil supply side</u>	Right	<u>Coil tube material</u>	.020" copper
<u>Coil casing</u>	Galvanized	<u>Face velocity</u>	440.13ft/mi
<u>Coil height</u>	Unit	<u>Air pressure drop</u>	0.08in H2O
<u>Design sequence</u>	A	<u>Leaving fluid temperature</u>	130.00
<u>Apply ARI ranges</u>	Yes	<u>Fluid pressure drop</u>	0.70ft H2O
<u>Coil airflow</u>	5850cfm	<u>Fluid volume</u>	1.18g
<u>Elevation</u>	1810.00ft	<u>Fluid velocity</u>	2.19ft/se
<u>Entering dry bulb</u>	50.00F	<u>Total cap ent coil type #1</u>	118.80MB
<u>Leaving dry bulb</u>	70.00F	<u>Face area</u>	13.29sq ft
<u>Total capacity</u>	118.80MBh	<u>Dry coil weight</u>	99.6lb
<u>Fin spacing</u>	125Per Foot	<u>Wet coil weight</u>	109.4lb
<u>Entering fluid temperature</u>	140.00F	<u>Coil module pressure drop</u>	0.08in H2O
<u>Fluid temperature drop</u>	10.00F	<u>Module length</u>	11.000ft
<u>Standard fluid flow rate</u>	23.80gpm	<u>Module weight</u>	229.4lb

3

Anexo F

Reporte de performance UMA 4

M Series Performance Report		28/04/2006
Coil module [4]	Module Position: 4	
<u>Coil mo [4]-1</u>	Horizontal coil	Coil rows
<u>Module type</u>	Medium	Coil fin type
<u>Module size</u>	1.5 lb insulation	Coil fin material
<u>Insulation</u>	Solid double wall	Tube diameter
<u>Panel wall type</u>	Galvanized	Coil tube material
<u>Drain pan</u>	Right side	Face velocity
<u>Drain pan connection side</u>	Heating	Air pressure drop
<u>Coil application</u>	Hot water	Leaving fluid temperature
<u>System type</u>	Right	Fluid pressure drop
<u>Coil supply side</u>	Galvanized	Fluid volume
<u>Coil casing</u>	Unit	Fluid velocity
<u>Coil height</u>	A	Total cap ent coil type #1
<u>Design sequence</u>	Yes	Total cap ent coil type #2
<u>Apply ARI ranges</u>	13800cfm	Face area
<u>Coil airflow</u>	1810.00ft	Dry coil weight
<u>Elevation</u>	50.00F	Wet coil weight
<u>Entering dry bulb</u>	65.00F	Coil module pressure drop
<u>Leaving dry bulb</u>	210.19MBh	Module length
<u>Total capacity</u>	95Per Foot	Module weight
<u>Fin spacing</u>	140.00F	HR #1 HC03
<u>Entering fluid temperature</u>	10.00F	HR #2 HC03
<u>Fluid temperature drop</u>	42.11gpm	HR #3 HC03
<u>Standard fluid flow rate</u>	0hr-sq ft-deg F/Btu	HR #4 HC03
<u>Coil fouling factor</u>	Water	HR #5 HC03
<u>Fluid type</u>	Draw through	HR #6 HC03
<u>Location</u>	WA	HR #7 HC03
<u>Coil type</u>		

Anexo G

Reporte de performance UMA 8

Coil module [4]		Module Position:	4
<u>Coil mo [4]-1</u>		<u>Fluid type</u>	Water
<u>Module type</u>	Horizontal coil	<u>Max fluid pressure drop</u>	10.00ft H2O
<u>Module size</u>	Small	<u>Location</u>	Draw through
<u>Insulation</u>	1.5 lb insulation	<u>Coil type</u>	W/
<u>Panel wall type</u>	Solid double wall	<u>Coil rows</u>	
<u>Drain pan</u>	Galvanized	<u>Coil fin type</u>	Prima-Flo I
<u>Drain pan connection side</u>	Right side	<u>Coil fin material</u>	Aluminum
<u>Coil application</u>	Heating	<u>Tube diameter</u>	5/8" tube (15.875 mm)
<u>System type</u>	Hot water	<u>Coil tube material</u>	.020" copper
<u>Coil supply side</u>	Right	<u>Face velocity</u>	546.21ft/min
<u>Coil casing</u>	Galvanized	<u>Air pressure drop</u>	0.10in H2O
<u>Coil height</u>	Unit	<u>Leaving fluid temperature</u>	130.00
<u>Design sequence</u>	B	<u>Fluid pressure drop</u>	0.61ft H2O
<u>Apply ARI ranges</u>	Yes	<u>Fluid volume</u>	1.18g
<u>Coil airflow</u>	7260cfm	<u>Fluid velocity</u>	2.04ft/se
<u>Elevation</u>	1810.00ft	<u>Total cap ent coil type #1</u>	110.58MBH
<u>Entering dry bulb</u>	50.00F	<u>Face area</u>	13.29sq ft
<u>Leaving dry bulb</u>	65.00F	<u>Dry coil weight</u>	96.3lb
<u>Total capacity</u>	110.58MBh	<u>Wet coil weight</u>	106.0lb
<u>Fin spacing</u>	106Per Foot	<u>Coil module pressure drop</u>	0.10in H2O
<u>Entering fluid temperature</u>	140.00F	<u>Module length</u>	11.000ft
<u>Fluid temperature drop</u>	10.00F	<u>Module weight</u>	226.0lb
<u>Standard fluid flow rate</u>	22.15gpm		
<u>Coil fouling factor</u>	0hr-sq ft-deg F/Btu		

All weights and dimensions are approximate. Certified prints on request.

