



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
TRAMPAS DE VAPOR EN LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

JAISON ANTHONY TAYUPANDA AGUALSACA

EDISSON LEONARDO TOAPANTA GUANGASI

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
TRAMPAS DE VAPOR EN LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: JAISON ANTHONY TAYUPANDA AGUALSACA

EDISSON LEONARDO TOAPANTA GUANGASI

DIRECTOR: ING. EDWIN ÁNGEL JÁCOME DOMÍNGUEZ MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

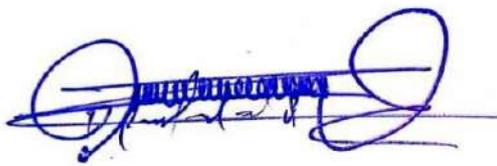
© 2023, Jaison Anthony Tayupanda Agualsaca & Edison Leonardo Toapanta Guangasi

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

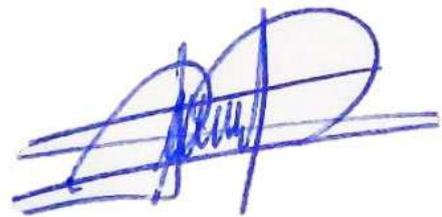
Nosotros, Jaison Anthony Tayupanda Agualsaca & Edison Leonardo Toapanta Guangasi, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 07 de diciembre del 2023



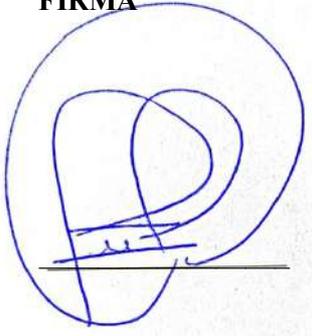
Jaison Anthony Tayupanda Agualsaca
0604305326



Edison Leonardo Toapanta Guangasi
1805126099

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE TRAMPAS DE VAPOR EN LA FACULTAD DE MECÁNICA**”, realizado por los señores **JAISON ANTHONY TAYUPANDA AGUALSACA Y EDISSON LEONARDO TOAPANTA GUANGASI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-07
Ing. Edwin Ángel Jácome Domínguez DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-07
Ing. Marco Antonio Ordóñez Viñán ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-07

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de titulación a Dios por haberme dado mucha sabiduría y guiado a lo largo de mi carrera universitaria. A mis Padres: Humberto Tayupanda y Guadalupe Agualsaca, por su invaluable y constante sacrificio en pos de mi formación y educación, quienes con su esfuerzo, trabajo, amor y palabras de aliento fueron el pilar fundamental para alcanzar tan anhelado sueño ya que sin el apoyo incondicional de ellos este logro no hubiese sido posible, a mis abuelos que son un pilar importante en mi vida, a mis tíos que siempre me recibieron con los brazos abiertos y me ofrecen una mano cuando más se los necesita. A mi esposa Jenniffer y a mi hijo: Mathias, por ser el motor que me impulsa cada día a ser una mejor persona y quiénes me han sabido dar la fuerza necesaria para seguir luchando, y llegar a culminar las metas trazadas.

Jaison

El presente trabajo de Integración Curricular dedico a Dios por darme salud y vida para lograr culminar mi carrera universitaria. A mi padre Raúl Toapanta y mi madre Elvia Guangasi, mis pilares inquebrantables y guías en esta maravillosa travesía llamada vida, gracias a su incansable apoyo, aliento y sacrificio al brindarme los medios necesarios para cumplir mi meta Su ejemplo de dedicación y perseverancia han sido inspiración contante para mí, fomentando el deseo de superarme y cumplir mi sueño de ser un profesional. A mis hermanos Danny y Sebastián por el apoyo incondicional que me han brindado en este arduo camino a lo largo de mi vida, sus palabras de aliento e incentivo han sido una fuente inagotable de motivación para seguir adelante. Su amor y apoyo han sido fundamentales en esta travesía académica y personal.

Edisson

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento Dios por darme salud y vida logrando culminar mis metas propuestas. En primer lugar, quiero agradecer a. A mis padres de manera muy especial por todo su esfuerzo diario que realizaron para apoyarme emocional y económicamente durante mi carrera académica. Luego agradezco a la ESPOCH y en especial a la carrera de Mantenimiento Industrial, al personal Docente y administrativo de la misma, y de manera especial a nuestro director y asesores de tesis Ing. Angel Jacome y Ing. Marco Ordoñez, por su acertada dirección para el desarrollo y ejecución del presente trabajo

Jaison

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios por darme la salud y la vida para lograr tan anhelada meta. Extiendo gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en particular a la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial por abrirme las puertas y ser parte de tan prestigiosa carrera, expreso mi más profundo agradecimiento a todos aquellos que han sido parte fundamental de mi formación y crecimiento profesional. Por último, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia quienes me brindaron su aliento y comprensión durante este arduo proceso. Sus palabras de aliento y motivación fueron motivación e impulso a seguir adelante. A mis amigos gracias por ser una fuente de apoyo y motivación durante todo este tiempo.

Edisson

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN	xviii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Calidad de vapor	4
2.1.1. <i>Causas para una baja calidad de vapor</i>	4
2.2. Distribución de vapor	4
2.3. Recuperación de condensados.....	5
2.4. Métodos para mejorar la calidad del vapor.....	6
2.4.1. <i>Vapor flash</i>	7
2.5. Trampas de vapor	7
2.5.1. <i>Clasificación de las trampas de vapor</i>	8
2.5.1.1. <i>Las mecánicas</i>	8
2.5.1.2. <i>Las termodinámicas</i>	10
2.5.1.3. <i>Las termostáticas</i>	13
2.5.1.4. <i>Las de cubeta invertida</i>	13
2.5.2. <i>Selección de trampas de vapor</i>	16
2.5.3. <i>Criterios para seguir:</i>	16

2.5.3.1.	<i>Primera etapa: obtener la información necesaria</i>	16
2.5.3.2.	<i>Segunda etapa: Aplique un factor de seguridad</i>	16
2.5.3.3.	<i>Tercera etapa: Seleccionar el tipo de trampa</i>	17
2.5.4.	<i>Diferencia de presiones</i>	18
2.5.5.	<i>Máxima presión permitida</i>	18
2.5.6.	<i>Eliminadores de aire</i>	19
2.5.7.	<i>Golpe de ariete</i>	19
2.6.	Control de trampas de vapor	20
2.7.	Generadores de vapor	20
2.7.1.	<i>Clasificación de los generadores de vapor</i>	21
2.7.1.1.	<i>Acuotabulares</i>	21
2.7.1.2.	<i>Pirotabulares</i>	22
2.7.1.3.	<i>Aplicaciones</i>	23
2.7.1.4.	<i>Eficiencia de una caldera</i>	23

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE TRAMPAS ...24
3.1.	Recopilación de la información24
3.1.1.	<i>Estudio y recursos necesarios para el banco de pruebas</i>24
3.1.2.	<i>Diseño mediante software para el diseño del banco de pruebas</i>24
3.1.3.	<i>Cálculo y selección de elementos del banco de pruebas</i>24
3.1.4.	<i>Construcción del banco de pruebas</i>26
3.2.	Estudio y recursos necesarios para el banco de pruebas26
3.2.1.	<i>Red de vapor</i>26
3.2.2.	<i>Manifold para la distribución y recolector del condensado</i>27
3.3.	Diseño asistido por computadora del banco de pruebas27
3.3.1.	<i>Normas para tuberías y accesorios</i>28
3.3.2.	<i>Cálculo y selección de tubería</i>28
3.3.2.1.	<i>Flujo másico</i>29
3.3.2.2.	<i>Volumen específico del vapor</i>30
3.3.2.3.	<i>Selección de tubería</i>31
3.4.	Accesorios de tubería32
3.4.1.	<i>Codos</i>32
3.4.2.	<i>Tee</i>33
3.4.3.	<i>Unión universal</i>34

3.4.4.	<i>Niple hexagonal</i>	35
3.4.5.	<i>Niple barril</i>	35
3.4.6.	<i>Válvula de compuerta</i>	37
3.4.7.	<i>Válvula check</i>	37
3.4.8.	<i>Serpentín</i>	38
3.4.9.	<i>Manómetro</i>	41
3.4.10.	<i>Trampa de vapor termostática</i>	42
3.4.11.	<i>Trampa de vapor termodinámica</i>	42
3.4.12.	<i>Trampa de vapor mecánica de valde invertido</i>	43
3.4.13.	<i>Trampa de vapor mecánica tipo boya</i>	43
3.4.14.	<i>Estructura del banco de pruebas</i>	44
3.4.15.	<i>Aislamiento</i> ¡Error! Marcador no definido.	
3.5.	Construcción del banco de pruebas	45
3.5.1.	<i>Ensamblar los distintos componentes en el banco de pruebas</i>	45
3.5.2.	<i>Revisión de documentación</i>	45
3.5.3.	<i>Selección de ubicación</i>	45
3.5.4.	<i>Aplicar cinta teflón</i>	45
3.5.5.	<i>Conexión de tuberías</i>	46
3.5.6.	<i>Conexión de accesorios</i>	46
3.5.7.	<i>Conexión de las trampas de vapor</i>	47
3.5.8.	<i>Conexión del serpentín</i>	47
3.5.9.	<i>Conexión de instrumentos de medida</i>	48
3.5.10.	<i>Pintado del banco de pruebas</i>	48
3.5.11.	<i>Aplicación del aislante térmico</i>	49

CAPÍTULO IV

4.	REALIZAR PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO BANCO DE PRUEBAS	50
4.1.	Funcionamiento general	50
4.2.	Etapa 1: Preparación y ajuste del caldero para la generación de vapor	50
4.3.	Etapa 2: prueba de funcionamiento del banco de pruebas	53
4.3.1.	<i>Descripción del tramo 1</i>	53
4.3.2.	<i>Funcionamiento del tramo 1</i>	53
4.3.3.	<i>Descripción del Tramo 2</i>	56
4.3.4.	<i>Funcionamiento del tramo 2</i>	56
4.3.5.	<i>Descripción del Tramo 3</i>	59

4.3.6.	<i>Funcionamiento del tramo 3</i>	59
4.3.7.	<i>Descripción del tramo 4</i>	62
4.3.7.1.	<i>Funcionamiento del tramo 4</i>	62
4.4.	Pruebas realizadas del banco de pruebas de trampas de vapor	65
4.5.	Termografía	65
4.5.1.	<i>Normas</i>	66
4.5.1.1.	<i>ISO 18434-1:2008</i>	66
4.5.1.2.	<i>ISO 18436-1:2004</i>	67
4.5.1.3.	<i>ISO / FDIS 18436-7:2008</i>	67
4.5.2.	<i>Reportes termográficos</i>	67
4.5.3.	<i>Reporte termográfico trampa de vapor termostática</i>	67
4.5.4.	<i>Reporte termográfico trampa de vapor termodinámica</i>	69
4.5.5.	<i>Reporte termográfico trampa de vapor mecánica de valde invertido</i>	70
4.5.6.	<i>Reporte termográfico trampa de vapor mecánica tipo boya</i>	71
4.6.	Ultrasonido	72
4.6.1.	<i>Metodología de la técnica de inspección</i>	72
4.6.2.	<i>Determinación de puntos de inspección en el sistema</i>	73
4.6.3.	<i>Ajuste del equipo de ultrasonido</i>	73
4.6.4.	<i>Descripción de procedimiento</i>	74
4.7.	Análisis de pruebas de ultrasonido	75
4.7.1.	<i>Línea de vapor del tramo 1</i>	75
4.7.1.1.	<i>Análisis de datos del tramo 1</i>	77
4.7.2.	<i>Línea de vapor del tramo 2</i>	78
4.7.2.1.	<i>Análisis de datos del tramo 2</i>	80
4.7.3.	<i>Línea de vapor del tramo 3</i>	82
4.7.3.1.	<i>Análisis de datos del tramo 3</i>	84
4.7.4.	<i>Línea de vapor del tramo 4</i>	85
4.7.4.1.	<i>Análisis de datos del tramo 4</i>	87
4.8.	Análisis de los espectros del ultrasonido en las trampas de vapor	89
4.9.	Elaborar un manual de operación y mantenimiento del banco de pruebas	91
4.10.	Guía de laboratorio de la practica número 1 del módulo	92
4.11.	Análisis económico y financiero	92
4.11.1.	<i>Costo de tuberías</i>	92
4.11.2.	<i>Costo de accesorios</i>	92
4.11.3.	<i>Costo de las trampas de vapor</i>	93
4.11.4.	<i>Costo de la estructura</i>	93

4.11.5. <i>Costos totales</i>	94
-------------------------------------	----

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
5.1. Conclusiones	95
5.2. Recomendaciones	96

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Tabla de aplicaciones y usos de las trampas de vapor.....	17
Tabla 3-1:	Ficha técnica de la caldera	26
Tabla 3-2:	Velocidad del vapor	28
Tabla 3-3:	Cálculo de velocidades para diferentes ductos de cédula 40.....	31
Tabla 3-4:	Tabla de propiedades mecánicas de la tubería sin costura cédula 40.....	32
Tabla 3-5:	Dimensiones y características de tubería de cédula 40.....	32
Tabla 3-6:	Tabla de características de codos de 90°.....	33
Tabla 3-7:	Selección de codo de acuerdo con el tamaño de la tubería.....	33
Tabla 3-8:	Tabla de características de tee clase 150	33
Tabla 3-9:	Selección de tee de acuerdo con el tamaño de tubería.....	34
Tabla 3-10:	Tabla de características de unión universal NPT... ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 3-11:	Selección de las uniones universales de acuerdo con el tamaño de tubería	34
Tabla 3-12:	Tabla de características de niple hexagonal clase 150.....	35
Tabla 3-13:	Dimensiones del niple hexagonal.....	35
Tabla 3-14:	Tabla de características de niple barril	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3-15:	Dimensiones del niple.....	36
Tabla 3-16:	Tabla de niples requeridos para el banco de pruebas	36
Tabla 3-17:	Tabla de características de la válvula de compuerta.....	37
Tabla 3-18:	Dimensiones de la válvula de compuerta	37
Tabla 3-19:	Tabla de características de la válvula <i>check</i>	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3-20:	Dimensiones de la válvula <i>check</i>	38
Tabla 3-21:	Características del manómetro.	42
Tabla 3-22:	Características de la trampa de vapor termostática.....	42
Tabla 3-23:	Características de la trampa de vapor termodinámica. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 3-24:	Características de la trampa de vapor mecánica de valde invertido.....	43
Tabla 3-25:	Características de la trampa de vapor mecánica tipo boya. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 3-26:	Características y dimensiones de los ángulos y estructura.....	44
Tabla 4-1:	Reporte termográfico de la trampa de vapor termostática.....	68
Tabla 4-2:	Parámetros del reporte del termograma.....	68
Tabla 4-3:	Reporte termográfico de la trampa de vapor termodinámica.....	69
Tabla 4-4:	Parámetros del reporte del termograma.....	69

Tabla 4-5:	Reporte termográfico de la trampa de vapor de valde invertido.....	70
Tabla 4-6:	Parámetros del reporte del termograma.....	71
Tabla 4-7:	Reporte termográfico de la trampa de vapor termodinámica.....	71
Tabla 4-8:	Parámetros del reporte del termograma.....	72
Tabla 4-9:	Datos del ultrasonido con el equipo <i>Ultrapobe</i> 15000 en cada punto.	77
Tabla 4-10:	Análisis de datos tomados de los puntos	78
Tabla 4-11:	Datos del ultrasonido con el equipo <i>Ultrapobe</i> 15000 en cada punto.	80
Tabla 4-12:	Análisis de datos tomados de los puntos	81
Tabla 4-13:	Datos del ultrasonido con el equipo <i>Ultrapobe</i> 15000 en cada punto.	84
Tabla 4-14:	Análisis de datos tomados de los puntos	85
Tabla 4-15:	Datos del ultrasonido con el equipo <i>Ultrapobe</i> 15000 en cada punto.	87
Tabla 4-16:	Análisis de datos tomados de los puntos	88
Tabla 4-17:	Costo de tuberías utilizadas en el banco de pruebas.....	92
Tabla 4-18:	Costo de accesorios utilizados en el banco de pruebas.....	93
Tabla 4-19:	Costo de trampas de vapor utilizadas en el banco de pruebas	93
Tabla 4-20:	Costos de la estructura del banco de pruebas	94
Tabla 4-21:	Costos de la estructura del banco de pruebas	94

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Energía del vapor y condensados	6
Ilustración 2-2:	Condensado en las tuberías	7
Ilustración 2-3:	Funcionamiento de la trampa de vapor tipo mecánico de boya	9
Ilustración 2-4:	Trampa de vapor mecánica de tipo boya	9
Ilustración 2-5:	Trampa de vapor mecánica de tipo flotador libre	10
Ilustración 2-6:	Trampa de vapor de tipo balde invertido	10
Ilustración 2-7:	Ingreso de condensado frío y aire.....	11
Ilustración 2-8:	Flujo del condensado caliente	12
Ilustración 2-9:	Abancono del condensado e ingreso de vapor.....	12
Ilustración 2-10:	Descarga del condensado caliente	12
Ilustración 2-11:	Ingreso de condensado frío y caliente	14
Ilustración 2-12:	Ingreso de vapor.....	15
Ilustración 2-13:	Circulación de gas y descarga del condensado	15
Ilustración 2-14:	Eliminación de aire.....	19
Ilustración 2-15:	Golpe de ariete	19
Ilustración 2-16:	Caldera Acuotubular	22
Ilustración 2-17:	Caldera pirotubular.....	22
Ilustración 3-1:	Caldera pirotubular.....	26
Ilustración 3-2:	<i>Manifold</i> de distribución	27
Ilustración 3-3:	<i>Manifold</i> de distribución	27
Ilustración 3-4:	Diseño del banco de pruebas de trampas de vapor	28
Ilustración 3-5:	Datos del serpentín	40
Ilustración 3-6:	Diseño modelado en 3D de la estructura de la mesa.....	44
Ilustración 3-7:	Laboratorio de Generación de Vapor.....	45
Ilustración 3-8:	Aplicación de cinta de teflón en los elementos.....	46
Ilustración 3-9:	Conexión de tubería	46
Ilustración 3-10:	Conexión de los accesorios del banco de pruebas	47
Ilustración 3-11:	Conexión de las trampas de vapor.....	47
Ilustración 3-12:	Conexión del serpentín a la línea de vapor.....	48
Ilustración 3-13:	Conexión de instrumentos de medida.....	48
Ilustración 3-14:	Pintado del banco de pruebas	49
Ilustración 4-1:	Ajustes del ablandador de agua del caldero	50
Ilustración 4-2:	Revisión el nivel del tanque de agua.....	51

Ilustración 4-3:	Nivel del <i>McDonald</i>	51
Ilustración 4-4:	Tablero de control de la caldera	52
Ilustración 4-5:	Manómetro de presión de la caldera	52
Ilustración 4-6:	Diseño del tramo 1 del banco de las pruebas	53
Ilustración 4-7:	Válvula de globo de la caldera abierta.....	53
Ilustración 4-8:	Válvula de compuerta de entrada de vapor al manifold.....	54
Ilustración 4-9:	Válvula de compuerta del tramo 2,3 y 4 cerradas.....	54
Ilustración 4-10:	Válvula de compuerta del tramo 1 abierta	55
Ilustración 4-11:	Pruebas de termográfica en el tramo 1.....	55
Ilustración 4-12:	Pruebas de ultrasonido en el tramo 1	56
Ilustración 4-13:	Diseño del tramo 2 del banco de las pruebas	56
Ilustración 4-14:	Válvula de compuerta de abierta	57
Ilustración 4-15:	Válvula de compuerta del tramo 1,3 y 4 cerradas.....	57
Ilustración 4-16:	Válvula de compuerta del tramo 2 abierta	58
Ilustración 4-17:	Pruebas de termográfica en el tramo 2.....	58
Ilustración 4-18:	Pruebas de ultrasonido en el tramo 2	59
Ilustración 4-19:	Diseño del tramo 3 del banco de las pruebas	59
Ilustración 4-20:	Válvula de compuerta de entrada del <i>manifold</i>	60
Ilustración 4-21:	Válvula de compuerta del tramo 1 y 4 cerradas.....	60
Ilustración 4-22:	Válvula de compuerta del tramo 3 abierta	61
Ilustración 4-23:	Pruebas de termográfica en el tramo 3.....	61
Ilustración 4-24:	Pruebas de ultrasonido en el tramo 3	62
Ilustración 4-25:	Diseño del tramo 4 del banco de las pruebas	62
Ilustración 4-26:	Válvula de compuerta abierta	63
Ilustración 4-27:	Válvula de compuerta del tramo 1,3 y 4 cerradas.....	63
Ilustración 4-28:	Válvula de compuerta del tramo 4	64
Ilustración 4-29:	Pruebas de termográfica en el tramo 4.....	64
Ilustración 4-30:	Pruebas de ultrasonido en el tramo 4.....	65
Ilustración 4-31:	Cámara termográfica <i>fluke</i>	66
Ilustración 4-32:	Puntos de inspección del banco de pruebas	73
Ilustración 4-33:	Configuración del equipo Ultraprobe 15000	74
Ilustración 4-34:	Toma de datos del punto A del tramo 1	75
Ilustración 4-35:	Toma de datos del punto B del tramo 1	75
Ilustración 4-36:	Toma de datos del punto C del tramo 1	76
Ilustración 4-37:	Toma de datos del punto D del tramo 1.....	76
Ilustración 4-38:	Indicador de los puntos de inspección del tramo 1	77

Ilustración 4-39: Indicador de los puntos de frecuencia del tramo 1.....	78
Ilustración 4-40: Toma de datos del punto A del tramo 2.....	78
Ilustración 4-41: Toma de datos del punto B del tramo 2.....	79
Ilustración 4-42: Toma de datos del punto C del tramo 2.....	79
Ilustración 4-43: Toma de datos del punto D del tramo 2.....	80
Ilustración 4-44: Toma de datos del punto D del tramo 1.....	81
Ilustración 4-45: Toma de datos del punto D del tramo 1.....	81
Ilustración 4-46: Toma de datos del punto A del tramo 3.....	82
Ilustración 4-47: Toma de datos del punto B del tramo 3.....	82
Ilustración 4-48: Toma de datos del punto C del tramo 3.....	83
Ilustración 4-49: Toma de datos del punto D del tramo 3.....	83
Ilustración 4-50: Toma de datos del punto D del tramo 1.....	84
Ilustración 4-51: Toma de datos del punto D del tramo 3.....	85
Ilustración 4-52: Toma de datos del punto A del tramo 4.....	85
Ilustración 4-53: Toma de datos del punto B del tramo 4.....	86
Ilustración 4-54: Toma de datos del punto C del tramo 4.....	86
Ilustración 4-55: Toma de datos del punto D del tramo 4.....	87
Ilustración 4-56: Toma de datos del punto D del tramo 4.....	88
Ilustración 4-57: Toma de datos del punto D del tramo 1.....	88
Ilustración 4-58: Espectro del tramo 1 de la trampa de vapor tipo boya.....	89
Ilustración 4-59: Espectro del tramo 2 de la trampa de vapor de valde invertido	90
Ilustración 4-60: Espectro del tramo 3 de la trampa de vapor termodinámica	90
Ilustración 4-61: Espectro del tramo 4 de la trampa de vapor termostática	91

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN

ANEXO B: MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE TRAMPAS DE VAPOR

ANEXO C: GUÍA DE LABORATORIO DE LAS TRAMPAS DE VAPOR

ANEXO D: PLANOS DEL BANCO DE PRUEBAS

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo diseñar un banco de pruebas de trampas de vapor en el Laboratorio de Generación de Vapor de la Facultad de Mecánica. Para la fase de implementación se utilizó la normativa ASME B31.1 y se procedió en cuatro fases: estudio y recursos necesarios, diseño a través del software *SolidWorks*, cálculo y selección de elementos y la construcción del banco de pruebas. Como resultados se obtuvo que, tras realizar pruebas de funcionamiento como la termografía, el reporte termográfico de la trampa de vapor termostática evidenció una obstrucción en la entrada, porque la temperatura en la superficie no presentaba una distribución uniforme (valor promedio de 14.1 °C), mientras que, la trampa de vapor mecánica de valde invertido y tipo boya no presentaron ningún tipo de bloqueo. También se realizó un análisis de ultrasonido, determinando cuatro puntos de inspección: en el tramo 1 los puntos A y B presentaron una frecuencia alta (2,67165 y 2,67165 H) y los puntos C y D una frecuencia moderada (2,65745 y 2,65745 Hz), en el tramo 2 el punto A tuvo una frecuencia alta (2,68168 Hz) y empezó a disminuir en el punto B, evidenciando que la trampa de vapor de válvula invertida operaba adecuadamente, en el tramo 3 los puntos A y B tuvieron frecuencia baja (2,65252 y 2,65521 Hz) y en punto C incrementaba (2,65521 Hz), lo que indicaba que la trampa de vapor termostática operaba correctamente y en el tramo 4 la frecuencia de los puntos A y B era moderada, luego se mantenía constante y el punto D aumentaba (0,0864553 Hz). Se concluyó que, las trampas de vapor tipo boya, de valde invertido, termodinámica y termostática funcionaron correctamente, por lo que se elaboró un manual de operación y mantenimiento para precautelar el funcionamiento del banco de pruebas.

Palabras clave: <MANTENIMIENTO INDUSTRIAL> <BANCO DE PRUEBAS> <TRAMPAS DE VAPOR> <TERMÓGRAFA> <ULTRASONIDO> <MANUAL DE OPERACIÓN>.



ABSTRACT

This study aimed to design a steam trap test bench in the Steam Generation Laboratory of the Mechanics Faculty. For the implementation phase, the ASME B31.1 standard was used, and it was carried out in four phases: study and necessary resources, design through SolidWorks software, calculation and selection of elements, and construction of the test bench. The results showed that, after performing functional tests such as thermography, the thermographic report of the thermostatic steam trap showed an obstruction at the inlet because the temperature on the surface did not present a uniform distribution (average value of 14.1 °C). In contrast, the inverted valve and buoy-type mechanical steam trap did not present any blockage. An ultrasound analysis was also carried out, determining four inspection points: in section 1, points A and B presented a high frequency (2.67165 and 2.67165 H), and points C and D a moderate frequency (2.65745 and 2.65745 Hz); in section 2 point A had a high frequency (2.68168 Hz) and began to decrease at point B, showing that the inverted valve steam trap was operating correctly, in section 3 the points A and B had a low frequency (2.65252 and 2.65521 Hz), and at point C it increased (2.65521 Hz), which indicated that the thermostatic steam trap was operating correctly and in section 4 the frequency of points A and B was moderate, then it remained constant and point D increased (0.0864553 Hz). It was concluded that the buoy-type, inverted valve, thermodynamic, and thermostatic steam traps worked correctly, so an operation and maintenance manual was prepared to ensure the operation of the test bench.

Keywords: <INDUSTRIAL MAINTENANCE> <TEST BENCH> <STEAM TRAPS>
<THERMOGRAPHY> <ULTRASOUND> <OPERATION MANUAL>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

El sistema de trampas de vapor es de mucha importancia ya que se encuentra comúnmente en la industria para el manejo y control en sistemas de caldera y tuberías, por lo que es necesario conocer características y aplicaciones de los distintos tipos de trampas de vapor utilizados en sistemas de distribución de vapor en la industria.

Los dispositivos esenciales para eliminar eficazmente el condensado y los gases no condensables de las tuberías de vapor son las trampas para vapor. Su función garantiza un flujo apropiado y contribuye al ahorro de energía de manera eficiente. En el proceso de construcción, se colocan diversas variedades de trampas de vapor, las cuales son sometidas a rigurosas pruebas para evaluar su rendimiento. Estas pruebas incluyen análisis visuales, verificaciones de drenaje, mediciones de presión, ultrasonidos y termografías. Esta información es fundamental para realizar cualquier tipo de mantenimiento o ajuste requerido en las trampas de vapor.

En esta investigación, se exploran aspectos fundamentales del diseño y la construcción del banco de pruebas, lo que implica la cuidadosa elección de componentes y accesorios en el sistema de vapor. Además, se analizan variados tipos de trampas de vapor, detallando sus características, aplicaciones y criterios de selección. Esta información se presenta con el objetivo de mejorar el rendimiento del sistema de vapor, garantizando su funcionamiento óptimo y seguro en entornos industriales y comerciales.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El desarrollo del presente trabajo está centrado en el Laboratorio de Generación de Vapor de la Facultad de Mecánica, el mismo que no cuenta con un sistema de trampeo lo cual se ve afectado directamente en el ámbito económico, social y ambiental al no contar con este sistema la caldera no cumple las funciones necesarias de drenado, eliminación de aire y pérdidas de vapor, afectando directamente su eficiencia e incrementando así los costos de combustible y tratamientos químicos del agua que alimenta a la caldera

1.2. Justificación del problema

En la práctica industrial es común que el Ingeniero en Mantenimiento Industrial se vea enfrentado a la solución de problemas que tienen relación con equipos de intercambio de calor; éstos tienen que ver con un mantenimiento adecuado, un posible rediseño de algún sistema térmico o la ejecución completa de un nuevo proyecto para la ampliación o mejora de la planta.

El desarrollo industrial y el campo investigativo en esta área, va directamente ligado al Ingeniero en Mantenimiento. Por ello la importancia de la formación del ingeniero requiere de un aprendizaje teórico - práctico, por lo que se pretende diseñar y construir un banco de prueba de trampas de vapor, para que el estudiante pueda familiarizarse con el funcionamiento de los diferentes tipos de trampas de vapor. Si bien no se abarcan la totalidad de trampas existentes en el mercado, representan a cada tipo de trampa de acuerdo con su funcionamiento y de esta manera mejorar el proceso de aprendizaje mediante la práctica de laboratorio que ayuden con la comprensión del funcionamiento, operación y mantenimiento de las trampas de vapor (Rojas y Bustamantes, 2018).

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Diseñar y construir un banco de pruebas de trampas de vapor en la Facultad de Mecánica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos del banco de pruebas de trampas de vapor.
- Diseñar el banco de pruebas para trampas de vapor mediante el software CAD y seleccionar sus componentes.
- Ensamblar los distintos componentes en el banco de pruebas.
- Realizar pruebas de funcionamiento del banco de pruebas de trampas de vapor.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento del banco de pruebas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Calidad de vapor

La zona de saturación puede conceptualizarse como una combinación de líquido y vapor saturados. La calidad se define como la fracción de vapor en relación con la masa de vapor saturado con respecto a la masa total de una mezcla en la región de saturación.

Una calidad insuficiente puede tener consecuencias especialmente perjudiciales en procesos que interactúan directamente con el vapor, como las plantas de alimentos, goma y textiles. El condensado generado tiende a adherirse a la superficie del producto, lo que puede dar lugar a la aparición de numerosos defectos en el producto final.

En los intercambiadores de calor, se observa el empleo indirecto del vapor, y cuando la calidad del vapor es baja, se reduce la eficiencia en la transferencia de calor, lo que a su vez conlleva una disminución en la productividad. Un problema adicional es la presencia de condensado arrastrado por el vapor, lo cual puede ocasionar fallos en componentes como las válvulas reductoras de presión, las válvulas de control, los medidores de flujo y los ductos (López y Salazar, 2019, p. 111).

2.1.1. Causas para una baja calidad de vapor

Existen dos razones principales que provocan la disminución en la calidad del vapor:

Baja calidad dentro de la caldera: Esta situación generalmente ocurre debido a fluctuaciones abruptas en la carga, lo que atrapa el líquido en la caldera y lo transporta con el vapor.

Condensado: Cuando el condensado no se elimina por completo de los conductos de vapor debido a un deficiente aislamiento térmico. En consecuencia, la calidad del vapor se convierte en un parámetro esencial para asegurar el correcto funcionamiento de un generador de vapor.

2.2. Distribución de vapor

La distribución de vapor sirve como conexión entre el sistema que produce vapor y los usuarios finales del mismo. Es el método de transporte que lleva el vapor desde la fuente generadora

hasta los puntos donde se necesita la energía calorífica. Se transporta a través de una red compuesta por tuberías principales que llevan el vapor desde la fuente generadora y por conexiones o tuberías secundarias que lo dirigen hacia los equipos individuales que lo necesitan.

Los componentes clave de un sistema de distribución de vapor incluyen:

- Red de tuberías principales y secundarias o ramales. Habrá una o más tuberías principales que conduzcan el vapor hacia la ubicación necesaria. De esta tubería saldrán una serie de derivaciones o ramales que distribuyen el vapor hacia los equipos individuales.
- Accesorios de las tuberías: conexiones, juntas, bridas, soportes, abrazaderas, etc.
- Recubrimiento térmico. Todas las tuberías, los accesorios y válvulas deben estar aisladas térmicamente para reducir las pérdidas de energía, evitar riesgos y disminuir los gastos.
- Válvulas de seguridad. Son válvulas diseñadas para evitar sobrepresiones en la instalación evacuando la cantidad de vapor necesaria para mantener la seguridad y reducir el exceso de presión.
- Filtros de vapor. Se usan para eliminar las partículas y suciedades evitando, así, que puedan ser arrastrados con el vapor. Mantienen limpias las redes de distribución de vapor y mejoran la calidad del vapor.
- Trampas de vapor o purgadores de condensados. Al iniciar un proceso, el vapor transfiere calor al medio, es decir, a las tuberías a través de las cuales se transporta. Estas tuberías están a temperaturas más bajas, lo que hace que el vapor condense al ceder su energía. A medida que el proceso continúa, seguirá habiendo condensación, aunque en menor cantidad. El vapor no debe arrastrar estos condensados ya que provocan problemas en las instalaciones: corrosión, enfriamiento, golpes de ariete y otros muchos problemas mecánicos. Para evitar esta situación se utilizan separadores de gotas y trampas de vapor que eliminan el condensado, el aire y otros gases no condensables fuera de la red de vapor (Rodríguez y Rubio, 2014, p. 11).