Anexo H

Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de presiones

Presión bar	Temp. °C	Volumen específico m ³ /kg		Energía Interna kJ/kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg K	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Vapor
		sat. v _f x 10 ³	sat. v _g	sat. u _f	sat. u _g	sat. h _f	vaporiz. h _{fg}	sat. h _g	sat. s _f	sat. s _g
0,04	28,96	1,0040	34,800	121,45	2415,2	121,46	2432,9	2554,4	0,4226	8,4746
0,06	36,16	1,0064	23,739	151,53	2425,0	151,53	2415,9	2567,4	0,5210	8,3304
0,08	41,51	1,0084	18,103	173,87	2432,2	173,88	2403,1	2577,0	0,5926	8,2287
0,10	45,81	1,0102	14,674	191,82	2437,9	191,83	2392,8	2584,7	0,6493	8,1502
0,20	60,06	1,0172	7,649	251,38	2456,7	251,40	2358,3	2609,7	0,8320	7,9085
0,30	69,10	1,0223	5,229	289,20	2468,4	289,23	2336,1	2625,3	0,9439	7,7686
0,40	75,87	1,0265	3,993	317,53	2477,0	317,58	2319,2	2636,8	1,0259	7,6700
0,50	81,33	1,0300	3,240	340,44	2483,9	340,49	2305,4	2645,9	1,0910	7,5939
0,60	85,94	1,0331	2,732	359,79	2489,6	359,86	2293,6	2653,5	1,1453	7,5320
0,70	89,95	1,0360	2,365	376,63	2494,5	376,70	2283,3	2660,0	1,1919	7,4797
0,80	93,50	1,0380	2,087	391,58	2498,8	391,66	2274,1	2665,8	1,2329	7,4346
0,90	96,71	1,0410	1,869	405,06	2502,6	405,15	2265,7	2670,9	1,2695	7,3949
1,00	99,63	1,0432	1,694	417,36	2506,1	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	7,3594
1,50	111,4	1,0528	1,159	466,94	2519,7	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	7,2233
2,00	120,2	1,0605	0,8857	504,49	2529,5	504,70	2201,9	2706,7	1,5301	7,1271
2,50	127,4	1,0672	0,7187	535,10	2537,2	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	7,0527
3,00	133,6	1,0732	0,6058	561,15	2543,6	561,47	2163,8	2725,3	1,6718	6,9919
3,50	138,9	1,0786	0,5243	583,95	2546,9	584,33	2148,1	2732,4	1,7275	6,9405
4,00	143,6	1,0836	0,4625	604,31	2553,6	604,74	2133,8	2738,6	1,7766	6,8959
4,50	147,9	1,0882	0,4140	622,25	2557,6	623,25	2120,7	2743,9	1,8207	6,8565
5,00	151,9	1,0926	0,3749	639,68	2561,2	640,23	2108,5	2748,7	1,8607	6,8212
6,00	158,9	1,1006	0,3157	669,90	2567,4	670,56	2086,3	2756,8	1,9312	6,7600
7,00	165,0	1,1080	0,2729	696,44	2572,5	697,22	2066,3	2763,5	1,9922	6,7080
8,00	170,4	1,1148	0,2404	720,22	2576,8	721,11	2048,0	2769,1	2,0462	6,6628
9,00	175,4	1,1212	0,2150	741,83	2580,5	742,83	2031,1	2773,9	2,0946	6,6226
10,0	179,9	1,1273	0,1944	761,68	2583,6	762,81	2015,3	2778,1	2,1387	6,5863
15,0	198,3	1,1539	0,1318	843,16	2594,5	844,84	1947,3	2792,2	2,3150	6,4448
20,0	212,4	1,1767	0,09963	906,44	2600,3	908,79	1890,7	2799,5	2,4474	6,3409
25,0	224,0	1,1973	0,07998	959,11	2603,1	962,11	1841,0	2803,1	2,5547	6,2575
30,0	233,9	1,2165	0,06668	1004,8	2604,1	1008,4	1795,7	2804,2	2,6457	6,1869
35,0	242,6	1,2347	0,05707	1045,4	2603,7	1049,8	1753,7	2803,4	2,7253	6,1253
40,0	250,4	1,2522	0,04978	1082,3	2602,3	1087,3	1714,1	2801,4	2,7964	6,0701
45,0	257,5	1,2692	0,04406	1116,2	2600,1	1121,9	1676,4	2798,3	2,8610	6,0199
50,0	264,0	1,2859	0,03944	1147,8	2597,1	1154,2	1640,1	2794,3	2,9202	5,9734
60,0	275,6	1,3187	0,03244	1205,4	2589,7	1213,4	1571,0	2784,3	3,0267	5,8892
70,0	285,9	1,3513	0,02737	1257,6	2580,5	1267,0	1505,1	2772,1	3,1211	5,8133
80,0	295,1	1,3842	0,02352	1305,6	2569,8	1316,6	1441,3	2758,0	3,2068	5,7432
90,0	303,4	1,4178	0,02048	1350,5	2557,8	1363,3	1378,9	2742,1	3,2858	5,6772
100	311,1	1,4524	0,01803	1393,0	2544,4	1407,6	1317,1	2724,7	3,3596	5,6141
110	318,2	1,4886	0,01599	1433,7	2529,8	1450,1	1255,5	2705,6	3,4295	5,5527
120	324,8	1,5267	0,01426	1473,0	2513,7	1491,3	1193,6	2684,9	3,4962	5,4924
130	330,9	1,5671	0,01278	1511,1	2496,1	1531,5	1130,7	2662,2	3,5606	5,4323
140	336,8	1,6107	0,01149	1548,6	2476,8	1571,1	1066,5	2637,6	3,6232	5,3717
150	342,2	1,6581	0,01034	1585,6	2455,5	1610,5	1000,0	2610,5	3,6848	5,3098
160	347,4	1,7107	0,009306	1622,7	2431,7	1650,1	930,6	2580,6	3,7461	5,2455
170	352,4	1,7702	0,008364	1660,2	2405,0	1690,3	856,9	2547,2	3,8079	5,1777
180	357,1	1,8397	0,007489	1698,9	2374,3	1732,0	777,1	2509,1	3,8715	5,1044
190	361,5	1,9243	0,006657	1739,9	2338,1	1776,5	688,0	2464,5	3,9388	5,0228
200	365,8	2,036	0,005834	1785,6	2293,0	1826,3	583,4	2409,7	4,0139	4,9269
220,9	374,1	3,155	0,003155	2029,6	2029,6	2099,3	0	2099,3	4,4298	4,4298

Anexo I

Información del intercambiador de calor del sistema

CONCEPTO
) Fabricación intercambiador de calor calentador de agua.
Descripción del equipo:
Longitud total: 2550 mm
Longitud haz tubular: 2000 mm
Diámetro de la coraza: 320 mm
Diámetro de los tubos: 5/8" x 1,35 mm espesor
Material de los tubos: Cobre
Cantidad de tubos: 120 ✓
Presión de prueba: 300 PSI ✓
Diámetro placa tubular: 450 mm
Diámetro entrada y salida de agua: 2"
Diámetro entrada y salida de vapor: 2"

Anexo J

Recubrimiento fibra de roca en las tuberías del sistema



Anexo K

Fibra de vidrio en los ductos de climatización



Anexo L

Ficha técnica Honeywell DC 1040

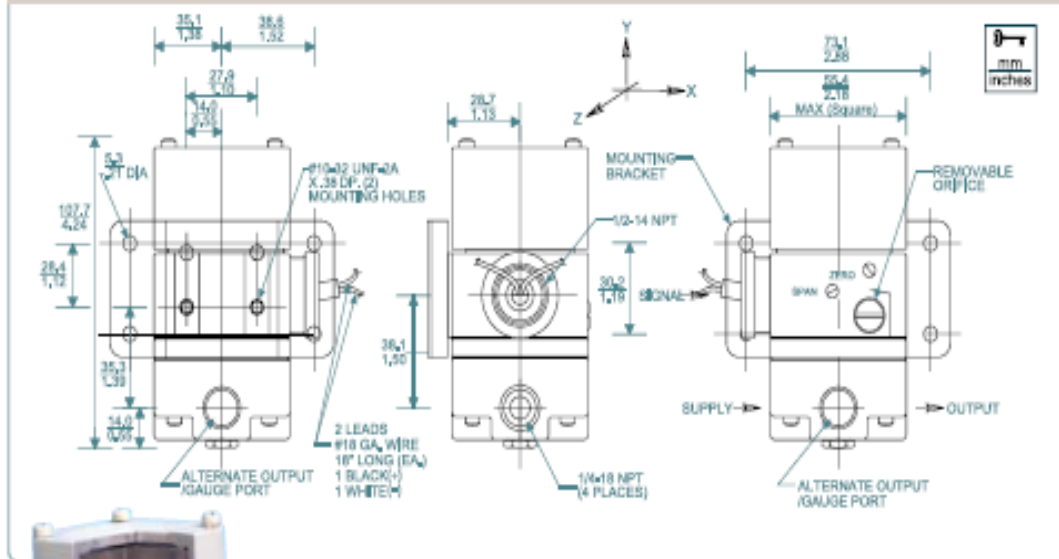
PV Input	Type of Input	Thermocouples : K, J, R, S, B, E, N, T, W, PL II, U, L RTD : Pt100, JPt100, JPt50 Linear : 4~20mA
	Input Sampling Time	500 ms
	Input Resolution	14 bit (each)
Indication	PV/SP Indication	4-digit, 7 segment display
	Constant Value Storage System	Non-volatile memory (E ² PROM)
	Indication Accuracy	0.5%FS
Control Mode	Proportional Band (P)	0~200% (On/Off action at P=0)
	Integral Time (I)	0~3600 sec (PD action at I=0)
	Derivative Time (D)	0~900 sec (PI action at D=0)
	Cycle Time	0~150 sec (4~20mA=0, SSR=1, Relay=10)
	Dead Band Time	0~1000 sec (dead time compensation)
Output	Relay Output	Electromechanical relay <ul style="list-style-type: none"> • SPDT contacts • 3A/240Vac
	Static relay driver output	Voltage Pulse, 20VDC/20mA
	Current & Voltage outputs	0~20mA, 4~20mA, 0~5V, 0~10V, 1~5V, 2~10V
	Motor Control Output	Servo motor valve control (open loop circuit)
	Others	Phase angle control : ✓ 1φ SSR, 3φ SSR, 1φ SCR, 3φ SCR
Alarm	Number	Up to 3 (optional)
	Modes	17 alarm modes available, ability to ignore the alarm the first time it occurs : ✓ Deviation high or low alarms. ✓ Deviation alarms. ✓ Band alarm. ✓ High or low alarm. ✓ End of segment alarm. ✓ Program run indication alarm. ✓ Timer alarm.
	Timer	One timer is associated with each alarm.
Retransmission output	Output Signal	SP, PV
	Type of Output	4~20mA, 0~20mA, 0~5V, 0~10V, 1~5V, 2~10V

Anexo M

Ficha técnica convertidor I/P T1000

Type 1000 Transducers				
	Type 1000 General Purpose	Type 1000 High Relief	Type 1000 Extended Range	Type 1000 Explosion Proof
Supply Pressure Range	3 PSIG (0.2 BAR) above max. output to 100 psig (7 BAR)	3 PSIG (0.2 BAR) above max. output to 100 PSIG (7 BAR)	5 PSIG (0.4 BAR) above max. output to 150 PSIG (10.4 BAR) (100 PSIG / 7 BAR for 2-60 PSIG / 0.1-4.1 BAR models)	3 PSIG (0.2 BAR) above max. output to 100 PSIG (7 BAR)
Supply Pressure Sensitivity	±0.15% of span per 1.5 PSIG (0.1 BAR)	±0.15% of span per 1.5 PSIG (0.1 BAR)	±0.004% of span per 1.0 PSIG (0.07 BAR)	±0.15% of span per 1.5 PSIG (0.1 BAR)
Linearity (terminal based)	<1.0% of span	<1.0% of span	<2.0% of span	<1.0% of span
Repeatability	<0.5% of span	<0.5% of span	<0.5% of span	<0.5% of span
Hysteresis	<1.0% of span	<1.0% of span	<1.0% of span	<1.0% of span
Minimum Flow Rate at Midrange 100 PSIG / 7 BAR	12 SCFM (339 SLPM)	12 SCFM (339 SLPM)	24 SCFM (677 SLPM) 150 PSIG (10.4 BAR) Supply	12 SCFM (339 SLPM)
Exhaust Capacity @ 5 psig (0.4 BAR) above setpoint	2 SCFM (56.5 SLPM)	7 SCFM (336 SLPM)	2 SCFM (56.5 SLPM)	2 SCFM (56.5 SLPM)
Air Consumption (max) at Midrange	0.1 SCFM (2.8 SLPM)	0.1 SCFM (2.8 SLPM)	0.07 SCFM (2.0 SLPM)	0.1 SCFM (2.8 SLPM)
Port Size (pneumatic / electric)	1/4 NPT and 1/2 NPT	1/4 NPT and 1/2 NPT	1/4 NPT and 1/2 NPT	1/4 NPT and 1/2 NPT
Size	inches	2-1/8 X 2-1/8 X 4	2-1/8 X 2-1/8 X 4	6-13/32 X 5-15/16 X 7-9/16
	mm	54 X 54 X 101	54 X 54 X 101	163 X 151 X 192
Weight	2.1 lb. / 0.95 Kg	2.1 lb. / 0.95 kg	2.1 lb. / 0.95 kg	5.2 lb. / 2.4 kg

Type 1000 Dimensional Drawing



The Type 1000 has long been a standard in the I/P & E/P industry. With a built-in booster, the T-1000 provides a flow capacity up to 12 SCFM, making it a versatile transducer for many applications.

Type 1000 General Purpose Ordering Information

Input	Output*		Part Number	Impedance (Nominal)
	BAR	PSIG		
4-20mA	0.2-0.6	3-9	961-072-000	90 Ω
	0.6-1.0	9-15	961-073-000	90 Ω
	0.2-1.0	3-15	961-070-000	180 Ω
	0.2-1.9	3-27	961-074-000	220 Ω
	0.4-2.1	6-30	961-075-000	220 Ω
	0.07-1.2	1-9	961-116-000	250 Ω
10-50mA	0.2-1.0	3-15	961-076-000	70 Ω
	0.2-1.9	3-27	961-077-000	85 Ω
	0.4-2.1	6-30	961-078-000	85 Ω
0-5V	0.2-1.0	3-15	961-079-000	615 Ω
	0.2-1.9	3-27	961-080-000	530 Ω
	0.4-2.1	6-30	961-081-000	530 Ω
1-9V	0.2-1.0	3-15	961-085-000	985 Ω
	0.2-1.9	3-27	961-086-000	840 Ω
	0.4-2.1	6-30	961-087-000	840 Ω

NOTE: For NEMA 4X, add 004 suffix.

Type 1000 Extended Range Ordering Information

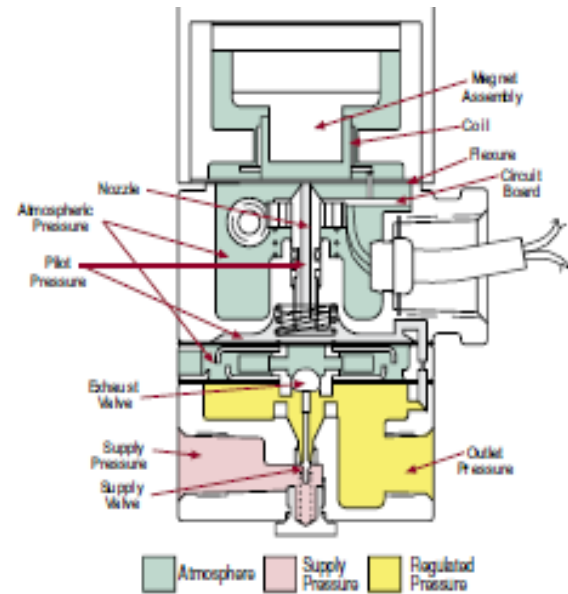
Input	Output*		Part Number	Impedance (Nominal)
	BAR	PSIG		
0-60mA	0.1-8.3	2-120	961-107-000	220 Ω
4-20mA	0.2-8.3	3-120	961-111-000	260 Ω
	0.1-4.1	2-60	961-117-000	225 Ω
0-10V	0.2-8.3	3-120	961-112-000	805 Ω
0-5V	0.1-4.1	2-60	961-118-000	500 Ω

Type 1000 High Relief Ordering Information

Input	Output*		Part Number	Impedance (Nominal)
	BAR	PSIG		
4-20mA	0.2-0.6	3-9	961-130-000	90 Ω
	0.6-1.0	9-15	961-131-000	90 Ω
	0.2-1.0	3-15	961-132-000	180 Ω
	0.2-1.9	3-27	961-133-000	220 Ω
	0.4-2.1	6-30	961-134-000	220 Ω
	0.2-1.0	3-15	961-135-000	180 Ω
	0.07-1.2	1-9	961-136-000	250 Ω
10-50mA	0.2-1.0	3-15	961-137-000	70 Ω
	0.2-1.9	3-27	961-138-000	85 Ω
	0.4-2.1	6-30	961-139-000	85 Ω

Type 1000 Options and Accessories

	Part Number
Explosion Proof Mounting Kit	971-079-000
Explosion Proof Panel Mounting Kit	971-078-000
DIN Rail Kit	010-115-000
Hirschman Connector Kit (3-prong)	971-126-000
Filter Kit, 60 micron	010-139-000
Output Gauges	Option "B" ie: last 3 digits become - 008
Dielectric Strength Testing	Option "12" ie: last 3 digits become - 012
NEMA 4X Type Enclosure Option	Option "4" ie: last 3 digits become - 004



Agency Approval Notes

Factory Mutual

T-1000 V/P Transducers

Intrinsically Safe: Class I, Division 1, Groups A, B, C, & D, T5

Non-Incendive: Class I, Division 2, Groups A, B, C, & D, T5.