2.3. Recuperación de condensados

Es necesario eliminar el condensado producido en las tuberías principales y secundarias de la distribución de vapor, pero también es crucial aprovecharlo. Esto se debe a que los condensados son líquidos extremadamente valiosos, ya que son de alta calidad y se encuentran a temperaturas muy elevadas, cercanas a las del vapor saturado. Por lo tanto, idealmente, el sistema de vapor debe incluir una línea de retorno para enviar los condensados de vuelta al tanque de alimentación de agua de las calderas, siempre que sea factible hacerlo.

A veces, puede no ser factible devolver los condensados al tanque de alimentación de agua de las calderas. Esto puede deberse a la inyección directa de vapor en el equipo o al riesgo de contaminación de este fluido. Esta contaminación puede ser originada por diferentes motivos, por ejemplo, el mal estado de un serpentín de vapor de un depósito de aceite. En este caso, si en el serpentín hay poros, el vapor será contaminado con el aceite y, posteriormente, saldrá con el condensado generado. Por estos motivos, es muy importante controlar la calidad de los condensados que retornan al tanque de agua, el agua que se introduce en las calderas tiene que cumplir una serie de características para evitar el deterioro y mal funcionamiento de estas.

Un diseño eficiente para la red de retorno de condensados mejora la eficiencia energética del proceso, lo que resulta en significativos ahorros económicos. Estos ahorros se traducen en una disminución del consumo de combustible, gracias a las altas temperaturas de los condensados. Además, se reducen los gastos relacionados con el tratamiento del agua que se utiliza para alimentar las calderas, ya que se trata de agua pura de alta calidad, y también se reduce el consumo total de agua (Rodríguez y Rubio, 2014, p. 11).

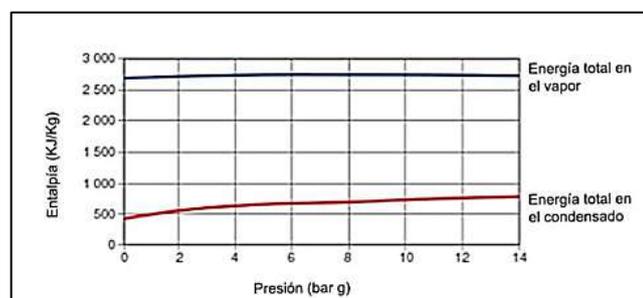


Ilustración 2-1: Energía del vapor y condensados

Fuente: (MASTERSI, 2021).

Para finalizar la configuración de la red de aprovechamiento de condensados, es fundamental considerar la utilización del vapor *flash* generado. Cuando el condensado se descomprime, una parte se transforma nuevamente en vapor, lo que se conoce como vapor *flash*. La energía contenida en este vapor flash también debe ser reutilizada, si es factible, en otras partes del sistema que necesiten temperaturas más bajas (Rodríguez y Rubio, 2014, p. 11).

2.4. Métodos para mejorar la calidad del vapor

Como se explicó previamente, una de las razones fundamentales detrás de la mala calidad del vapor es la formación de condensado en los conductos de vapor. En la Ilustración 2-2 se observa cómo se crean diminutas gotas de condensado que se acumulan en la parte inferior de las

tuberías. El condensado se origina a causa de la transferencia de calor térmico que tiene lugar entre las superficies internas de las tuberías que están en contacto con el vapor (Perla y Prieto, 2022, p. 78).

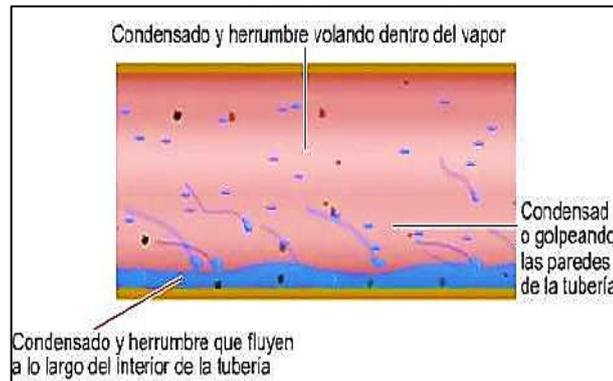


Ilustración 2-2: Condensado en las tuberías

Fuente: (López y Salazar, 2019, p. 111).

El uso de aislamiento térmico en las tuberías de vapor es crucial para prevenir la formación de condensado. Sin embargo, incluso con su aplicación, cierta cantidad de condensado seguirá generándose, lo cual debe ser eliminado de manera adecuada.

Se disponen de dispositivos para reducir la presencia de condensado en los conductos, como las trampas de vapor y los separadores de condensado.

2.4.1. Vapor flash

El *vapor flash* se genera cuando el condensado, que está caliente y bajo alta presión, se somete a una abrupta reducción de presión, como ocurre al ser liberado a través de una trampa de vapor.

El condensado a alta temperatura contiene una gran cantidad de energía que no puede mantenerse en estado líquido a presiones más bajas. Esto se debe a que hay más energía de la necesaria para formar agua saturada a una presión menor. El exceso de energía hace que una parte del condensado se convierta en *vapor flash*. (Guzmán, 2015, p. 51).

2.5. Trampas de vapor

Se trata de una válvula automática cuya función principal es reducir al mínimo la presencia de condensado en las tuberías de vapor, al mismo tiempo que previene las pérdidas de vapor. Algunos de los factores a considerar al elegir una trampa de vapor incluyen:

- Presión nominal del vapor.
- Caudal de condensado.
- Diferencial de presión.
- Tipo de conexión.
- Tipo de material.

2.5.1. Clasificación de las trampas de vapor

Existen tres tipos de categorías de trampas de vapor como:

2.5.1.1. Las mecánicas

Operan utilizando la disparidad en densidad entre el vapor y el condensado, incorporando un flotador que se activa para liberar el condensado acumulado. Cuando la trampa está cerrada, reinicia el proceso al llenarse de vapor y luego descarga el condensado nuevamente.

A su vez se clasifica en dos tipos de trampas como la trampa de vapor mecánica tipo boya y trampa de vapor mecánica de tipo flotador libre

- *Trampa de vapor mecánica tipo boya*

La trampa de vapor mecánica de tipo boya funciona en base al principio de la disparidad de densidad entre el condensado y el vapor. En este diseño de trampa, la válvula se mantiene constantemente sumergida, lo que significa que ni el vapor ni el aire pueden ser eliminados por sí solos. Por esta razón, en las primeras versiones de estas trampas, se incorporaron ventiladores manuales en la parte superior de la trampa. Las trampas modernas emplean un mecanismo termostático para eliminar el aire de la trampa. Este sistema permite que la trampa expulse el aire al principio del ciclo mientras continúa manejando el condensado. Después de eliminar el aire inicial, permanece cerrada hasta que aire u otros gases no condensables se acumulen en la trampa, lo que provoca su apertura nuevamente debido a la diferencia de temperatura entre estos gases y el vapor. La ventila de aire termostática ofrece un gran beneficio al incrementar significativamente la capacidad de purga de condensado al inicio del ciclo de vapor. En la Ilustración 2-3 puede apreciarse la secuencia de funcionamiento (Torres 2020, p.53)

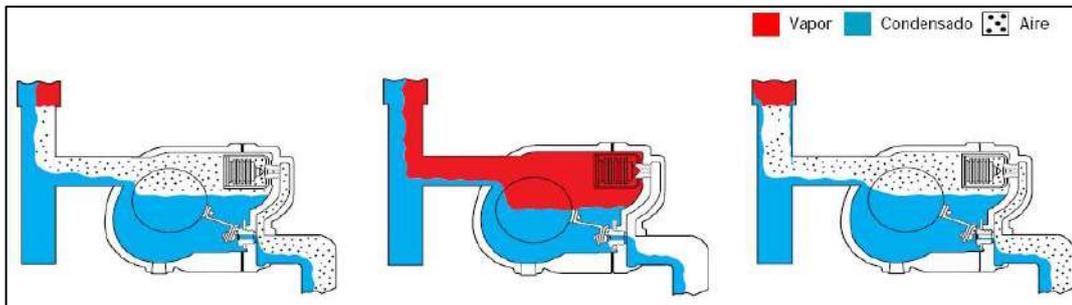


Ilustración 2-3: Funcionamiento de la trampa de vapor tipo mecánico de boya

Fuente: (Amstrong 2018).

En la Ilustración 2-4 puede observarse la trampa de vapor tipo mecánico de boya.



Ilustración 2-4: Trampa de vapor mecánica de tipo boya

Fuente: (López y Salazar, 2019, p. 111).

- *Trampa de vapor mecánica de tipo flotador libre*

Esta variante de trampa es parecida a la de flotador con palanca (boya), pero a diferencia de esta última, no tiene ninguna sujeción para el flotador. Por lo tanto, la única parte móvil en este diseño es el flotador. El asiento del flotador, que es un orificio, debe pasar por un tratamiento térmico para aumentar su resistencia. Además, se fabrica con acero inoxidable. En la Ilustración 2-5 se muestra un esquema de funcionamiento de una trampa de vapor tipo mecánica de flotador libre. Como puede apreciarse, no dispone de una palanca que regule el movimiento de la boya, sino que ésta se mueve libremente con el condensado.

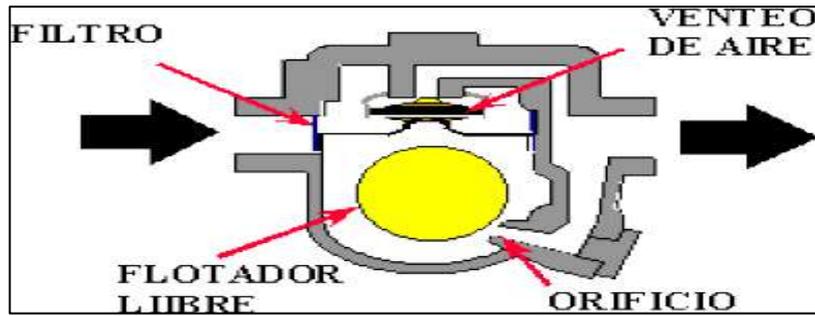


Ilustración 2-5: Trampa de vapor mecánica de tipo flotador libre

Fuente: (Redondo, 2015, p. 1).

Cuando el sistema de vapor se pone en marcha, el aire se introduce en la trampa. Gracias al elemento termostático o al sistema de purga de aire, la trampa puede liberar el aire hacia la atmósfera de forma efectiva. Luego, el condensado frío llega y hace que el flotador se eleve, permitiendo también su expulsión. En la Ilustración 2-6 se puede apreciar una fotografía de una trampa de vapor de flotador libre.



Ilustración 2-6: Trampa de vapor de tipo balde invertido

Fuente: (TLV, 2020, p. 2).

2.5.1.2. Las termodinámicas

Estas trampas operan debido a la diferencia en el flujo entre el vapor y el condensado. Cuando el vapor entra, lo hace a una velocidad mayor, lo que causa que el disco utilizado como válvula se cierre. Posteriormente, este disco se abre cuando la velocidad del condensado disminuye, permitiendo que sea expulsado. Presenta las siguientes características:

- Descarga inmediata de condensado
- Insensible a los golpes de ariete, al vapor sobrecalentado y al congelamiento

- Contienen un anillo bimetalico, el cual mejora la habilidad de la trampa para descargar rápidamente aire y condensado frío durante el arranque del sistema. Este anillo ayuda también a prevenir el bloqueo por aire durante la operación normal.
 - Pueden ser instaladas en cualquier posición, son de fácil mantenimiento.
 - Para casos en los cuales exista alta probabilidad de generación de bolsas de aire,
 - Largo y confiable tiempo de vida.
- *Áreas de aplicación*

Para aplicaciones que implican flujos de condensado bajos o moderados, las Trampas de Vapor Termodinámicas de la Serie SV, que incluyen una válvula de derivación incorporada, han sido diseñadas específicamente. Estas trampas de vapor son ideales para una variedad de usos en las industrias petroquímica, química, textil, alimenticia, farmacéutica y en otros sectores.

Además, son especialmente adecuadas para aplicaciones en la industria alimenticia, farmacéutica y en otras áreas donde la optimización de costos y el espacio disponible son prioridades, así como en aplicaciones de lavandería industria.(MIYAWAKI, 2019).

- *Principio de operación*

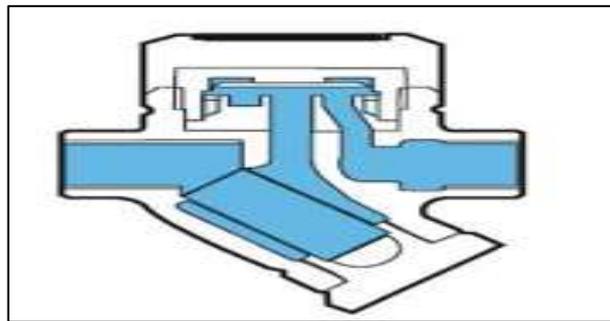


Ilustración 2-7: Ingreso de condensado frío y aire

Fuente: (MIYAWAKI, 2019).

Durante el proceso de inicio, la trampa de vapor se encuentra con la presencia de condensado frío y aire, los cuales ejercen presión sobre el disco, empujándolo hacia arriba y permitiendo la apertura de la trampa. De esta manera, el condensado frío y el aire se descargan de manera eficiente y rápida (MIYAWAKI, 2019).

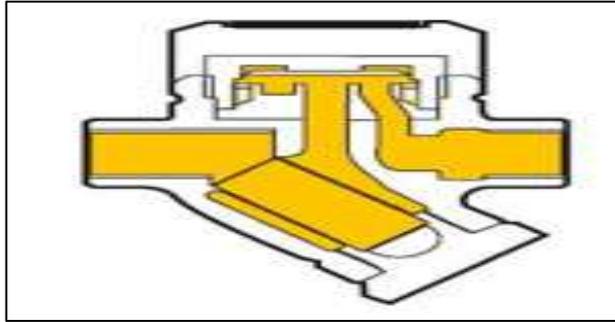


Ilustración 2-8: Flujo del condensado caliente

Fuente: (MIYAWAKI, 2019).

A medida que el condensado caliente comienza a fluir hacia la trampa, esta continúa en su estado abierto, permitiendo que el condensado caliente también se descargue de manera ágil y eficaz.(MIYAWAKI, 2019).

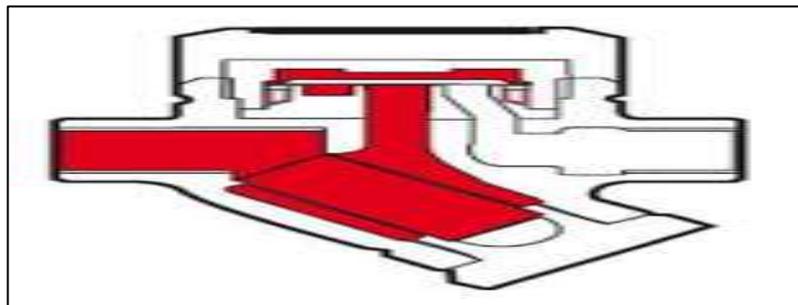


Ilustración 2-9: Abandono del condensado e ingreso de vapor

Fuente: (MIYAWAKI, 2019).

Cuando el último rastro de condensado abandona la trampa, el vapor comienza a entrar en ella. Con el aumento de la velocidad del flujo, la presión disminuye. Al mismo tiempo, la presión en la cámara ubicada encima del disco se incrementa debido a la acumulación de vapor. Esto provoca que el disco sea presionado hacia su posición de cierre, sellando efectivamente la trampa de vapor.(MIYAWAKI, 2019).

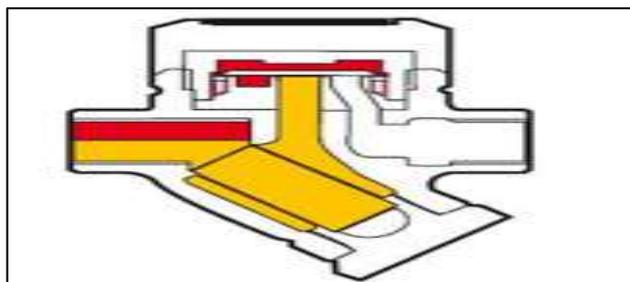


Ilustración 2-10: Descarga del condensado caliente

Fuente: (MIYAWAKI, 2019).

Cuando el condensado caliente comienza a ingresar a la trampa, esta permanece cerrada, ya que todavía hay vapor presente en la cámara ubicada encima del disco. A medida que más condensado caliente entra en la trampa, se produce una disminución de la temperatura en su interior. Después de un cierto período de tiempo, el vapor contenido en la cámara superior del disco se enfría y se condensa. Esto posibilita que la presión ejercida por el condensado caliente desplaze el disco de su posición, lo que resulta en la apertura de la trampa y la consecuente descarga del condensado caliente. Estos ciclos, representados como 2, 3 y 4, se repiten de manera continua durante el funcionamiento normal.(MIYAWAKI, 2019).