T-1000 V/P / E/P Transducer

Explosion Proof: Class I, Division 1, Group D, T5

Dust-Ignition Proof: Classes II & III, Division 1, Groups E, F, & G, T5

Type 4 NEMA 4



Canadian Standards Association

T-1000 V/P Transducers

Hazardous Locations: Class I, Group D; Class II, Groups E, F, & G;

Class III; CSA Esc. 4 NEMA 4:

V/P transducer, supply pressure 100 psig max, input 4-20mA, output 3-15 psig.

Intrinsically Safe and Non-Incendive Systems - For Hazardous

Locations: Class I, Groups A, B, C, & D; Class II, Groups E, F, & G; Class III:

V/P transducer rated input 4-20mA, intrinsically safe when connected through CSA Certified diode safety barriers in accordance with Beltram installation instructions.

Explosion proof, intrinsically safe, and non-incendive ratings are not affected by recalibrating for split range or reverse acting applications.

The Beltram T-1000 Transducers were tested and found to comply with Electromagnetic Compatibility Directive effective January 1, 1996. The relevant EMC specifications tested were the following: EN 50081-1 (1992) and EN 50082-1 (1992). A Technical Construction File, Serial #107 was written and Certificate of Conformity issued by a Competent Body.

Filter Note

EAA ELECTRIC specifies the use of instrument quality air (clean, dry, oil-free) for all transducers. The use of filters in the supply air system is highly recommended. Contact us for information on our filters and filter regulators.

* For output pressures less than 3 PSI (0.2 BAR) or greater than 30 PSI (21 BAR), the Type 1000 transducer can be coupled to Beltram Type 75 pneumatic relay. Consult Applications Engineers for further information.

** NEMA 4 type enclosure option available on all input/output ranges. This option is separate from explosion proof, NEMA 4 units.

Anexo N

Ficha técnica válvula de control Spence modelo K



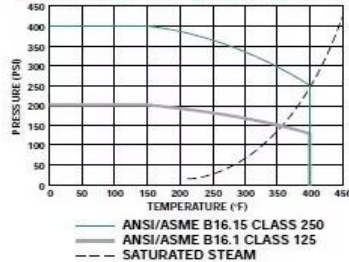
KOMBAT K1 CONTROL VALVE

KOMBAT SERIES K CONTROL VALVES

APPLICATION DATA

- Process control systems for food, pulp and paper, chemical, petrochemical & other industries
- HVAC systems
- Feed water and fuel system controls in boiler rooms
- Packaged systems (OEM) such as heat exchangers, water purification systems & vaporizer, metal cleaning and plating
- Mixing or diverting applications

PRESSURE/TEMPERATURE CHART



KOMBAT SERIES K CONTROL VALVE

SIZES 1/2" – 4"
ANSI Class 125/250

- **Shutoff to 400 PSI without Positioner** for broad range of applications.
- **Ultra Compact Multi-spring Pneumatic Actuator** installs in tight spaces.
- **3–15 lb. Spring Ranges** in durable epoxy coated pneumatic actuators accommodate most standard input devices.
- **Powerful Electric Actuator** accepts a wide variety of signals while providing highest shutoff in it's class.
- **Live Loaded V ring Packing Assembly** is self adjusting.
- **Stainless Steel Valve Plugs & Seat Rings** resist wear and corrosion
- **Optional 3-Way Body** for mixing or diverting

MODELS

- Type K1 — Single Seat Bronze w/union ends & Pneumatic Actuator
- Type K3 — 3-Way Bronze w/union ends & Pneumatic Actuator
- Type K4 — Single Seat Flanged Cast Iron w/Pneumatic Actuator
- Type K5 — Same as K1 w/Electric Actuator, fail closed
- Type K6 — Same as K1 w/Electric Actuator, fail open
- Type K7 — Same as K3 w/Electric Actuator

OPTIONS

- 36 or 60 sq. in. Pneumatic Actuator
- Electric Actuator

APPLICABLE CODES

- Meets or exceeds ANSI B16.15 Class 250 or ANSI B16.1 Class 125
- ANSI/FCI 70-2 Class IV Seat Leakage

PLUG CHARACTERISTICS

Modified Equal Percent, 30:1 flow rangeability

KOMBAT SERIES K VALVE ORDERING CODE

Model	Orifice Size	Valve Size	Connections	Trim Material	Packing	Actuator	Spring	Positioner	Posit. Set	Accessories						
K	1	T	E	8	1	1	3	6	R	M	P	0	2	0	1	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Model - Position 1 & 2 K1 = Bronze, Pneumatic K3 = Bronze, 3 Way, Pneumatic K4 = Cast Iron, Pneumatic K5 = Bronze, Electric, FC K6 = Bronze, Electric, FO K7 = Bronze, 3 Way, Electric
Orifice Size - Position 3 A B C E T

Valve Size - Position 4 C = 1/2 D = 3/4 E = 1 F = 1 1/4 G = 1 1/2 H = 2 J = 2 1/2 K = 3 M = 4
Connections - Position 5 2 = 125 Flg 8 = Unions
Trim Material - Position 6 1 = Metal

Packing - Position 7 1 = V-ring
Actuator - Position 8 & 9 K1, K3, K4 only 01 = None 36 = 36 sq. in. 60 = 60 sq. in. K5, K6, K7 only 90 = 0-10VDC 91 = 4-20mA 92 = 0-135ohm

Spring - Position 10 & 11 All except K4 DA = Dir 36 DC = Dir 36 DD = Dir 36 DG = Dir 60 FM = Dir 36 RA = Rev 36 RB = Rev 36 RC = Rev 36 RD = Rev 36 RE = Rev 36 DF = Dir 60 DG = Dir 60 RG = Rev 60 K4 only DH = Dir 60 RH = Rev 60 RQ = Rev 60 RT = Rev 60
--

Positioner - Position 12 & 13 A = None MI = Moore I/P MP = Moore P 4P = PMV P4 P 5I = PMV P5 I/P 5P = PMV P5 P
Positioner Set Position 14 & 15 01 = None 02 = 8-15/4-20 mA 03 = 3-9/4-12 mA 04 = 9-15/12-20 mA
Accessories - Position 16 & 17 01 = None 02 = Limit Switch, Mechanical 03 = Limit Switch, Proximity Sw. 04 = Feedback Potentiometer 1K 05 = Feedback 4-20mA Posit. Trk



KOMBAT SERIES K CONTROL VALVE

SPECIFICATION

Valve shall be pneumatically or electrically actuated, have a bronze or cast iron body and meet ANSI B16.15 Class 250 or ANSI B16.1 Class 125 accommodating pressures to 400 PSIG. Guiding shall be low friction utilizing spring loaded self adjusting chevron type teflon packing, burnished stem and double guided stainless steel monolithic disc assembly. Valve trim shall be erosion resistant stainless steel with a modified equal percent flow characteristic capable of exceeding ANSI/FCI 70-2 Class IV shut off. Valve connections shall be female NPT with integral galvanized cast iron unions or flanged.

Pneumatic actuator shall be 36 sq. in. or 60 sq. in and have a high thrust multi spring diaphragm. Actuator components shall be stainless steel and epoxy coated. Fixed 3-15 pound springs shall be utilized to accommodate standard controller outputs without a positioner.

The electric actuator shall accept 0-10 VDC, 4-20 mA or 0-135 ohm input signal. Spring shall return to initial position on loss of signal. Actuator shall have manual override. It shall close to 400 psi. Enclosure shall meet NEMA 1.