2.5.1.3. Las termostáticas

Operan a través de un detector de temperatura que evalúa la diferencia de temperatura entre el vapor y el condensado. La trampa correspondiente se activa al alcanzar un valor de temperatura particular para permitir la eliminación del condensado.

- *Principio de funcionamiento*

El funcionamiento de una trampa de vapor termostática se puede describir en los siguientes pasos:

- La trampa de vapor termostática se instala en la tubería del sistema de vapor y se llena con un fluido sensible a la temperatura, que puede ser líquido o gas.
- El fluido dentro de la trampa de vapor termostática se calienta cuando el vapor entra en la trampa, haciendo que se expanda y logrando que el condensado sea drenado del sistema.
- Cuando el vapor se agota y la temperatura del fluido en la trampa disminuye, el fluido se contrae, cerrando la trampa y evitando que el vapor escape.
- Cuando el vapor se enciende nuevamente, la temperatura aumenta y el proceso se repite.

Las trampas de vapor termostáticas pueden variar en diseño y construcción, pero el principio de funcionamiento es común a todas ellas. Estas trampas son una solución eficiente para el drenaje de condensado en sistemas de vapor y se utilizan ampliamente en aplicaciones industriales.

2.5.1.4. Las de cubeta invertida

Las trampas de cubeta invertida pertenecen a las trampas de vapor mecánicas, su funcionamiento se basa en que al inicio la presión del condensado frío empuja la válvula hacia

arriba para que la entrada y salida de la trampa no estén obstruidas y se pueda drenar (Laines, 2019, p. 77).

- *Características*

- Todas las trampas incluyen con palancas, obturadores, y asientos de acero inoxidable resistentes al desgaste y a la corrosión para garantizar un largo tiempo de vida sin problemas
- Todos los obturadores y los asientos son lapeados en conjunto.
- El orificio situado en la parte superior de la cubeta invertida garantiza un continuo venteo de aire.
- Todas las trampas están diseñadas para ser fácil y rápidamente mantenidas luego de ser instaladas sin tener que desmontarlas
- Pueden resistir altas contrapresiones (hasta un 90% de la presión de ingreso)

- *Principio de operación*

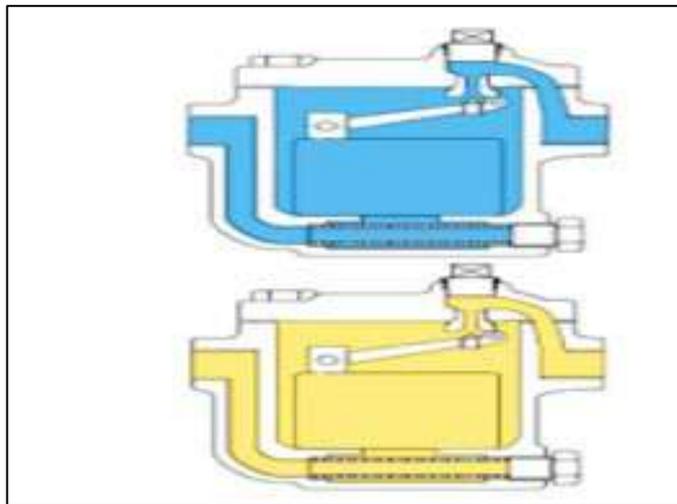


Ilustración 2-11: Ingreso de condensado frío y caliente

Fuente: (MIYAWAKI, 2019).

Al iniciar el proceso, la cubeta se encuentra en la posición inferior, en contacto con su asiento, y el obturador está abierto en la parte superior de la trampa. En este punto, el condensado frío, seguido por el aire y el condensado caliente, comienzan a ingresar a la trampa.

A medida que el condensado se acumula en la cubeta y en el cuerpo de la trampa, la cubeta se llena por completo y se sumerge por completo en el líquido. Esto provoca que descanse en la

parte inferior de la trampa, manteniendo el obturador en su posición abierta y permitiendo que el condensado sea expulsado de la trampa. (MIYAWAKI, 2019).

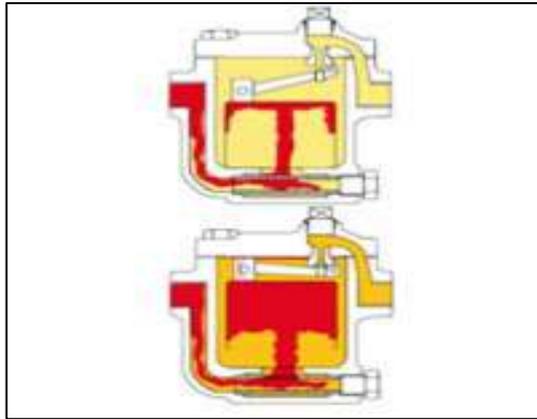


Ilustración 2- 12: Ingreso de vapor

Fuente: (MIYAWAKI, 2019).

El vapor ingresa a la trampa a través de la parte inferior de la cubeta. A medida que más vapor entra en la trampa, se acumula vapor en la parte superior de la cubeta, lo que provoca que la cubeta comience a elevarse (flotación de la cubeta dentro del líquido). Cuando la cubeta alcanza su posición superior, el obturador se cierra completamente en su asiento. (MIYAWAKI, 2019).

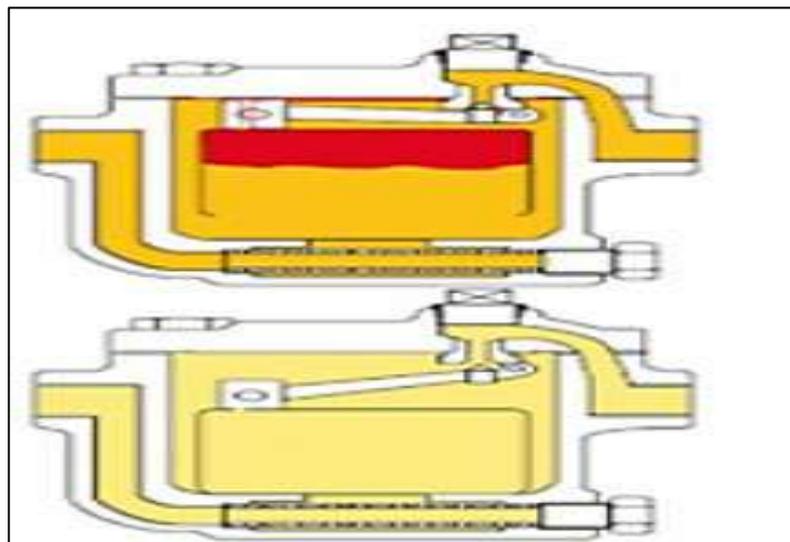


Ilustración 2-13: Circulación de gas-descarga de condensado

Fuente: (MIYAWAKI, 2019).

El aire y los gases atraviesan el orificio ubicado en la parte superior de la cubeta y se acumulan en la parte superior de la trampa. El vapor también pasa por este orificio y comienza a condensarse. Conforme más condensado entra en la trampa, la cubeta pierde flotabilidad y

comienza a descender. Esto ocasiona que el obturador se aleje de su asiento y, como resultado, el condensado es nuevamente liberado. (MIYAWAKI, 2019).

2.5.2. Selección de trampas de vapor

Para seleccionar la trampa de vapor se debe tomar en cuenta los estándares, la presión y temperatura, la capacidad de descarga, el tipo de trampa, el material del cuerpo y muchos otros factores relevantes. Este proceso puede separarse en tres etapas:

2.5.3. Criterios para seguir

Las trampas de vapor para una aplicación dada, puede ser determinado en tres etapas.

2.5.3.1. Primera etapa: obtener la información necesaria

- Calcule o estime la carga máxima de condensado en libras por hora. Si el equipo opera con diferentes presiones de vapor, debe tomarse en cuenta la carga máxima de condensado a la presión mínima del vapor.
- Presión a la entrada de la trampa. Esta puede ser mucho menor que la presión en las tuberías principales de vapor, ya que se tienen de por medio reguladores de temperatura, reductores de presión, filtros, y equipo de transferencia de vapor.
- Contrapresión, contra la cual debe operar la trampa. Esta contrapresión también incluye la carga hidrostática de los condensados ejercida en el sentido contrario.

2.5.3.2. Segunda etapa: Aplique un factor de seguridad.

- La relación entre la capacidad máxima de descarga de una trampa de vapor y la carga de condensado prevista debe ser gestionada con un margen de seguridad. Este margen de seguridad se ve afectado por:
 - Características de operación de la trampa.
 - Exactitud de la carga de condensado estimada o calculada.
 - Condiciones de presión a la entrada y salida de la trampa.
 - Si es posible determinar con precisión la carga de condensado y las condiciones de presión, el factor de seguridad puede mantenerse al mínimo, evitando así el exceso de tamaño de las trampas. Estos factores de seguridad también dependen de:

La aplicación. En algunas aplicaciones hay trabajos de calentamiento de aire en grandes cantidades, y cargas intermitentes muy superiores al régimen medio de condensación. Una pierna colectora de diámetro mayor puede solucionar, en parte, el problema, pero puede ser necesario utilizar un alto factor de seguridad.

- El tipo de trampa elegido. Las trampas termodinámicas, de flotador y termostáticas, así como las de expansión líquida, que detectan de inmediato la presencia de condensado, permiten factores de seguridad tan bajos como 1,25 a 1,0.
- En contraste, las trampas de balde invertido y de presión equilibrada, que deben esperar a que el vapor pase a través de un pequeño orificio en un balde o hasta que el condensado se enfríe, requieren un factor de seguridad más alto.

2.5.3.3. Tercera etapa: Seleccionar el tipo de trampa.

La selección del tipo adecuado de trampa para una aplicación dada es muy importante ver la Tabla 2-1., Utilice las tablas de capacidad de los fabricantes para elegir el tamaño de la trampa.

Tabla 2-1: Tabla de aplicaciones y usos de las trampas de vapor

Aplicación	Primera Alternativa	Segunda Alternativa
Serpentines de Calefacción de aire		
Baja y mediana presión	Flotador y Termostática	N.A.
Alta Presión	N.A.	Termodinámica
Intercambiadores de Calor		
Pequeños - Alta Presión	Termodinámica	Flotador y Termostática
Grandes - Baja y mediana presión	Flotador y Termostática	N.A.
Re-calentadores	Flotador y Termostática	N.A.
Recipiente con camisa de vapor		
Alta presión	Termodinámica	Flotador y Termostática
Baja presión	Flotador y Termostática	Termodinámica
Serpentines de calefacción sumergidos		
Alta presión	Termodinámica	Balde Invertido
Baja y mediana presión	Flotador y Termostática	Termostática (de presión equilibrada)
Otras Aplicaciones		
Serpentines para tanque de almacenamiento	Expansión Líquida	Termodinámica
Serpentines de tubería de vapor (Calefacción de Aire)	Termostática (de presión equilibrada)	Termodinámica
Radiadores de vapor	Termostática (de presión equilibrada)	Termodinámica
Calentadores de agua (instantáneos)	Flotador y Termostática	N.A.
Calentadores de agua (almacenamiento)	Flotador y Termostática	N.A.

Fuente: (Rivas, 2006, p. 86).

Realizado por: Tayupanda, J; Toapanta E., 2023

Excluyendo el gasto innecesario en la adquisición, las trampas de vapor que son demasiado grandes pueden crear problemas. Al elegir trampas de vapor, es crucial tener en cuenta lo siguiente: ciertos tipos de trampas, como las de cubetas invertidas y las termostáticas de presión equilibrada, pueden ofrecer una eficiencia térmica inferior. Las trampas que funcionan con descarga intermitente pueden descargar simultáneamente con otras trampas flujos extremadamente altos, produciendo contrapresiones anormales.

2.5.4. Diferencia de presiones

Diferencial Máximo es la diferencia entre la presión de la caldera, o del cabezal de vapor, o a la salida de una válvula reguladora de presión, y la presión de la línea de retorno. La trampa debe ser capaz de abrirse venciendo esta presión diferencial.

Cuando la planta está operando a toda capacidad, la presión del vapor a la entrada de la trampa puede ser menor que la presión del cabezal de vapor. La presión en el cabezal de retorno de condensado puede ser mayor que la atmosférica.

Si el Diferencial de Operación es al menos un 80% del Diferencial Máximo, es seguro usar el diferencial máximo para la selección de las trampas.

Control variable de la alimentación de vapor causa grandes cambios en la presión diferencial. La presión en la unidad siendo drenada puede bajar hasta la presión atmosférica, o aún más bajo (vacío). Esto no detiene el drenado del condensado (Torres 2020, p. 73).

2.5.5. Máxima presión permitida

La trampa debe tener la capacidad de soportar la presión máxima permitida en el sistema o la presión de diseño, aunque no necesariamente tenga que operar a esa presión de manera continua. En otras palabras, debe ser capaz de resistir esa presión máxima, incluso si no está funcionando constantemente a ese nivel. Por ejemplo, si la presión máxima de entrada es de 26 bar y la presión en la línea de retorno es de 11 bar, la presión diferencial es de 15 bar. A pesar de esto, la trampa debe ser capaz de resistir la presión máxima de 26 bar (Torres 2020, p. 73).

2.5.6. Eliminadores de aire

Los dispositivos de eliminación de aire son ampliamente empleados en la industria debido a la significativa influencia que el aire tiene en la transferencia de energía térmica. Esto se debe a

que el aire crea una resistencia al flujo del calor, lo que conduce a un aumento en el consumo energético. Su utilización resulta crucial para prevenir las considerables pérdidas que podrían ocurrir. Estos componentes disminuyen la velocidad del vapor, permitiendo que el porcentaje de líquido alcance un estado de relativa tranquilidad. Esto provoca que las burbujas de vapor asciendan y, como resultado, tanto el aire como el vapor se acumulen en la parte superior del recipiente, tal como se muestra en la ilustración (Valle 2021, p. 78).

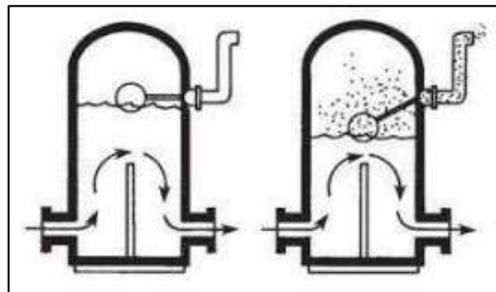


Ilustración 2-14: Eliminación de aire.

Fuente: (Valle, 2021, p. 78).

2.5.7. Golpe de ariete

El fenómeno del golpe de ariete es un evento temporal que se manifiesta en las tuberías como resultado de las fluctuaciones de velocidad del fluido, generando ondas de presión y depresión debido a la conversión de energía cinética en energía elástica y de presión. Estas oscilaciones pueden llevar a la ruptura de las tuberías debido a presiones excesivas o insuficientes, lo que a su vez provoca dificultades operativas, como se representa en la ilustración (Valle, 2021, p. 78).

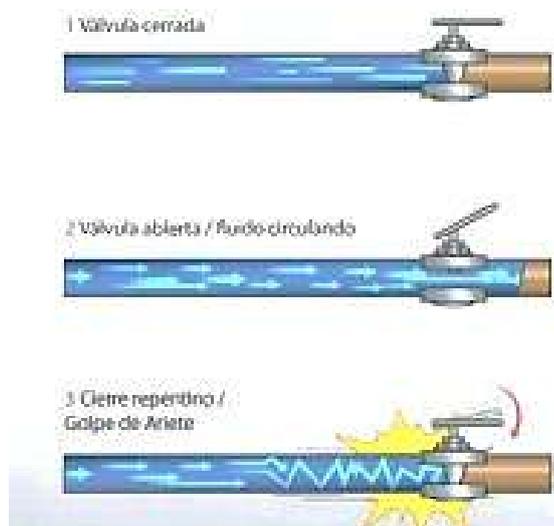


Ilustración 2-15: Golpe de ariete

Fuente: (Valle, 2021, p. 78).

2.6. Control de trampas de vapor

Las trampas de vapor que son el medio más eficiente de transferencia de calor en la industria, con más contenido de calor por unidad de volumen, mayores temperaturas disponibles para la transferencia de calor y sin necesidad de sistemas de bombeo para distribuir el vapor, por esta razón, es importante contar con componentes que faciliten el monitoreo y control de sistemas de vapor, para que el sistema, en su totalidad, siempre esté funcionando y siendo eficiente.

Con el monitoreo y control de sistemas de vapor, se puede identificar rápidamente si los purgadores están en mal estado y de ese modo ahorrar energía, optimizar su proceso y mejorar la seguridad para ello se utiliza algunos instrumentos de control tales como:

Sistemas de medición: Se componen de elementos que conforman un instrumento, con la capacidad de transformar una magnitud física en una señal

Indicadores: Incluyen una escala para mostrar al operario la correspondencia de los datos, y pueden tomar la forma de manómetros, tensiómetros, entre otros dispositivos.

2.7. Generadores de vapor

Las calderas o generadores de vapor son instalaciones industriales que emplean el calor generado por combustibles sólidos, líquidos o gaseosos para convertir líquidos en vapor. Este vapor se utiliza en diversos procesos de producción.

Estos dispositivos funcionan mediante la transferencia de calor, que se produce típicamente al quemar combustibles sólidos o gaseosos, mientras que el líquido circula dentro de un recipiente metálico. Cada caldera presenta dos zonas fundamentales:

Zona de liberación de calor o cámara de combustión: Es el sitio donde se lleva a cabo la combustión del combustible. Esta área puede encontrarse tanto dentro como fuera del recipiente metálico que contiene el líquido.

Interior: Ocurre cuando la cámara de combustión está ubicada en el interior del recipiente metálico que alberga el líquido.

Exterior: Ocurre cuando la cámara de combustión está ubicada fuera del contenedor metálico. En esta área, las paredes pueden estar parcialmente cubiertas o carecer de refrigeración por líquido.

Zona de tubos: Esta región es donde los productos de la combustión, como gases o humos, ceden calor al líquido, principalmente a través de la convección (Campoverde, 2022, p. 168).

2.7.1. Clasificación de los generadores de vapor

Los generadores de vapor pueden categorizarse de diversas maneras según su presión operativa, la cantidad de vapor que producen, el tipo de combustible que utilizan y el flujo de fluidos dentro de los tubos de la caldera. Sin embargo, en términos generales, se pueden clasificar en los siguientes tipos.

- Acuotubulares.
- Pirotubulares

2.7.1.1. Acuotubulares

Estos son sistemas en los que el fluido se desplaza por tubos mientras se calienta. Aunque son altamente eficientes, su costo es significativamente alto. Requieren un suministro de líquido altamente puro, pero ofrecen la ventaja de poder iniciarse rápidamente. Operan a altas presiones y temperaturas y tienen una capacidad considerable para producir vapor. Además, pueden incorporar otros dispositivos de intercambio de calor como sobrecalentadores, recalentadores, economizadores, entre otros.

Los gases calientes producidos en la cámara de combustión fluyen a través de la tubería de la caldera, constituyendo la parte de convección de la caldera. Por último, los gases se liberan a la atmósfera mediante la chimenea (López y Salazar, 2019, p. 111).

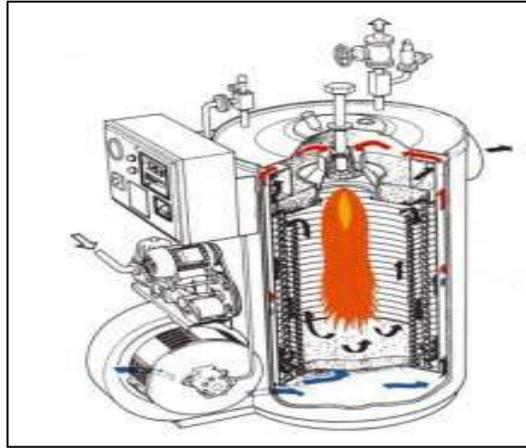


Ilustración 2-16: Caldera Acuotubular

Fuente: (López y Salazar, 2019, p. 111).

2.7.1.2. Piro tubulares

Dentro de este grupo de calderas, el líquido se aloja en un recipiente y se hace fluir a través de conductos por los cuales circulan gases a elevadas temperaturas generados por el proceso de combustión correspondiente. El calor de los gases de combustión provoca la evaporación del líquido al entrar en contacto con los conductos calientes.

Estas calderas tienen un diseño muy sencillo y no requieren un elevado grado de pureza en el líquido de entrada. A pesar de ser económicas, son de gran tamaño y peso, y necesitan más tiempo para ponerse en funcionamiento en comparación con las calderas acuotubulares. Sin embargo, es importante señalar que no se pueden utilizar con altas presiones (López y Salazar, 2019, p. 111).



Ilustración 2-17: Caldera piro tubular

Fuente: (López y Salazar, 2019, p. 111).

2.7.1.3. Aplicaciones

Debido a la diversidad de usos del vapor, las calderas son ampliamente empleadas en la industria. Algunas de sus aplicaciones incluyen las siguientes:

En esterilización; Es frecuente hallarlos en entornos hospitalarios, donde se emplea vapor para esterilizar instrumentos médicos. Además, se utilizan en comedores industriales para generar vapor, que es útil para esterilizar cubiertos, así como para preparar alimentos en marmitas.

Para calentar otros fluidos; Por ejemplo, en la industria del petróleo, se emplea vapor para calentar petróleos pesados y mejorar su fluidez. En la generación de electricidad, las calderas son elementos esenciales en las centrales termoeléctricas, donde el uso de vapor desempeña un papel crucial.

2.7.1.4. Eficiencia de una caldera.

En la actualidad el rendimiento de una caldera oscila entre 0.5 y 0.92, dependiendo del sistema utilizado, el combustible y el diseño propio del equipo en donde las pérdidas más grandes son las generadas por los gases de combustión; estos rendimientos solo se pueden mejorar si se utilizan equipos de recuperación de calor que puedan ingresar nuevamente calor al sistema como los economizadores, que son equipos auxiliares a las calderas; el rendimiento máximo de la caldera se determina cuando la caldera trabaja a su régimen máximo, en caso contrario el rendimiento de la caldera será inferior al rendimiento máximo (Barrera et al., 2018, p. 2).

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE TRAMPAS DE VAPOR

3.1. Recopilación de la información

Para llevar a cabo el diseño y la construcción del banco de pruebas, es esencial recopilar toda la información necesaria para contar con los recursos adecuados para el desarrollo del proyecto técnico. En este contexto, se hace necesario utilizar la normativa ASME B31.1, ya que esta norma aborda aspectos cruciales como el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de sistemas de tuberías de vapor. Además, proporciona pautas detalladas para la selección de materiales, el diseño de tuberías, la instalación, la inspección y las pruebas. Estas directrices serán el punto de partida para el diseño y la construcción del banco de pruebas, asegurando así un funcionamiento adecuado del sistema.

El desarrollo del banco de pruebas se sustenta en cuatro aspectos fundamentales, que se describen a continuación.

3.1.1. Estudio y recursos necesarios para el banco de pruebas

Para el desarrollo del banco de pruebas es necesario utilizar varios elementos como son: Suministro de vapor, Trampas de vapor, Manifold, Tuberías, serpentín, accesorios y aislamiento.

3.1.2. Diseño del banco de pruebas mediante software de diseño

El software *SolidWorks* se emplea para el diseño del banco de pruebas de trampas de vapor, lo cual facilita la visualización de su construcción.

3.1.3. Cálculo y selección de elementos del banco de pruebas

Se deben tomar en cuenta los cálculos necesarios que ayuden a la selección de tubería y accesorios para el correcto funcionamiento del banco de pruebas, que están conformados por los siguientes elementos:

Tuberías: Para la distribución del vapor es muy importante la selección de tubería que transportar el vapor a altas temperaturas y presiones, por lo que se debe tener en cuenta los siguientes parámetros: El diámetro de la tubería, la cédula, el material, entre otros.

Trampas de vapor: Las trampas de vapor a utilizar en el banco de pruebas son, mecánicas, termostáticas y termodinámicas. Por lo que es necesario seguir varios criterios para la selección de trampas de vapor como: los estándares de presión y temperatura, capacidad de descarga y el tipo de trampa. Estos criterios ayudan a prevenir las pérdidas de vapor eliminando el condensado acumulado y garantizando que solo el vapor seco se transmita a través de la tubería.

Serpentín: Es necesario instalar un serpentín en el banco de pruebas, que permita controlar la temperatura del vapor que circula por la tubería. Para la generación de condensado en las trampas de vapor mecánicas, antes de comenzar el enrollado, es necesario tener un diseño claro del serpentín. Esto debe incluir el diámetro exterior e interior y la longitud total para poder lograr el condensado necesario para el funcionamiento de las trampas de vapor.

Válvula de compuerta: Es muy importante la instalación de la válvula de compuerta en el sistema de trampas de vapor, esté se utiliza para abrir o cerrar completamente el paso del vapor que circula por el sistema y así poder utilizar las distintas líneas de vapor de forma separada una a la vez.

Codos: Se requiere utilizar codos que permita cambiar la dirección del vapor de la tubería, a su vez pueden ayudar a minimizar las pérdidas de presión, Es importante seleccionar el tipo adecuado de codo para una aplicación específica considerando factores como el diámetro de la tubería, la presión de trabajo, la temperatura y las propiedades de vapor.

Tee: La tee se utiliza para realizar la conexión entre las tuberías y así distribuir y redirigir el flujo de vapor en diferentes direcciones. La "T" tiene tres salidas, una línea recta que viene directamente del serpentín y dos en ángulo recto que va a ayudar para la conexión de las dos trampas de vapor mecánicas.

Universales: Se va a instalar universales de 1/2" en el sistema para proporcionar /conexiones seguras y desmontables entre los diferentes componentes del sistema de vapor como son las trampas de vapor, esto resulta especialmente útil para realizar mantenimiento o reemplazo de equipos de manera rápido y eficiente

Manómetro: Se va a utilizar un manómetro que permita medir la presión de 0- 150.psi de vapor al ingreso del sistema.

3.1.4. Construcción del banco de pruebas

Después de analizar estos puntos, se llevará a cabo la instalación y el ensamblaje del banco de pruebas diseñado, lo que implica su construcción física.

3.2. Estudio y recursos necesarios para el banco de pruebas

3.2.1. Red de vapor

Para el desarrollo del banco de pruebas de trampas de vapor es importante la red de vapor el mismo que se obtendrá de la caldera pirotubular en el Laboratorio de Generación de Vapor de la Facultad de Mecánica, que cuenta con las especificaciones técnicas y necesarias. La caldera proporciona vapor de buena calidad como se puede observar en la Ilustración 3-1.



Ilustración 3-1: Caldera pirotubular

Realizado por: Tayupanda, J; Toapanta, E;2023

Tabla 3-1: Ficha técnica de la caldera

FICHA TÉCNICA DEL CALDERO			
Código de diseño	ASNE SEC 1	Número de serie	20738
Capacidad en bruto	81 FT ³	Constructor	IAA
Producto para almacenar	Agua	Material del cuerpo	SA_516_70
Presión de diseño	150 psi	Material de cabezas	SA_516_70
Temperatura de diseño	700 f	Espesor Nom. del cuerpo	¼"
Presión de prueba	225 psi 70 f	Espesor Nom. del cuerpo	¼"
Corrosión admisible	0 in	Fecha de fabricación	2013
Peso del recipiente vacío	1400 lb	Propietario	ESPOCH

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.2.2. *Manifold para la distribución y recolector del condensado*

El *manifold* es un elemento muy importante para el sistema de vapor, el mismo que se lo utiliza para la distribución y recolección de vapor. Éste ayuda a recibir el vapor a una presión de diseño de 150 psi y así poder distribuir a las distintas líneas de distribución.



Ilustración 3-2: *Manifold* de distribución

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Así mismo, es necesario utilizar un *manifold* colector de vapor el mismo que servirá para drenar el condensado que generen las trampas de vapor.



Ilustración 3-3: *Manifold* de distribución

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.3. **Diseño asistido por computadora del banco de pruebas**

Para realizar el diseño del banco de pruebas de trampas de vapor se ha utilizado un software de diseño asistido por computadora por lo que es necesario recopilar la información necesaria de los diferentes materiales a utilizar y tener una idea clara para realizar el diseño.

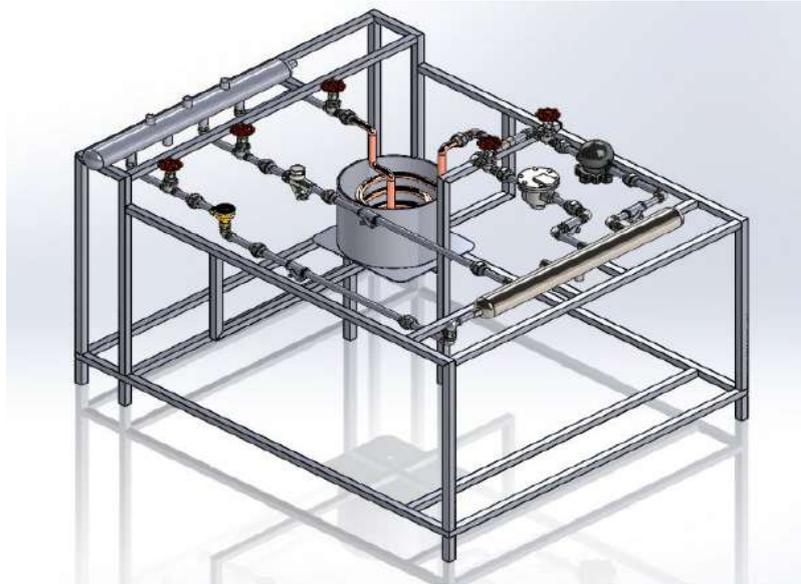


Ilustración 3-4: Diseño del banco de pruebas de trampas de vapor
Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.3.1. Normas para tuberías y accesorios

- Las regulaciones internacionales que establecen los criterios para el dimensionamiento de tuberías, así como de sus accesorios y materiales, comprenden las siguientes normativas.
- ASTM: Sociedad Americana de Ensayo de Materiales.
- ASA: Asociación Americana de Normas.
- ASME: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.
- AWWA: Asociación Americana de Obras Hidráulicas.

3.3.2. Cálculo y selección de tubería

El diseño de tubería se lo realiza siguiendo el método de la velocidad de vapor, es un diseño aplicado en tramos cortos, las velocidades recomendadas del vapor son las siguientes

Tabla 3-2: Velocidad del vapor

Tipo de vapor	Velocidad del vapor
Vapor saturado	20 a 30 [m/s]
Vapor recalentado	30 a 40 [m/s]

Fuente: (Martinez, 2019)

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Para segmentos de tubería de longitud reducida, se aconseja mantener una velocidad del vapor de 15 m/s para prevenir pérdidas de carga. Para calcular el diámetro de la tubería, se utiliza la ecuación de continuidad:

$$\text{Ecuación} \qquad m = \rho AV \qquad (3.1)$$

Donde:

m: Flujo másico del vapor

ρ : Densidad

V: Velocidad del vapor

A: área

Para el cálculo de la tubería de vapor del banco de pruebas de trampas de vapor se toman en cuenta los siguientes datos

3.3.2.1. Flujo másico

Se utiliza un flujo de vapor de:

$$m = 15 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] = 0.00417 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$m = 0.00417 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

- La presión de trabajo del caldero es de 45[psi]
- La presión [atm]: 10.55[psi] (presión atmosférica en Riobamba)

La presión absoluta de trabajo será entonces:

$$\text{Ecuación} \qquad P_{\text{trabajo}} = P_m + P_m \qquad (3.2)$$

$$P_{\text{trabajo}} = P_m + P_m$$

$$P_{\text{trabajo}} = 45 + 10,55$$

$$P_{\text{trabajo}} = 55,55[\text{psi}]$$

Donde:

Ecuación $P_{\text{trabajo}} = \text{Presión de trabajo absoluta}$ (3.3)

$P_{\text{trabajo}} = \text{Presión de trabajo absoluta}$

$P_m = \text{Presión manométrica}$

3.3.2.2. Volumen específico del vapor

Con $P_{\text{trabajo}} = 55,55[\text{psi}]$, en las tablas de vapor se determina el volumen específico

$$V = 7,7149 \left[\frac{\text{ft}^3}{\text{lb}} \right] = 0,4817 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

Se tiene el valor del volumen específico del vapor, éste se reemplaza en la siguiente ecuación para encontrar la densidad

Ecuación $\rho = \frac{1}{V}$ (3.4)

$$\rho = \frac{1}{V}$$

$$\rho = \frac{1}{0,4817}$$

$$\rho = 2,076 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

Para encontrar el área del ducto de 1/4" que es la medida más pequeña de las tuberías cuyo diámetro tiene un valor de 0,00635 m, se utiliza la fórmula de área

Ecuación $A = \pi \frac{D^2}{4}$ (3.5)

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

$$A = \pi \frac{(0,00635)^2}{4}$$

$$A = 3,1669217E-05$$

Para un ducto de 1/4" de cédula 40, se calcula la velocidad del vapor despejando de la ecuación (3.1)

Ecuación

$$m = \rho AV$$

Despejando la velocidad queda:

Ecuación

$$V = \frac{m}{\rho x A} \quad (3.6)$$

Se reemplaza con los valores obtenidos en la ecuación (3.6)

$$V = \frac{0,00417}{2,076 \times 3,1669217 \times 10^{-5}}$$
$$V = 63,4205 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Con una hoja de cálculo en el software (Excel), se obtiene diferentes velocidades para distintos ductos de cédula 40

Tabla 3-3: Cálculo de velocidades para diferentes ductos de cédula 40.