MATERIALS OF CONSTRUCTION

Body K1, K3, K5, K6, K7Bronze ASTM B62
 K4Cast Iron ASTM A126 CL B
 Bonnet K4DI ASTM A536 65-45-12
 Seat K1, K3, K5, K6, K7303 SS ASTM A276
 K4420 SS ASTM A743
 Plug/Stem Assy K1, K3, K5, K6, K7303 SS ASTM A276
 Plug K4420 SS ASTM A743
 Stem303SS ASTM A582
 Stem Guide - Body K1, K3, K5, K6, K7 ...301 SS/Monel/Brass
 Live Loaded PackingPTFE/302 SS Spring/Viton O-Ring
 Actuator Casing K1, K3, K4 ...Steel SAE 1006 - 1008/Epoxy
 K5, K6, K7Powder Coated Aluminum
 Actuator Spring K1, K3, K4Music Wire ASTM A228
 Diaphragm K1, K3, K4Nitrile/Polyester
 Yoke K1, K3, K4D Iron ASTM A536/Epoxy
 K5, K6, K7Powder Coated Aluminum

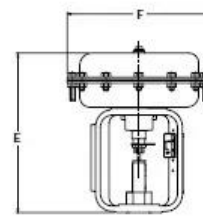
MAXIMUM RATED FLOW COEFFICIENTS* (Cv)

VALVE	VALVE SIZE								
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
2-WAY	5.2	7	11	20	25	30	71	94	146
3-WAY	5.4	6.4	8.7	19.5	24	34	—	—	—

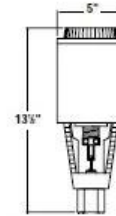
*See Flow Characteristic Chart on following pages.

K1, K4, K5 & K6 DIMENSIONS inches (mm) AND WEIGHTS pounds (kg)

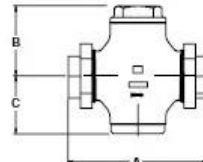
Size	A	B	C	Weight		
				K1, K4 36 in ²	K1, K4 60 in ²	K5, K6
1/2-3/4 (15)-(20)	5 1/2 (140)	11 1/8 (43)	1 3/8 (30)	21 (9.5)	—	13 (6)
1 (25)	7 1/8 (183)	2 1/4 (74)	2 3/8 (58)	25 1/2 (11.6)	39 (17)	17 1/2 (8)
1 1/4-1 1/2 (32)-(40)	8 3/8 (226)	3 1/4 (79)	2 1/2 (74)	31 1/2 (14.3)	45 (20)	23 1/2 (11)
2 (50)	8 3/8 (226)	3 3/4 (79)	2 1/2 (74)	33 3/8 (15.2)	47 (21)	25 1/2 (12)
2 1/2 (65)	9 1/8 (238)	5 1/4 (133)	4 1/8 (118)	—	72 (33)	—
3 (80)	10 (254)	6 1/4 (155)	5 1/8 (136)	—	84 (39)	—
4 (100)	11 1/8 (302)	7 1/4 (181)	7 1/8 (187)	—	145 (66)	—



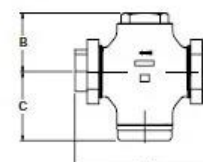
K1, K3, K4 ACTUATOR



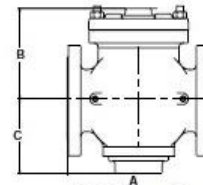
K5, K6, K7 ACTUATOR



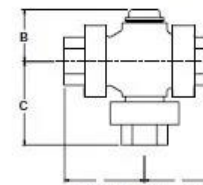
K1, K5 1/2" - 2"



K6 1/2" - 2"



K4 2 1/2" - 4"



K3, K7 1/2" - 2"

PNEUMATIC ACTUATOR DIMENSIONS inches (mm)

Size	E		F	
	36 in ²	60 in ²	36 in ²	60 in ²
1/2-3/4 (15)-(20)	9 1/8 (251)	—	9 1/8 (235)	—
1 (25)	9 1/8 (251)	11 1/8 (298)	9 1/8 (235)	11 1/8 (286)
1 1/4-1 1/2 (32)-(40)	9 1/8 (251)	11 1/8 (298)	9 1/8 (235)	11 1/8 (286)
2 (50)	9 1/8 (251)	11 1/8 (298)	9 1/8 (235)	11 1/8 (286)
2 1/2 (65)	—	11 1/8 (302)	—	11 1/8 (286)
3 (80)	—	11 1/8 (302)	—	11 1/8 (286)
4 (100)	—	11 1/8 (302)	—	11 1/8 (286)

K3, K7 DIMENSIONS inches (mm) AND WEIGHTS pounds (kg)

Size	A	B	C	D	Weight	
					36 in ²	60 in ²
1/2-3/4 (15)-(20)	3 1/8 (92)	3 3/8 (84)	4 1/8 (105)	2 1/8 (73)	28 (13)	—
1 (25)	3 1/8 (92)	3 3/8 (84)	4 1/8 (105)	2 1/8 (73)	28 (13)	—
1 1/4 (32)	4 1/8 (119)	4 1/8 (105)	4 1/8 (119)	3 1/8 (79)	35 (16)	48 (22)
1 1/2 (40)	4 1/8 (119)	4 1/8 (105)	4 1/8 (119)	3 1/8 (79)	37 (17)	50 (23)
2 (50)	4 1/8 (124)	4 1/8 (106)	4 1/8 (125)	3 1/8 (79)	42 (19)	55 (25)

Control Tip: Pair with Airmaster Pneumatic Temperature Controller for local temperature control. SEE PAGE 83.

Control Tip: Install with Model 65A Air Filter Regulator to convert plant air to instrument quality air. SEE PAGE 187.

KOMBAT SERIES K
CONTROL VALVES



Anexo Ñ

Ficha técnica trampa de vapor TLV serie J7X

Características

Una trampa de vapor durable y confiable con cuerpo de fundición de hierro y sello hermético para equipos de proceso medianos.

1. Su flotador libre auto-modulante proporciona una descarga de condensado continua, suave y a baja velocidad de acuerdo a la variación de carga del proceso.
2. Solo una parte móvil, el flotador libre, que previene el desgaste concentrado y provee una larga vida de servicio libre de mantenimiento.
3. Capsula termostática (Elemento-X) con característica "falta abierta" para venteo de aire automático hasta incluso cercano a la temperatura del vapor.
4. Filtro integral de amplia superficie que asegura una extensa operación libre de problemas.
5. Fácil acceso en línea a las partes internas que simplifica su limpieza y reduce sus costos de mantenimiento.

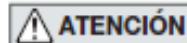


Especificaciones

Modelo	J57X	J7X
Conexión	Roscada	Bridada
Tamaño (mm)	25, 40	20, 25, 32, 40, 50
Nº Orificio	2,5, 5, 10, 14, 16	
Presión Máxima de Operación (barg) PMO	2,5, 5, 10, 14, 16	
Presión Diferencial Máxima (bar) ΔPMX	2,5, 5, 10, 14, 16	
Presión Diferencial Máxima (barg)	0,1	
Temperatura Máxima de Operación (°C) TMO	220	
Subenfriamiento de líquido elemento-X (°C)	hasta 6 (opción: hasta 11)	
Tipo de elemento-X	C6 (opción: C11)	

PRESIÓN DE DISEÑO (NO CONDICIONES DE OPERACIÓN): Presión Máxima Permisible (barg) PMA: 16
Temperatura Máxima Permisible (°C) TMA: 220

1 bar = 0,1 MPa



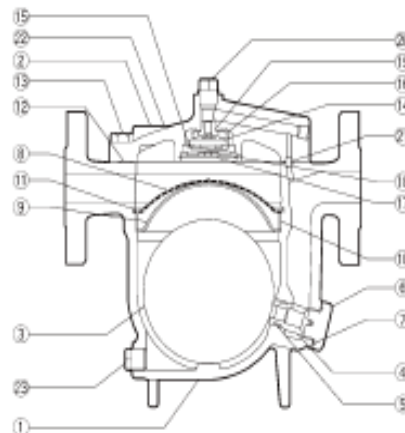
ATENCIÓN

Para evitar operación anormal, accidentes o lesiones serias, NO USE este producto fuera del rango de especificaciones. Regulaciones locales pudiesen restringir el uso de este producto debajo de las condiciones especificadas.