Flujo Vapor	15					
Presión	55,55					
Díámetro nominal	Flujo vapor	Volumen específico	Densidad	Díámetro	Área	Velocidad
cédula 40	(kg/s)	(m ³ /kg)	(kg/m ³)	(m)	(m ²)	(m/s)
¼	0,00417	0,4817	2,075981	0,00635	3,17E-05	63,427027
⅜	0,00417	0,4817	2,075981	0,00953	7,13E-05	28,160217
½	0,00417	0,4817	2,075981	0,0127	1,27E-04	15,856757
¾	0,00417	0,4817	2,075981	0,0191	2,87E-04	7,0105981
1	0,00417	0,4817	2,075981	0,0254	5,07E-04	3,9641892

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Para evitar pérdidas de carga, y por ser comercial, se selecciona un ducto de 1/2 con una velocidad de flujo igual a 15,856[m/s]

3.3.2.3. Selección de tubería

Una vez tomado en cuenta el diámetro de tubería para las líneas de distribución del vapor se toma en cuenta algunos criterios para la selección de tubería como la máxima presión que circula en la red de vapor del banco de pruebas y a su vez que la tubería soporte una presión

máxima de 150 psi que produce la caldera para ello se selecciona tuberías en base a las normas de calidad AISI 316 y norma ASTM 312 para tubería de acero inoxidable.

Para el banco de pruebas se selecciona tubería sin costura cédula 40 cuyas especificaciones vienen dadas por la norma ASTM 312 que son tubos para servicios de altas temperaturas y presiones cuyas propiedades se puede observar en la Tabla 3-5, con estas características se selecciona el diámetro de 1/2" de acuerdo con las entradas del *manifold* de distribución.

Tabla 3-4: Tabla de propiedades mecánicas de la tubería sin costura cédula 40.

Propiedades mecánicas				
Resistencia mecánicas		Punto de fluencia		Elongación % Min
kg/mm2	psi	kg/mm2	Psi	
42.2	6000	24.6	3500	30 – 35

Fuente:(RECOPE, 2019, p.33)

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Tabla 3-5: Dimensiones y características de tubería de cédula 40

Diámetro exterior (mm)	Diámetro en pulgadas	DN	CÉDULA 10 S		CÉDULA 40 S	
			Mm	mate	Mm	Mate
13,70	1/4"	8	1,65	72602190	2,24	72602155
17,15	3/8"	10	1,65	72602215	2,00	72602220
21,34	1/2"	15	2,11	72602265	2,77	72602290
26,67	3/4"	20	2,11		2,87	72602350
33,40	1"	25	2,77	72602385	3,38	72602405

Fuente:(RECOPE, 2019, p.45)

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.4. Accesorios de tubería

Para el banco de pruebas de trampas de vapor se hace presentes los siguientes elementos como:

3.4.1. Codos

Es necesario de un codo para tener un cambio de dirección de las líneas de vapor y así el sistema de trampeo cumpla su funcionamiento correcto, para ello se requiere codos de material inoxidable ASTM A351 con roscado NPT que soporten una presión máxima de 150 psi., cuyas propiedades se puede observar en la Tabla 3-7, con estas características se selecciona los codos de las líneas de vapor del banco de pruebas

Tabla 3-6: Tabla de características de codos de 90°.

Codo de 90° roscable	Características	
	Material	Acero inoxidable ASTM A351
	Tamaño	1/2"
	Presión	150 -300 Psi
	Normas de diseño	Roscado NPT ANSI B1.20.1

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Tabla 3-7: Selección de codo de acuerdo con el tamaño de la tubería

Medida	d1	d2	d3	C	E	G	H	I	Peso(kg)
1/8"	1/8"	0,63	0,53	0,24	0,67	0,14	0,24	0,08	0,06
1/4"	1/4"	0,75	0,61	0,37	0,77	0,16	0,24	0,08	0,05
3/8"	3/8"	0,89	0,77	0,38	0,94	0,16	0,31	0,10	0,09
1/2"	1/2"	1,10	1,02	0,39	1,14	0,12	0,30	0,08	0,16
3/4"	3/4"	1,34	1,241	0,41	1,26	0,12	0,35	0,08	0,25
1"	1"	1,69	1,61	0,55	1,46	0,16	0,39	0,10	0,42

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Para todas las líneas del banco de pruebas se utilizó 9 codos de 90° roscados de acuerdo el diseño elaborado.

3.4.2. Tee

Se utiliza la tee para hacer varias derivaciones de la línea de vapor que requería un mayor condensado como las trampas de vapor mecánicas y así que cumpla su funcionamiento correcto para ello se requiere que sea de un material resistente con propiedades de la Tabla 3-8: con estas características se seleccionó la tee para las líneas de vapor del banco de pruebas

Tabla 3-8: Tabla de características de tee clase 150

Tee Clase 150	Características	
	Material	Acero inoxidable ASTM A351 CF8(304)
	Tamaño	1/2"
	Presión	150 -300 psi
	Normas de diseño	Roscado NPT ANSI B1.20.1

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Tabla 3-9: Selección de tee de acuerdo con el tamaño de tubería

Medida	d1	d2	d3	C	E	G	H	I	Peso(kg)
1/8"	1/8"	0,63	0,53	0,24	0,67	0,14	0,24	0,08	0,09
1/4"	1/4"	0,75	0,61	0,37	0,77	0,16	0,24	0,08	0,06
3/8"	3/8"	0,89	0,77	0,38	0,94	0,16	0,31	0,10	0,12
1/2"	1/2"	1,10	1,02	0,39	1,14	0,12	0,30	0,08	0,24
3/4"	3/4"	1,34	1,241	0,39	1,28	0,12	0,35	0,08	0,34
1"	1"	1,69	1,57	0,51	1,46	0,16	0,39	0,10	0,56

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Para la línea de mayor condensado se utiliza una tee para que distribuya condensado para las trampas de vapor mecánicas

3.4.3. Unión universal

Para el diseño del banco de las trampas de vapor se utiliza uniones universales de 1/2" ya que permite un montaje y desmontaje rápido, eficaz y sencillo a su vez se puede realizar reparaciones o mantenimiento de las trampas de vapor del banco de pruebas. Las conexiones universales se encuentran en la tubería, donde una de ellas está conectada a la tubería y la otra a la trampa de vapor. Las características de estas conexiones se detallan en la Tabla 3-11.

Tabla 3-10: Tabla de características de unión universal NPT

Unión universal	Características	
	Material	Acero inoxidable A182 F304
	Tamaño	1/2"
	Presión	300 psi
	Normas de diseño	Roscado NPT ANSI B1.20.1

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Tabla 3-11: Selección de las uniones universales de acuerdo con el tamaño de tubería

Medida		Final de tubo Min. A	Pared Min C	Diámetro Paso D	Brida mancho Min F	Tuerca Min G	Roscado Por 25,4 Max H	Sopor te Min J	Lago de montaje Nom. L	Limpieza Tuerca Montaje N
pulg	mm									
1/4"	8	19,0	3,02	9,45	3,18	3,18	16	1,24	41,4	50,8
3/8"	10	22,9	3,20	14,27	3,43	3,43	14	1,37	46,0	55,9
1/2"	15	27,7	3,73	17,86	3,68	3,68	14	1,50	49,0	58,4

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Se utiliza 12 uniones universales para todas las líneas de vapor para el montaje y desmontaje de acuerdo con el diseño elaborado

3.4.4. Niple hexagonal

Se utilizan niples hexagonales de 1/2" ya que permite conectar dos tuberías de igual o distinto diámetro y a su vez a distintos accesorios del banco de pruebas de trampas de vapor cuyas propiedades se puede observar en la Tabla 3-13, con estas características se selecciona niples hexagonales.

Tabla 3-12: Tabla de características de niple hexagonal clase 150

Niple hexagonal	Características	
	Material	Acero inoxidable ASTM A351
	Tamaño	1/2"
	Presión	150-300 psi
	Normas de diseño	Roscado NPT ANSI B1.20.1

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Tabla 3-13: Dimensiones del niple hexagonal

Medida		Dimensiones(mm)	Peso
plg	mm	A	kg
1/8"	3	30	0,01
1/4"	6	30	0,02
3/8"	10	30	0,04
1/2"	15	35	0,07
3/4"	20	41	0,08

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Se utiliza 15 niples para todas las líneas de vapor, así como también para conectar algunos accesorios de acuerdo con el diseño elaborado

3.4.5. Niple barril

Se utiliza niples de ½ pulgada tipo barril ya que permite acoplar dos extremos de tubería de distinto diámetro a sus respectivos accesorios de acuerdo con el diseño realizado, para cada línea de vapor del banco de pruebas de trampas de vapor se utilizó niples de distintas longitudes cuyas propiedades se puede observar en la Tabla 3-14.

Tabla 3-14: Tabla de características de niple barril

Niple barril		Características	
Dimensiones		Tipo	Niple barril
10 cm	15 cm	Material	Acero inoxidable 304
		Tamaño	1/2"
		Cédula	SCH 40
		Norma	ASTM 312
		Extremos	Roscable NPT ASME/ANSI B1.20.1

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Tabla 3-15: Dimensiones del niple

Diámetro nominal	Diámetro exterior	SCH-40S	SCH-80S
		Espesor de la pared nominal	Espesor de la pared nominal
Tamaño de tubería	Mm	mm	mm
1/4"	13,7	2,24	3,02
3/8"	17,1	2,31	3,20
1/2"	21,3	2,77	3,73
3/4"	26,7	2,87	3,91
1"	33,4	3,38	4,55

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Se utiliza niples de distintos diámetros para todas las líneas de vapor, así como también para conectar algunos accesorios, los niples utilizados se detallan en la tabla 3-16 de acuerdo con su diámetro.

Tabla 3-16: Tabla de niples requeridos para el banco de pruebas

Niples			
Tamaño de tubería (plg)	Material de la tubería	Longitud de tubería (cm)	Número de tubería requerida
1/2	Acero inoxidable 304	10	7
1/2	Acero inoxidable 304	15	4
1/2	Acero inoxidable 304	28	1
1/2	Acero inoxidable 304	8	8
1/2	Acero inoxidable 304	5	1
1/2	Acero inoxidable 304	60	2

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.4.6. Válvula de compuerta

Para las líneas de vapor se utiliza válvulas de compuerta de 1/2" pulgada ya que permite detener o reanudar la entrada de vapor que suministra la caldera así mismo para poder controlar la entrada y salida de vapor del *manifold* a cada línea de vapor que tiene su trampa de vapor para su respectivo funcionamiento, las características de las válvulas de compuerta se pueden observar en la Tabla 3-17.

Tabla 3-17: Tabla de características de la válvula de compuerta

Válvula de compuerta	Características	
	Material	Acero inoxidable ASTM A351 CF8(304)
	Tamaño	1/2"
	Presión	200-300 psi
	Normas de diseño	Roscado NPT ANSI B1.20.1

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Tabla 3-18: Dimensiones de la válvula de compuerta

Dimensiones (mm)						
Tamaño de tubería	P	L	H (Open)	D	CV Factor	Peso (kg)
1/2"	12	66,0	95	70,0	19	0,42
3/4"	15	68,5	99	70,0	37	0,46
1"	20	78,3	102	76,5	64	0,62
2"	40	110,5	1155	121,0	360	2,10

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Se utiliza 6 válvulas de compuerta tanto para el suministro de vapor al *manifold* de distribución como para las líneas de vapor del banco de pruebas.

3.4.7. Válvula check

Se utilizarán válvulas *check* de 1/2" pulgada para cada línea de vapor ya que permite fluir el vapor en una sola dirección así para evitar el flujo en dirección opuesta, evitando fallas en su funcionamiento de las líneas de vapor del banco de pruebas de trampas de vapor.

Las características de las válvulas *check* se pueden observar en la Tabla 3-19.

Tabla 3-19: Tabla de características de la válvula *check*.

Válvula <i>Check</i>	Características	
	Material	Acero inoxidable ASTM A351 CF8(304)
	Tamaño	1/2"
	Presión	150-300 psi
	Normas de diseño	Roscado NPT ANSI B1.20.1

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Tabla 3-20: Dimensiones de la válvula *check*

Dimensiones(mm)						
Tamaño de tubería	P	L	H (Open)	D	CV Factor	Peso (kg)
1/2"	12	66,0	95	70,0	19	0,42
3/4"	15	68,5	99	70,0	37	0,46
1"	20	78,3	102	76,5	64	0,62
2"	40	110,5	1155	121,0	360	2,10

Fuente: (FIORELLA, 2023).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Se utiliza 4 válvulas *check* para cada línea de vapor de salida para evitar que el flujo del vapor retorne

3.4.8. *Serpentín*

Para diseñar y fabricar el serpentín responsable de condensar el vapor para el funcionamiento de las trampas de vapor mecánicas, se eligió utilizar un tubo de cobre flexible de 1/2" como modelo. El sistema existente que utiliza tubería de acero inoxidable de 1/2". Las características de este material se presentan a continuación:

Tubería de cobre de 1/2":

$$D_i = 13.39 \text{ mm (0.01339m)}$$

$$D_o = 15.88 \text{ mm (0.01588m)}$$

$$K_{cv} = 385 \frac{w}{m^{\circ}C}$$

Primero procedemos a calcular el flujo masico que es un dato importante para calcular el Q_{vapor} .

Datos obtenidos del caldero:

$$\rho_{H_2O} = 997 \frac{kg}{m^3}$$

masa: 0.98038 kg

tiempo: 2.07 min (124.2 s)

T= 138.68 °C

Ecuación

$$m' = \frac{m}{t} \quad (3.7)$$

$$m' = \frac{m}{t}$$

$$m' = \frac{0.98038 \text{ kg}}{124.2 \text{ s}}$$

$$m' = 7.8933 \times 10^{-3} \frac{kg}{s}$$

Para realizar el cálculo de diseño del serpentín es necesario conocer los siguientes datos que se encuentran a continuación:

$$h_{\infty i} = 10000 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$h_{\infty o} = 3000 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Datos:

$$P_g = 40 \text{ psig}$$

$$P_R = 10.5 \text{ psia}$$

$$P_r = 50.5 \text{ psia}$$

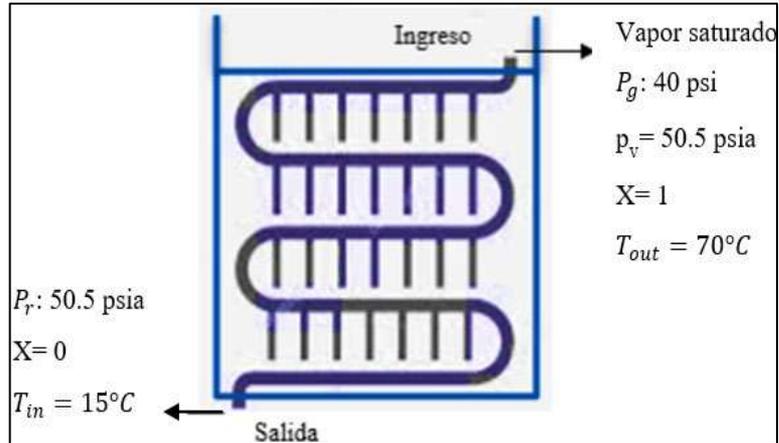


Ilustración 3-5: Datos del serpentín

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Se procede a calcular el coeficiente global de transferencia de calor mediante la siguiente fórmula:

Ecuación

$$\frac{1}{v_o} = \frac{1}{h_{xi} \left(\frac{D_i}{D_o}\right)} + \frac{D_o \cdot \ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{2 \cdot K} + \frac{1}{h_{xo}} \quad (3.8)$$

$$\frac{1}{v_o} = \frac{1}{h_{xi} \left(\frac{D_i}{D_o}\right)} + \frac{D_o \cdot \ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{2 \cdot K} + \frac{1}{h_{xo}}$$

$$\frac{1}{v_o} = \frac{1}{\left(1000 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right) \cdot \left(\frac{0.01339m}{0.01588m}\right)} + \frac{0.01588m \cdot \ln\left(\frac{0.01588m}{0.01339m}\right)}{2 \cdot 385 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{1}{3000 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}}$$

$$v_o = 2196.14 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Para evaluar la temperatura a una propiedad específica, se calcula mediante la temperatura media logarítmica se expresa de la siguiente manera:

Ecuación

$$LMTB = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (3.9)$$

ΔT_1 = se refiere a la diferencia de temperatura entre los dos fluidos en los dos extremos (entrada y salida).