Nº	Descripción	Material	JIS	ASTM/AISI*
①	Cuerpo	Fundición de Hierro	FCV400	A842 Gr.400
②	Cubierta	Fundición de Hierro	FCV400	A842 Gr.400
③	Flotador	Acero Inoxidable	SUS316L	AISI316L
④	Orificio	—	—	—
⑤	O-Ring del Orificio	Elastómero EPR	EPR	O2000CA
⑥	Tapón Orificio	Acero al Carbón	S25C	AISI1025
⑦	Empaque Tapón	Resina Fluorada	PTFE	PTFE
⑧	Filtro	Acero Inoxidable	SUS304	AISI304
⑨	Porta Filtro	Acero Inoxidable	SUS304	AISI304
⑩	Ratón Porta Filtro	Acero Inoxidable	SUS304	AISI304
⑪	Anillo Seguro	Acero Inoxidable	SUS304	AISI304
⑫	Empaque Cubierta	Resina Fluorada	PTFE	PTFE
⑬	Tornillo Cubierta	Acero al Carbón	S45C	AISI1045
⑭	Elemento-X	Acero Inoxidable	—	—
⑮	Clip Sujeción	Acero Inoxidable	SUS304	AISI304
⑯	Gula Elemento-X	Acero Inoxidable	SUS304	AISI304
⑰	Cubierta Elemento-X	Acero Inoxidable	SUS304	AISI304
⑱	Anillo Seguro	Acero Inoxidable	SUS304	AISI304
⑲	Asiento Válvula Venteo de Aire	Acero Inoxidable	SUS420F	AISI420F
⑳	Tapón	Acero al Carbón	SS400	A6
㉑	Perno Conector	Acero Inoxidable	SUS416	AISI416
㉒	Placa de Identificación	Acero Inoxidable	SUS304	AISI304
㉓	Tapón Drene	Acero al Carbón	SS400	A6

* Equivalente

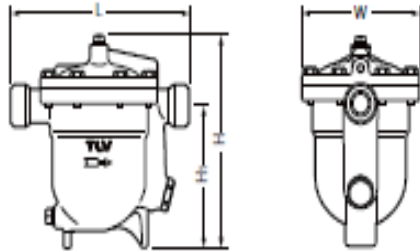
Piezas de reemplazo disponibles: (M) kit de mantenimiento, (R) kit de reparación, (F) flotador



Copyright © TLV

Dimensiones

• **JS7X** Roscada

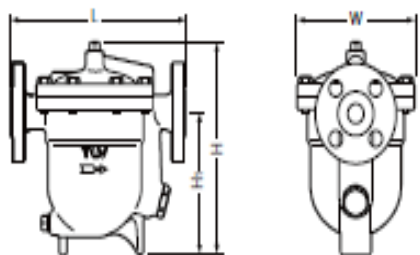


JS7X Roscada* (mm)

Tamaño	L	H	H ₁	W	Peso (kg/h)
25	280	290	185	185	13
40		295	190		14

* NPT, otros estándares disponibles

• **J7X** Bridada

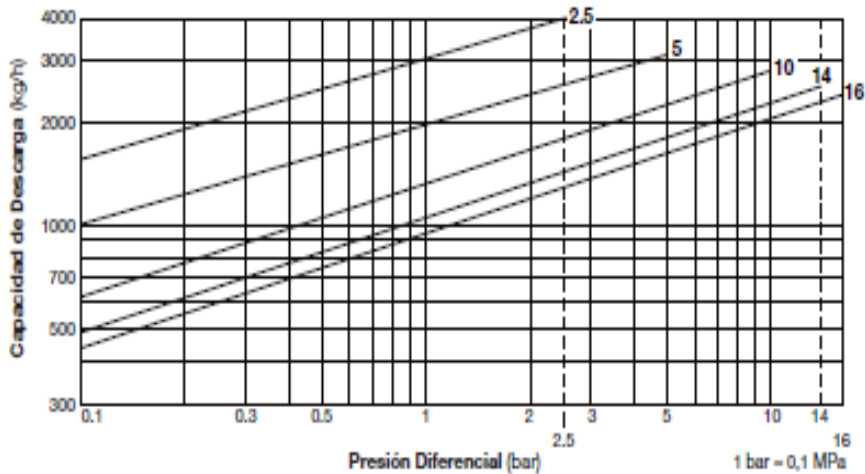


J7X Bridada (mm)

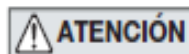
Tamaño	L				H	H ₁	W	Peso* (kg/h)
	Clase ASME							
	125FF	150RF	250RF	300RF				
(20)	—	—	270	270	275	180	185	15
25	258	270	270	274	280	185		16
32	—	—	270	290	190	190	185	17
40	270	280	282	284				295
50	282	290	295	296	305	195	19	

() Sin estándar ASME para fundición de hierro; maquinado para ajustar a bridas de acero.
 Clase 125FF puede conectarse a 150RF, 250RF puede conectarse a 300RF.
 Disponibles otros estándares, pero longitud y peso varían.
 * Estos pesos son para el Clase 250 RF/300 RF

Capacidad de Descarga



1. Los números en las líneas de la gráfica corresponden a los números de orificio.
2. La presión diferencial es la diferencia entre la presión de entrada y la presión de salida de la trampa.
3. Las capacidades están basadas en la descarga continua de condensado 6 °C por debajo de la temperatura del vapor saturado.
4. Factor de seguridad recomendado: al menos 1,5.



ATENCIÓN

NO UTILICE este producto bajo condiciones que excedan la máxima presión diferencial especificada, puede ocasionar el retorno de condensado.

APÉNDICE

APÉNDICE A



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

INSTRUCCIONES PARA LA GUIA DE ENTREVISTA

- Indique su función dentro de la empresa
- Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas
- Responda de manera objetiva
- En caso de dudas, consulte con la persona encargada de aplicar el cuestionario

Nº	Guión de entrevista
1	Desde su experiencia ¿Puede describir de qué manera el actual sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC influye en la calidad del proceso?
2	Desde su óptica ¿Cuáles problemas considera usted pueden afectar la eficiencia del proceso de calentamiento de agua del sistema HVAC?
3	Desde su experiencia en el ramo industrial ¿Con que frecuencia se generan los problemas presentados en el sistema de calentamiento de agua?
4	Desde su punto de vista ¿Cuál es la variable crítica que considera usted incide directamente en el bajo rendimiento del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC?
5	Desde su visión ¿Cuáles considera usted son las repercusiones económicas de empresa antes las fallas o bajo rendimiento del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC?
6	¿Puede describir como se ve afectada la productividad del personal antes las fallas constantes del sistema de calentamiento de agua del sistema HVAC?