ΔT_2 = se refiere a la diferencia de temperatura entre los dos fluidos en los dos extremos (entrada y salida)

Temperatura de vapor a $P_r = 50.5$ psia entra 138.68 °C y sale 138.68 °C

Ecuación
$$LMTB = \frac{T - T_{in} - (T - T_{out})}{\ln\left(\frac{T - T_{in}}{T - T_{out}}\right)} \quad (3.10)$$

$$LMTB = \frac{(138.68^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) - (138.68^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C})}{\ln\left(\frac{138.68^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}}{138.68^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C}}\right)}$$

$$LMTB = 93.49^\circ\text{C}$$

A continuación, se calcula el Q_{vapor} utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación
$$Q_{vapor} = \dot{m}(h_i + h_{out}) \quad (3.11)$$

$$Q_{vapor} = 7.8933 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}} (2731.7 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} + 583.55 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}})$$

$$Q_{vapor} = 32.7948 \text{ Kw}$$

$$Q_{vapor} = 32794.8055 \text{ w}$$

Se calcula el área de transferencia del serpentín mediante la siguiente formula

Ecuación
$$A_o = \frac{Q}{U * LMTD} \quad (3.12)$$

$$A_o = \frac{32794.8055 \text{ w}}{2196.14 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} * 93.49^\circ\text{C}}$$

$$A_o = 0.15 \text{ m}^2$$

La longitud del serpentín se calcula utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación
$$A_o = \pi * D * L \quad (3.13)$$

$$L = \frac{A_o}{\pi * D}$$

$$L = \frac{0.15 \text{ m}^2}{\pi * 0.01588 \text{ m}}$$

$$L = 3.006 \text{ m}$$

3.4.9. Manómetro

Para medir la presión del sistema de trampas de vapor se utiliza un manómetro de glicerina que muestra su presión en sistema de unidades de libra por pulgada cuadrada de 0 a 150 psi. Su dial y aguja permiten una lectura precisa de la presión, y su carcasa protege los componentes internos de daño, cuyas características se puede observar en la Tabla 3-21.

Tabla 3-21: Características del manómetro

Manómetro	Características	
	Material	Acero inoxidable AISI 304
	Tamaño	Diámetro de 63
	Conexión	Radial inferior, rosca macho NTP 1/4"
	Graduaciones	0 a 10 bar o de 0 a 150 psi

Fuente: (GENEBRE, 2020, p. 1).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.4.10. Trampa de vapor termostática

Para el diseño del banco de las trampas de vapor se utilizó trampas de vapor termostáticas de ½ pulgada, el mismo ayuda a controlar el flujo de condensado y aire al sistema, permitiendo que el vapor circule de manera eficiente y evitando la pérdida de vapor. El beneficio de utilizar esta trampa ayuda al ahorro de energía al evitar fugas de vapor, la reducción del riesgo de daños a los equipos y tuberías, cuyas características se puede observar en la Tabla 3-22.

Tabla 3-22: Características de la trampa de vapor termostática.

Trampa de vapor termostática	Características	
	Material	TH13A-Latón
	Tamaño	1/2"
	PMO	16 bar
	TMA	260 °C
	PMA	16 bar
	TMO	200 °C

Fuente: (ADCA, 2021, p. 1).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.4.11. Trampa de vapor termodinámica

Para el diseño del banco de las trampas de vapor se utilizó trampas de vapor termostáticas de ½ pulgada, El mismo que ayuda a eliminar el condensado y prevenir la pérdida de vapor, el vapor fluye libremente mientras retienen y drenan eficientemente el condensado generado en el sistema.

La trampa termodinámica seleccionada para el sistema cuyas características se puede observar en la Tabla 3-23.

Tabla 3-23: Características de la trampa de vapor termodinámica.

Trampa de vapor termodinámica	Características	
	Material	ASTM / A216 / WCB
	Tamaño	1/2"
	PMO	PN16
	TMA	350 °C
	PMA	PN42
	Norma de diseño	Extremos roscados según ISO 7-1 (EN 10226-1).

Fuente: (VYC, 2020, p. 1).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.4.12. Trampa de vapor mecánica de valde invertido

Para el diseño del banco de las trampas de vapor se utiliza trampas de vapor termostáticas de ½ pulgada, Esta trampa de vapor consta de una carcasa o cuerpo principal que contiene una cubeta invertida y un mecanismo de cierre. La trampa de vapor seleccionada para este sistema cuyas características se puede observar en la siguiente Tabla 3-24.

Tabla 3-24: Características de la trampa de vapor mecánica de valde invertido.

Trampa de vapor mecánica de valde invertido	Características	
	Material	Fondo gris. (EN-5.1301)
	Tamaño	1/2"
	PMO	PN16
	TMA	220 °C
	PMA	16 bar
	Norma de diseño	Estanqueidad, según EN 12266-1.

Fuente: (VYC, 2020, p. 1).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.4.13. Trampa de vapor mecánica tipo boya

Para el diseño del banco de las trampas de vapor se utiliza trampas de vapor termostáticas de ½ pulgada, utilizado en este sistema de vapor ayuda a eliminar el condensado de las líneas de vapor sin permitir que el vapor escape. Funciona de manera similar a una válvula de purga automática. La trampa de vapor seleccionada para este sistema cuyas características se puede observar en la siguiente Tabla 3-25.

Tabla 3-25: Características de la trampa de vapor mecánica tipo boya.

Trampa de vapor mecánica tipo boya	Características	
	Material	Acero al Carbono 1.0619 (WCB)
	Tamaño	1/2"
	PMO	PN16
	TMA	250 °C a 12 bar
	PMA	16 bar a 120 °C
	Norma de diseño	Extremos roscados según ASME B1.20.1 (NPT).

Fuente: (GENEBRE, 2021, p. 1).

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.4.14. Estructura del banco de pruebas

Una vez realizado el modelado en 3D, se define cada uno de los elementos del banco de pruebas de trampas de vapor que permita su funcionalidad y facilidad en el acceso a los diferentes componentes instalados del mismo, para el montaje.

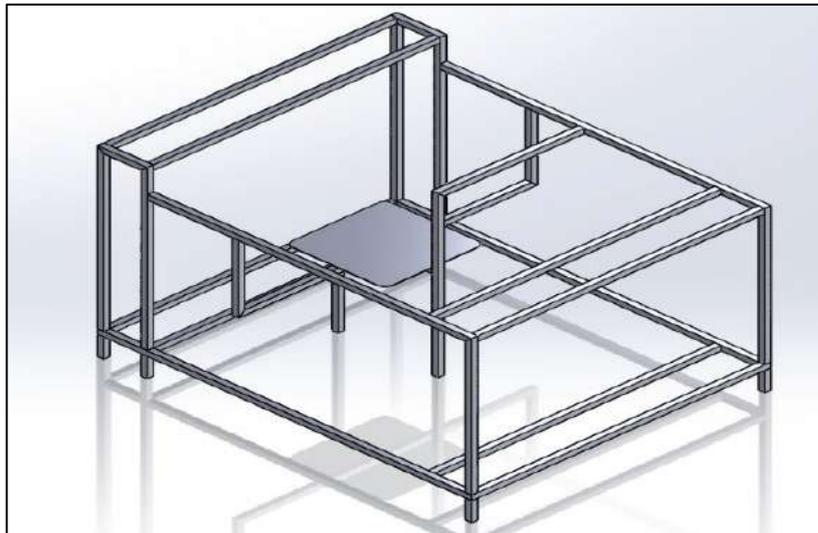


Ilustración 3- 6: Diseño modelado en 3D de la estructura de la mesa

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Tabla 3-26: Características y dimensiones de los ángulos y estructura.

Estructura banco de pruebas		
Perfil	Longitud(m)	Números de perfiles requeridos
Tubo estructural cuadrado (1/2"x3/4"x3m)	1	1
Angulo estructural (1/4" x 1/2"x 6m)	4	4

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.5. Construcción del banco de pruebas

3.5.1. Ensamblar los distintos componentes en el banco de pruebas.

Para ensamblar el banco de pruebas de trampas de vapor es necesario contar con todos los materiales a utilizar, herramientas necesarias (juegos de llaves, cinta teflón, llave inglesa, etc.) Asegurarse que todas las conexiones estén libres de suciedad, oxido o grasa si es necesario utilizar desengrasante para limpiar la superficie. Para ello se ha realizado los siguientes pasos para ensamblar el banco de pruebas de trampas de vapor:

3.5.2. Revisión de documentación

Leer detenidamente las instrucciones y normativas proporcionadas por el fabricante de las trampas de vapor a utilizar en el banco de pruebas, asegurándose de comprender todos los requisitos y pasos necesarios antes de comenzar la instalación

3.5.3. Selección de ubicación

El banco de pruebas de trampas de vapor se va a instalar en el Laboratorio de Generación de Vapor de la Facultad de Mecánica



Ilustración 3-7: Laboratorio de Generación de Vapor

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.5.4. Aplicar cinta teflón

Se aplica la cinta teflón en la rosca macho de las conexiones de los diferentes accesorios y trampas de vapor a utilizar en este sistema, esto ayudará a sellar las conexiones y prevenir fugas de vapor, evitando así las pérdidas de energía, ineficiencia del sistema, daño de equipos etc.



Ilustración 3-8: Aplicación de cinta de teflón en los elementos

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.5.5. Conexión de tuberías

Al conectar las tuberías en las entradas y salidas de los diferentes accesorios, es esencial seguir las recomendaciones del fabricante al ajustar las conexiones y los componentes de la trampa de vapor. Es importante evitar el apriete excesivo para no dañar las roscas o los sellos, pero al mismo tiempo, se debe asegurar que todo el sistema esté suficientemente ajustado para prevenir posibles fugas.



Ilustración 3-9: Conexión de tubería

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.5.6. Conexión de accesorios

Para la conexión de los accesorios a las líneas de vapor, es esencial elegir los accesorios apropiados para asegurar la seguridad y el funcionamiento óptimo del sistema. Cuidadosamente

conectar los accesorios a la línea de vapor asegurándose de seguir las instrucciones del fabricante y aplicar la cantidad necesaria de torque para evitar daños y fugas en las roscas.



Ilustración 3-10: Conexión de los accesorios del banco de pruebas

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.5.7. *Conexión de las trampas de vapor*

Conectar las trampas al sistema de tuberías y accesorios donde se va a utilizar. Asegurándose de que este correctamente alineada la conexión. La alineación de las tuberías de vapor es muy importante para lograr una mejor eficiencia energética, seguridad, un funcionamiento óptimo del sistema y la integridad de la tubería, contribuyendo al ahorro de energía, evitar fugas, reducir riesgos, optimizar el riesgo de los equipos y prolongar la vida útil de la tubería.



Ilustración 3-11: Conexión de las trampas de vapor

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.5.8. *Conexión del serpentín*

El serpentín se va a instalar a continuación de la válvula de compuerta, esta válvula permitirá ajustar y regular el flujo de vapor hacia el serpentín, este serpentín está diseñado y construido

para soportar las condiciones de presión y temperatura de vapor, y así poder convertir el vapor saturado en condensado el mismo que es necesario para comprobar el funcionamiento de las trampas de vapor.



Ilustración 3-12: Conexión del serpentín a la línea de vapor

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.5.9. Conexión de instrumentos de medida

Es necesario conectar un manómetro para medir la presión del vapor. Para la instalación del manómetro es necesario utilizar accesorios adecuados. Asegúrese de utilizar juntas tóricas u otros elementos para prevenir fugas, apriete las conexiones de manera segura, pero no en exceso para evitar daños en el componente



Ilustración 3-13: Conexión de instrumentos de medida

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.5.10. Pintado del banco de pruebas

El pintado de la estructura para el sistema de trampas de vapor es un proceso muy importante para proteger contra la corrosión. Es muy importante realizar los siguientes procedimientos:

asegurarse de que la superficie esté limpia, libre de óxido, polvo u otros contaminantes, Aplicar una capa de imprimación anticorrosiva, aplicar la pintura resistente a la corrosión, secado y curado para asegurar su adherencia en la estructura.



Ilustración 3-14: Pintado del banco de pruebas

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

3.5.11. Aplicación del aislante térmico

El aislante térmico actúa como una barrera que evita la transferencia de calor de la tubería hacia el entorno circundante. Esto ayuda a minimizar las pérdidas de calor y maximizar la eficiencia energética, además de servir como protección personal y seguridad evitando quemaduras.

Para la instalación del aislante térmico es necesario limpiar la superficie donde se va a aplicar el aislante y así proceder a medir y cortar para aplicar la capa protectora de la cinta adhesiva mientras se asegura el impermeable térmico a lo largo de la superficie. A medida que se avanza, es importante asegurar que el material esté correctamente ajustado y sin arrugas.

CAPÍTULO IV

4. REALIZAR PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE TRAMPAS DE VAPOR

4.1. Funcionamiento general

Considerando el objetivo general del proyecto, la meta es observar el funcionamiento de cada tipo de trampa de vapor, así mismo, su fácil montaje y desmontaje de las trampas de vapor para su respectivo análisis. Para la ejecución de cada experimento de cada tramo de línea de vapor del banco de prueba, será necesario un conjunto de pasos a seguir para el correcto uso del banco de pruebas que está dividido en dos etapas.

4.2. Etapa 1: Preparación y ajuste del caldero para la generación de vapor

- Utilizar el ablandador de agua en un periodo de 1 hora



Ilustración 4-1: Ajustes del ablandador de agua del caldero

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Verifique el nivel de agua en el tanque de alimentación de la caldera (color celeste); asegúrese de que esté por encima de la línea roja.



Ilustración 4-2: Revisión el nivel del tanque de agua

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Verifique el nivel de agua de la caldera correctamente, ubicado al lado izquierdo, sobre el *McDonald*. Activa la bomba de agua que se encuentra ubicada debajo del tanque de almacenamiento, el cual arrancará de inmediato hasta alcanzar el nivel de agua requerido.



Ilustración 4-3: Nivel del *McDonald*

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

El nivel de agua de la caldera debe estar en la línea roja horizontal marcadas sobre el tubo de vidrio. También puede estar ligeramente por encima o por debajo de la marca,

- Accionar el interruptor general de encendido ubicado en el tablero de la caldera presionándolo



Ilustración 4-4: Tablero de control de la caldera

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Se observa luego de 40 minutos el aumento de la presión de la caldera, lo cual se aprecia en el manómetro ubicado en la parte superior de la caldera. Para el uso que se le da a la caldera, esta presión llegará hasta 43 PSI, momento en el que se apagará la caldera.



Ilustración 4-5: Manómetro de presión de la caldera

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Cuando se reduce la presión hasta un valor inferior de 25 PSI la caldera se enciende automáticamente para producir el vapor requerido y así repite el ciclo sucesivamente.

4.3. Etapa 2: prueba de funcionamiento del banco de pruebas

Para el funcionamiento del banco de pruebas se va a realizar por tramos, para ello es necesario tomar en cuenta los parámetros necesarios.

4.3.1. Descripción del tramo 1

Esta línea está conformada por dos válvulas de compuerta, un serpentín, cuatro codos de 90°, una válvula, *check* de 1/2", una Tee de 1/2", dos universales de 1/2", niples y la trampa de vapor mecánica tipo boya.

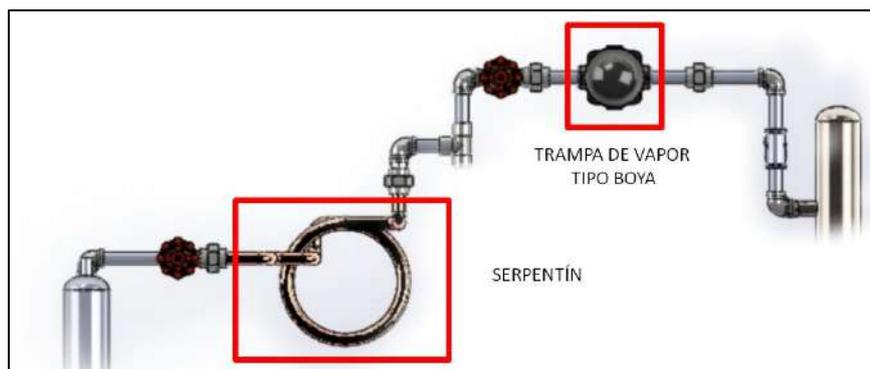


Ilustración 4-6: Diseño del tramo 1 del banco de pruebas

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.3.2. Funcionamiento del tramo 1

Para su funcionamiento se debe seguir los siguientes parámetros:

- Encender el caldero para alimentar el *manifold* de vapor y abrir la válvula de tubería.



Ilustración 4-7: Válvula de globo de la caldera abierta

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Para las condiciones de trabajo del banco de pruebas se toma en cuenta la capacidad máxima que llega el vapor de caldera que s de 43 psi.

- 1) Abrir la válvula de compuerta de la entrada de *manifold* y cerrar las válvulas de compuerta del tramo 2,3 y 4.