APÉNDICE B



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		

Fecha: 25/05/2022


 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ingeniero Mecánico Dra. Ciencias de la Educación
--	---

APÉNDICE C



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		

Fecha: 25/05/2022


 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	<i>Tec. Especialista Industrial</i>
--	-------------------------------------

APÉNDICE D



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

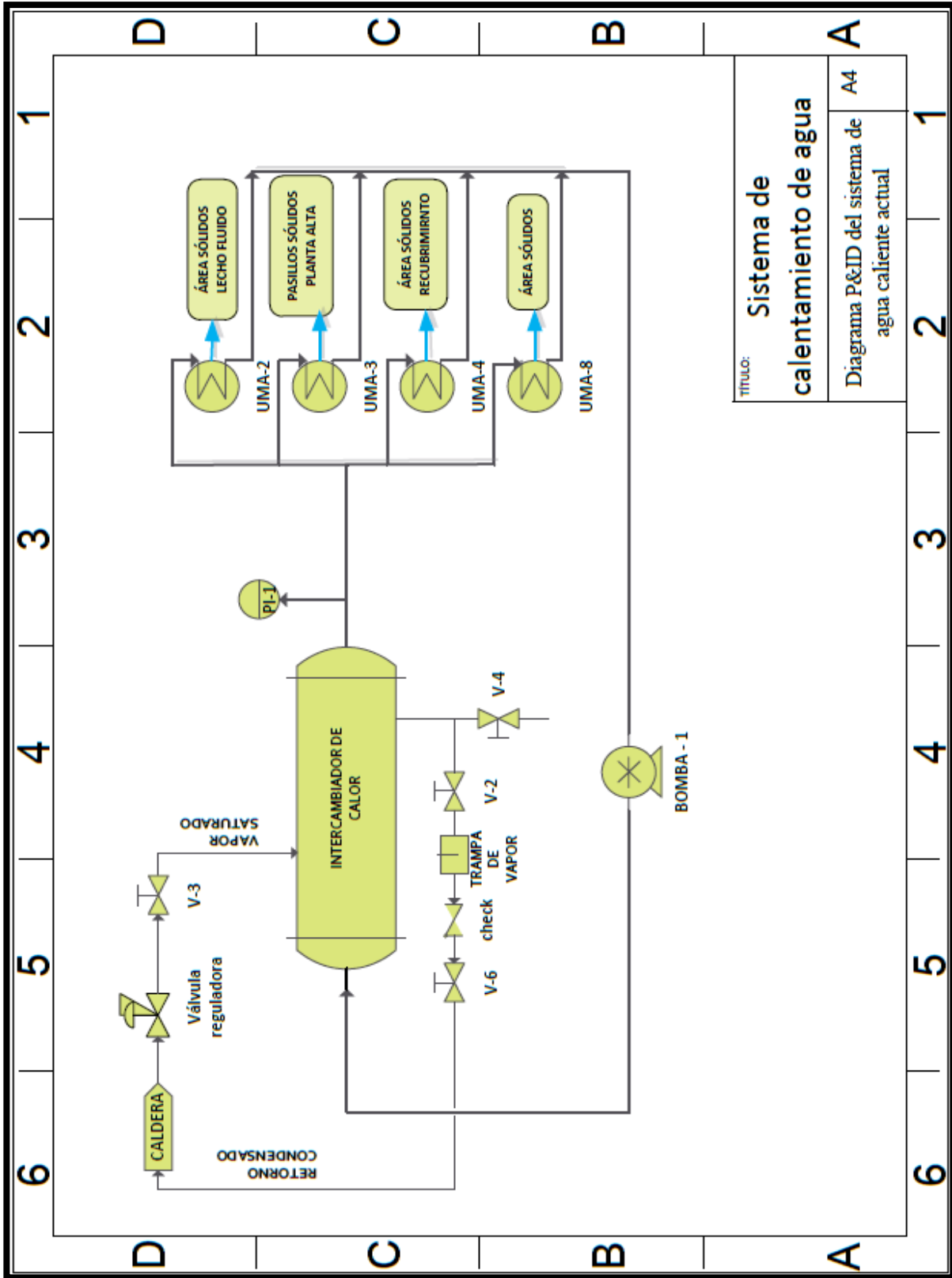
Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		

Fecha: 25/05/2022

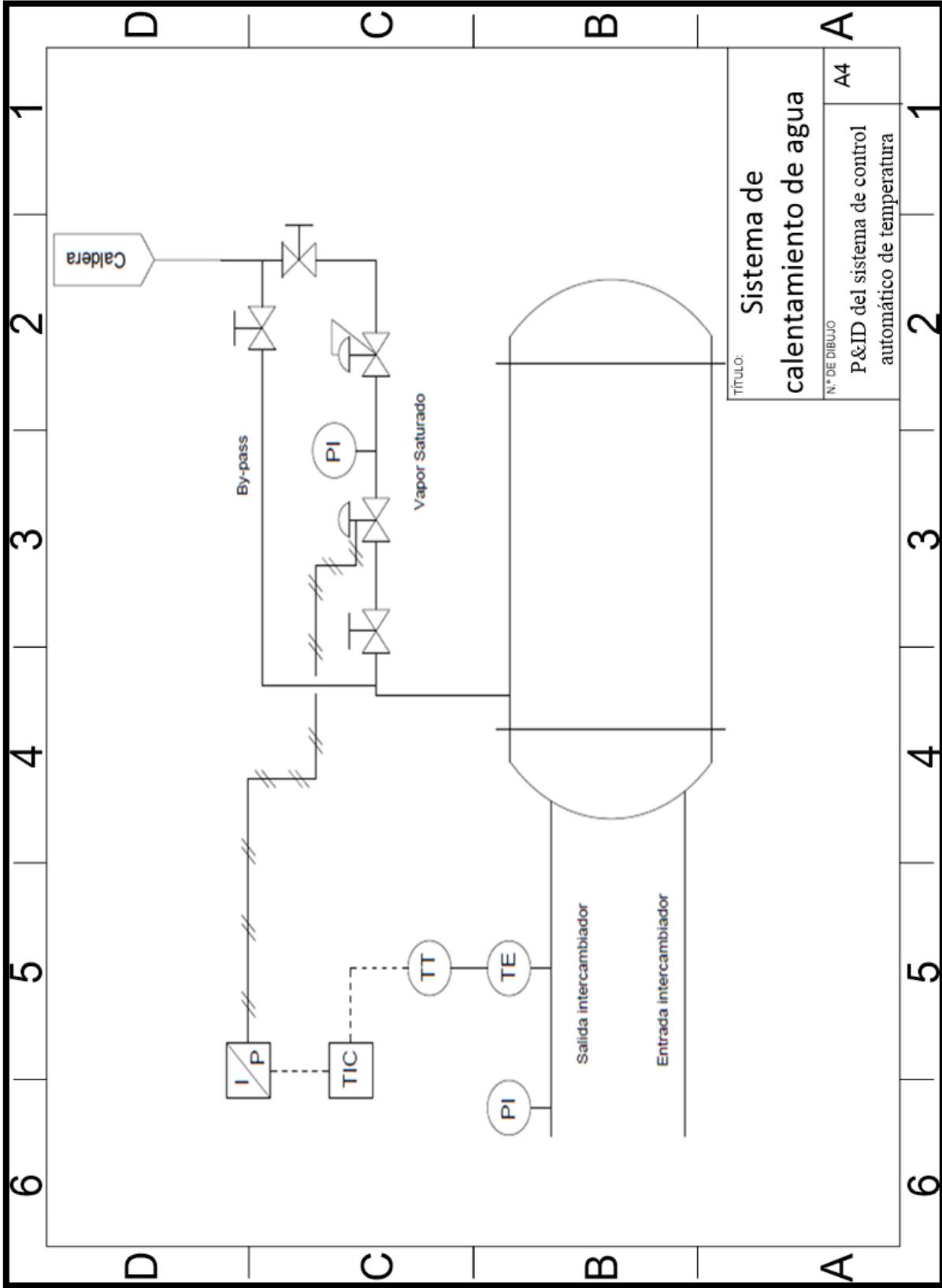

 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	ING MECÁNICO ESP. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL MSc. MANUFACTURA Y MANTENIMIENTO Dr. EN EDUCACIÓN
--	--

APENDICE E

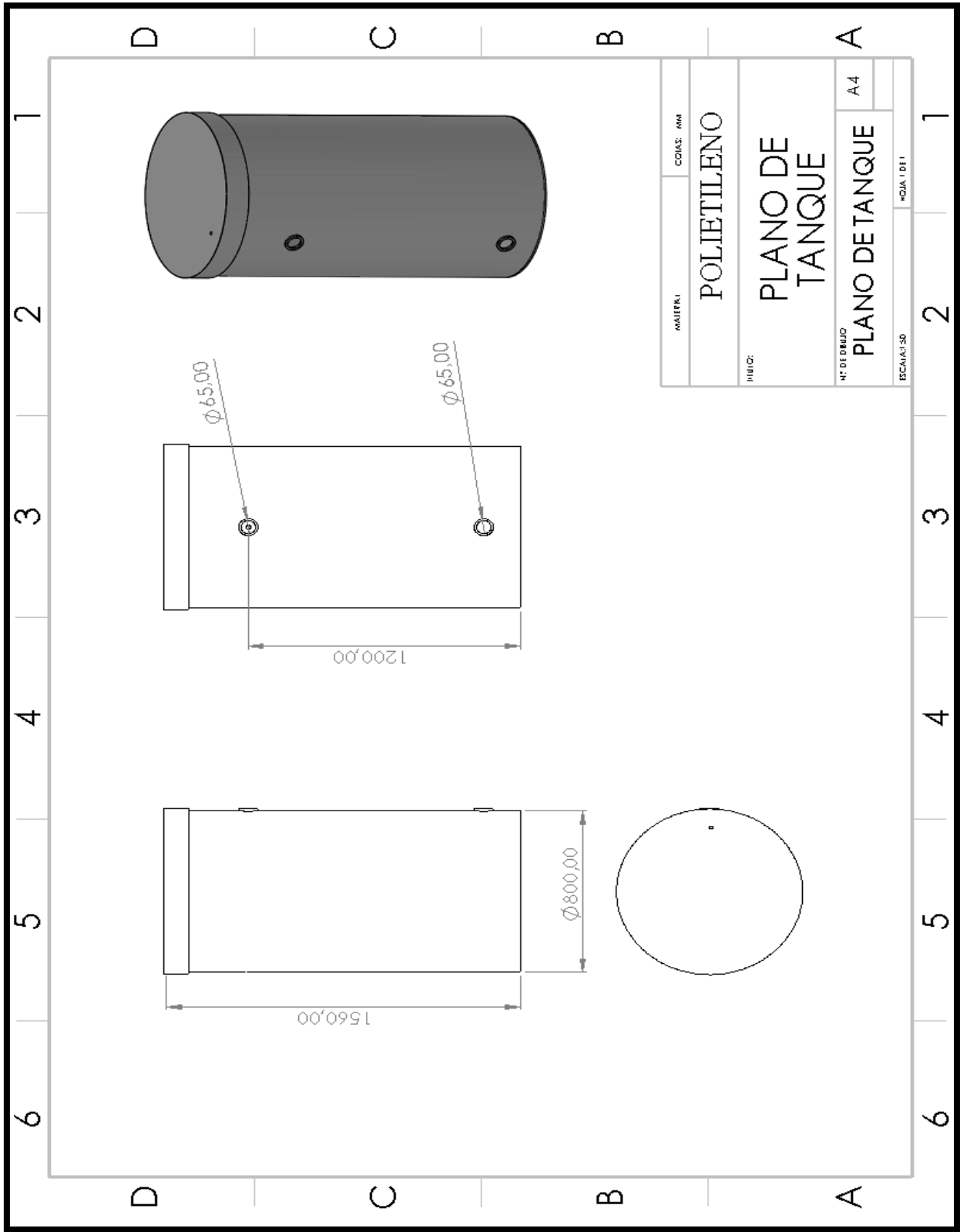


APENDICE F

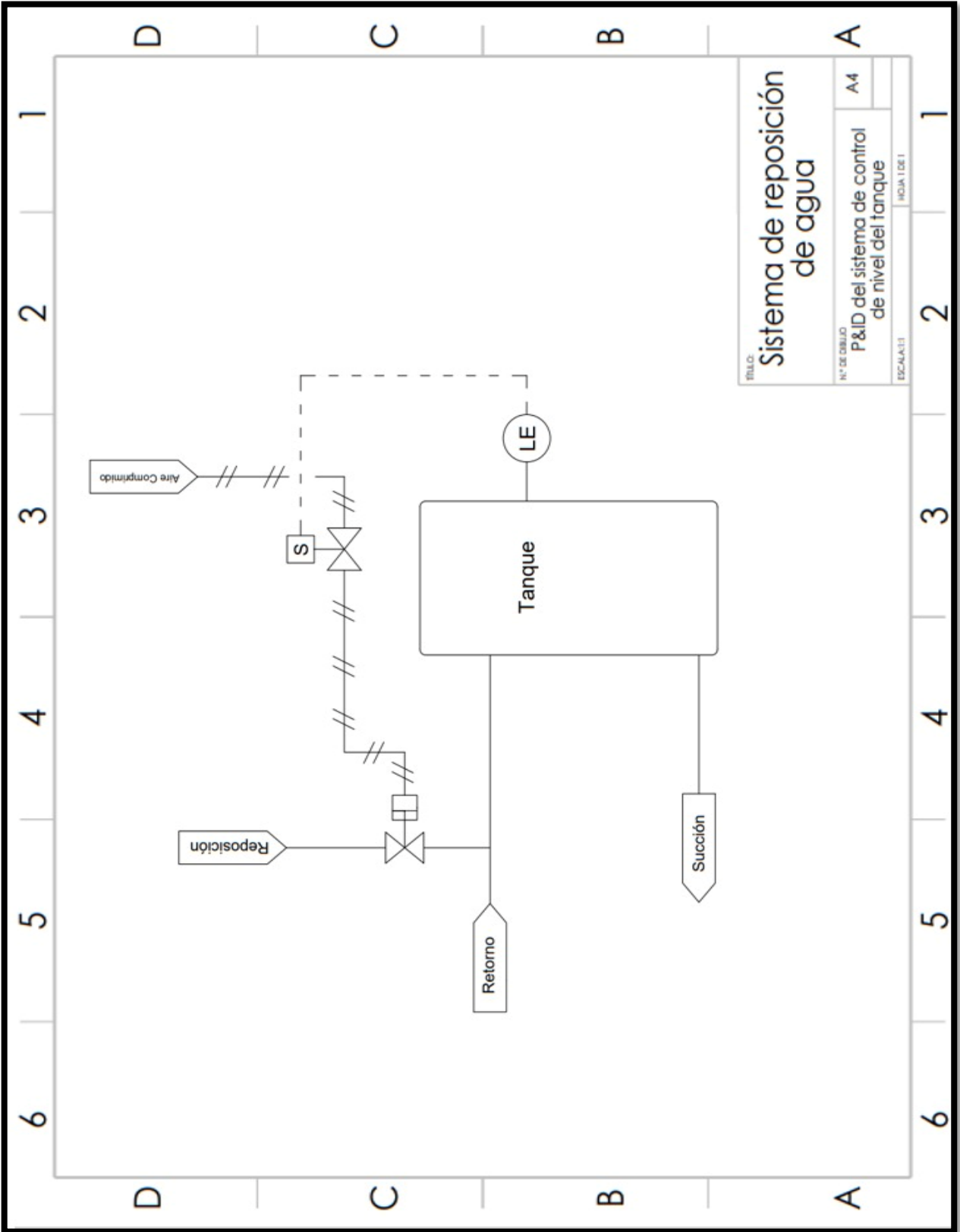


Título:	
Sistema de calentamiento de agua	
N.º DE DIBUJO	A4
P&ID del sistema de control automático de temperatura	

APENDICE G



APENDICE H



TÍTULO: Sistema de reposición de agua	
Nº DE OBJETO: P&ID del sistema de control de nivel del tanque	A4
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1