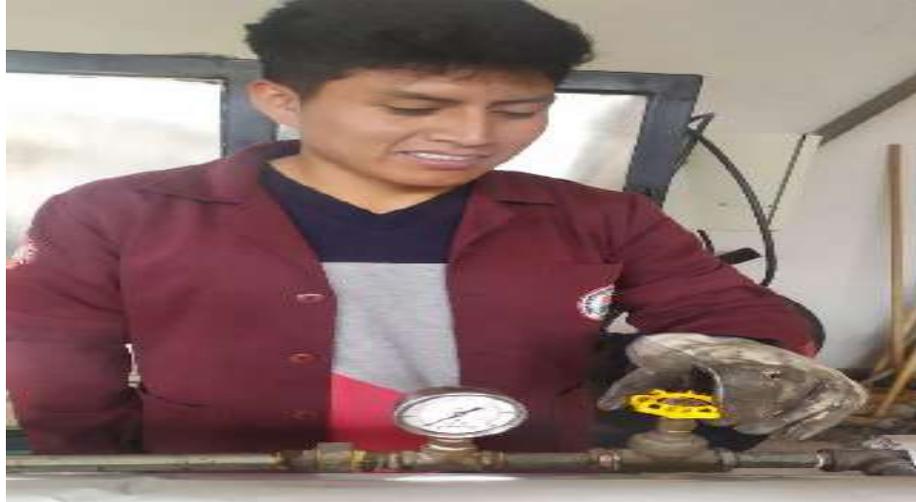


Ilustración 4-8: Válvula de compuerta de entrada de vapor al manifold

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023



Ilustración 4-9: Válvula de compuerta del tramo 2,3 y 4 cerradas

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Para comprobar su funcionamiento abrimos la válvula de compuerta del tramo 1 y a su vez la llave de compuerta de la línea de vapor de la trampa de vapor mecánica.



Ilustración 4-10: Válvula de compuerta del tramo 1 abierta

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Realizamos un análisis mediante termografía y ultrasonido para su respectivo análisis de acuerdo con su funcionamiento



Ilustración 4-11: Pruebas de termográfica en el tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023



Ilustración 4-12: Pruebas de ultrasonido en el tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.3.3. Descripción del Tramo 2

Esta línea está conformada por dos válvulas de compuerta, serpentín, cuatro codos de 90°, una válvula, check de 1/2", una Tee de 1/2", dos universales 1/2", nipples y la trampa de vapor mecánica.

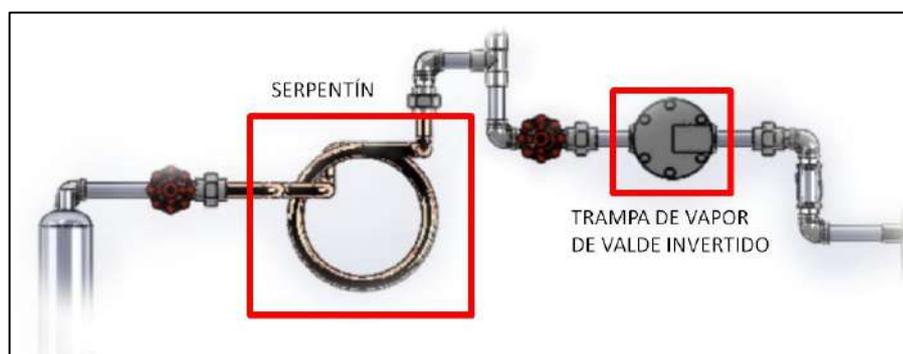


Ilustración 4-13: Diseño del tramo 2 del banco de pruebas

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.3.4. Funcionamiento del tramo 2

Para su funcionamiento se debe seguir los siguientes parámetros:

- Abrir la válvula de compuerta de la entrada de manifold.



Ilustración 4-14: Válvula de compuerta de abierta

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Para las condiciones de trabajo del banco de pruebas se toma en cuenta una presión de 43 psi que nos da el caldero del laboratorio.

- Cerrar las válvulas de compuerta del tramo 1,3 y 4 evitando que los otros tramos funcionen simultáneamente.



Ilustración 4-15: Válvula de compuerta del tramo 1,3 y 4 cerradas

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Para comprobar su funcionamiento abrimos la válvula de compuerta del tramo 2 y a su vez la llave de compuerta de la línea de vapor de la trampa de vapor mecánica



Ilustración 4-16: Válvula de compuerta del tramo 2 abierta

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Realizamos un análisis mediante termografía y ultrasonido para su respectivo análisis de acuerdo con su funcionamiento.



Ilustración 4-17: Pruebas de termográfica en el tramo 2

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023



Ilustración 4-18: Pruebas de ultrasonido en el tramo 2

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.3.5. Descripción del Tramo 3

Esta línea está conformada por una válvula de compuerta, un codo de 90°, una válvula check de 1/2 in, una universales de 1/2", niples y la trampa termodinámica.



Ilustración 4-19: Diseño del tramo 3 del banco de las pruebas

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.3.6. Funcionamiento del tramo 3

Para su funcionamiento se debe seguir los siguientes parámetros:



Ilustración 4-20: Válvula de compuerta de entrada del *manifold*

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Abrir la válvula de compuerta de la entrada de manifold. Para las condiciones de trabajo del banco de pruebas se toma en cuenta una presión de 43 psi
- Cerrar las válvulas de compuerta del tramo 1 y 4, así evitando que los otros tramos funcionen simultáneamente



Ilustración 4-21: Válvula de compuerta del tramo 1 y 4 cerradas

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Para comprobar su funcionamiento abrimos la válvula de compuerta del tramo 3 y a su vez la llave de compuerta de la línea de vapor de la trampa de vapor mecánica



Ilustración 4-22: Válvula de compuerta del tramo 3 abierta

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Realizamos un análisis mediante termografía y ultrasonido para su respectivo análisis de acuerdo con su funcionamiento



Ilustración 4-23: Pruebas de termográfica en el tramo 3

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023



Ilustración 4-24: Pruebas de ultrasonido en el tramo 3

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.3.7. Descripción del tramo 4

Esta línea está conformada por una válvula de compuerta, serpentín, cinco codos de 90°, una válvula, check de 1/2", dos universales de 1/2", niples y la trampa de vapor termostática.



Ilustración 4-25: Diseño del tramo 4 del banco de pruebas

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.3.7.1. Funcionamiento del tramo 4

- Abrir la válvula de compuerta de la entrada de manifold



Ilustración 4-26: Válvula de compuerta abierta

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Para las condiciones de trabajo del banco de pruebas se toma en cuenta una presión de 43 psi que nos da el caldero del laboratorio.

- Cerrar las válvulas de compuerta del tramo 1,3 y 4 evitando que los otros tramos funcionen simultáneamente.



Ilustración 4-27: Válvula de compuerta del tramo 1,3 y 4 cerradas

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Para comprobar su funcionamiento abrimos la válvula de compuerta del tramo 4 y a su vez la llave de compuerta de la línea de vapor de la trampa de vapor mecánica.



Ilustración 4-28 Válvula de compuerta del tramo 4

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

- Realizamos un análisis mediante termografía y ultrasonido para su respectivo análisis de acuerdo con su funcionamiento.



Ilustración 4-29: Pruebas de termográfica en el tramo 4

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023



Ilustración 4-30: Pruebas de ultrasonido en el tramo 4

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.4. Pruebas realizadas del banco de pruebas de trampas de vapor

Las pruebas de funcionamiento son componentes especiales en el desarrollo e implementación del sistema, las pruebas tienen como objetivo principal verificar si el sistema cumple con los requisitos de funcionamiento asegurando la calidad y la fiabilidad del sistema, identificando permisibles fallas o comportamientos inesperados. Estas pruebas ayudan a minimizar los riesgos y los costos asociados con las fallas en el funcionamiento.

Hay varios tipos de pruebas de funcionamiento disponibles, que se seleccionan según las características y metas específicas. Cada prueba se centra en aspectos particulares, desde comprobar el rendimiento de componentes individuales hasta evaluar la interacción del sistema completo. Estas pruebas implican el uso de técnicas y herramientas adecuadas. En el caso de las pruebas del sistema de trampeo de vapor, se emplean técnicas específicas como el ultrasonido y la termografía.

4.5. Termografía

La termografía en la industria es una técnica que utiliza cámaras termográficas para medir y visualizar las variaciones de temperaturas en objetos y equipos. Esta técnica se basa en la detección de la radiación infrarroja emitida por los cuerpos, lo que permite detectar anomalías, defectos o problemas de funcionamiento. Algunas de las aplicaciones más comunes de la termografía en la industria son: mantenimiento predictivo, inspecciones de sistemas de

refrigeración y calefacción, control de procesos industriales, inspección de edificios y estructuras. Una cámara termográfica es el dispositivo que va a detectar un patrón térmico del cuerpo que se localiza, en el espectro de la longitud de onda infrarroja y sin tener contacto con ese objeto.



Ilustración 4-31: Cámara termográfica fluke

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.5.1. Normas

Se mencionan las normativas ISO relacionadas con las labores y certificaciones en el ámbito de la termografía infrarroja.

4.5.1.1. ISO 18434-1:2008

Esta normativa ofrece una introducción al empleo de la termografía infrarroja desde una perspectiva directiva, con el propósito de inspeccionar y diagnosticar las condiciones de maquinaria y sus componentes secundarios, como válvulas, líquidos, dispositivos eléctricos y sistemas vinculados a las calderas. Además, se aborda la relevancia de la termografía infrarroja en la evaluación del rendimiento de la maquinaria (Flores y Galarza, 2019, p. 68).

Se adjuntan recomendaciones de seguridad; se entrega la información en la interpretación de los datos, criterios de la evaluación y requisitos de la investigación; otro aspecto es los procedimientos que permiten determinar y compensar la temperatura aparente reflejada, emisividad, y atenuación de medios cuando se mide la temperatura de la superficie de un objetivo cuantitativo con una cámara de termografía infrarroja (Flores y Galarza, 2019, p. 68).

4.5.1.2. *ISO 18436-1:2004*

Esta normativa establece los criterios para las entidades que proporcionan sistemas de certificación para el personal encargado de supervisar el estado de la maquinaria. Este personal se encarga de identificar posibles fallos en la máquina y ofrece recomendaciones para las acciones correctivas necesarias. La norma también detalla los métodos para certificar tanto la supervisión del estado de la maquinaria como al personal encargado del diagnóstico (Flores y Galarza, 2019, p. 68).

4.5.1.3. *ISO / FDIS 18436-7:2008*

Esta normativa establece las condiciones que deben cumplir y los criterios que se utilizan para evaluar a los profesionales que se encargan de supervisar y diagnosticar el estado de la maquinaria mediante la técnica de termografía infrarroja. Un certificado o una declaración de conformidad según la norma ISO 18436-7:2008 acreditan las competencias y aptitudes de las personas para llevar a cabo mediciones y análisis térmicos con el propósito de monitorear la condición de la maquinaria utilizando cámaras térmicas portátiles con capacidad de proyección de imágenes (Flores y Galarza, 2019, p. 68).

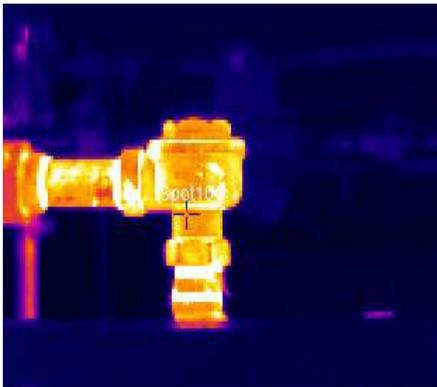
4.5.2. ***Reportes termográficos***

Los reportes termográficos en las trampas de vapor juegan un papel muy importante en el mantenimiento y la detección temprana de posibles problemas en los sistemas de vapor. Se ha empleado una cámara termográfica *fluke* para la obtención de las capturas termográficas en donde se puede observar los puntos más calientes cuando el sistema de trampas de vapor se encuentra operando.

4.5.3. ***Reporte termográfico trampa de vapor termostática***

La inspección mediante termografía se emplea para evaluar si una trampa de vapor está obstruida o no. Al analizar térmicamente una trampa de vapor termostática, se puede concluir que no hay ningún tipo de bloqueo, ya que se evidencia una distribución homogénea de la temperatura en toda su superficie. En caso de que la trampa estuviera obstruida, podrían observarse patrones de temperatura inusuales, como áreas más cálidas o más frías en comparación con el entorno circundante.

Tabla 4-1: Reporte termográfico de la trampa de vapor termostática.

REPORTE TERMOGRÁFICO			
Equipo:	Trampa de vapor termostática	Fecha:	24/7/2023
Lugar:	Laboratorio de generación de vapor- Facultad de Mecánica-ESPOCH	Realizado por:	Tesistas
Función:	Eliminar de forma eficiente y automática el condensado generado en un sistema de vapor		
Imagen Térmica		Imagen visual	
			

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la tabla se presenta los parámetros obtenidos a partir del termograma realizado.

Tabla 4-2: Parámetros del reporte del termograma

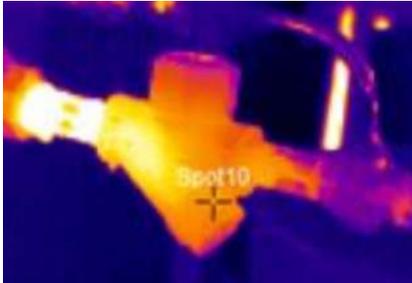
Información	Valores
Hora de la imagen	1/08/2023 17:14:55
Emisividad	0,22
Temperatura ambiente	24.3 °C
Temperatura Max	222,3 °C, {X=93, Y=118}
Temperatura Min	0,1 °C, {X=47, Y=56}
Temperatura Promedio	32.4 °C
Centro de temperatura	168.3, {X=160, Y=120}
Distancia	1 m
Modelo de cámara	HM200_E8
Fabricante	Termografía SATIR
Rango de calibración	-20 °C a 3000 °C
Número de serie de la cámara	26020057
Resolución	320 * 240
Humedad relativa	54 %

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.5.4. Reporte termográfico trampa de vapor termodinámica

Aplicando la técnica de inspección de termografía con el objetivo de determinar si una trampa de vapor se encuentra bloqueada, durante el análisis termográfico de la trampa de vapor termostática, se detecta claramente una obstrucción en la entrada. Esta conclusión se basa en la observación de que la temperatura en la superficie no presenta una distribución uniforme, como se detalla en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Reporte termográfico de la trampa de vapor termodinámica.

REPORTE TERMOGRÁFICO			
Equipo:	Trampa de vapor termodinámica	Fecha:	24/7/2023
Lugar:	Laboratorio de generación de vapor- Facultad de Mecánica-ESPOCH	Realizado por:	Tesistas
Función:	Eliminar de forma eficiente y automática el condensado generado en un sistema de vapor		
Imagen Térmica		Imagen visual	
			

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la tabla presenta los parámetros obtenidos a partir del termograma realizado a la trampa:

Tabla 4-4: Parámetros del reporte del termograma

Información	Valores
Hora de la imagen	1/08/2023 17:27:29
Emisividad	0,22
Temperatura ambiente	24.3 °C
Temperatura Max	128.7 °C, {X=47, Y=58}
Temperatura Min	-15.2 °C, {X=151, Y=20}
Temperatura Promedio	14.1 °C
Centro de temperatura	5.3, {X=160, Y=120}
Distancia	1 m
Modelo de cámara	HM200_E8
Fabricante	Termografía SATIR
Rango de calibración	-20 °C a 3000 °C

Número de serie de la cámara	26020057
Resolución	320 * 240
Humedad relativa	54 %

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

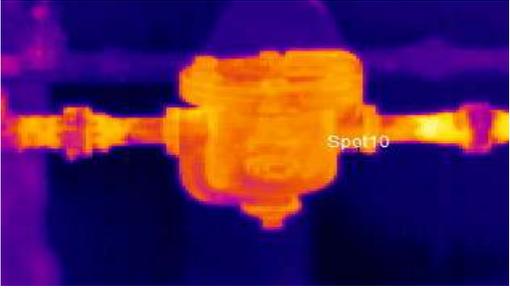
Se observa en la tabla 4-4 patrones de temperatura anómalos, la formación de un punto más caliente al ingreso de la trampa debido a la acumulación de vapor. Estos puntos pueden indicar la ubicación de la obstrucción y la posible necesidad de limpieza o reparación de la trampa de vapor.

4.5.5. Reporte termográfico trampa de vapor mecánica de valde invertido

Cuando se aplica la inspección termográfica para determinar la presencia de una obstrucción en una trampa de vapor, al analizar la trampa de vapor mecánica de balde invertido, se evidencia que no hay ningún tipo de bloqueo. Esto se deduce de la uniformidad en la distribución de la temperatura en toda la superficie.

En caso de que la trampa esté obstruida, podrían notarse patrones de temperatura inusuales, como áreas más cálidas o frías en comparación con el ambiente circundante.

Tabla 4-5: Reporte termográfico de la trampa de vapor de valde invertido

REPORTER TERMOGRÁFICO			
Equipo:	Trampa de vapor mecánica de valde invertido	Fecha:	24/7/2023
Lugar:	Laboratorio de Generación de Vapor- Facultad de Mecánica-ESPOCH	Realizado por:	Tesistas
Función:	Eliminar de forma eficiente y automática el condensado generado en un sistema de vapor		
Imagen Térmica		Imagen visual	
			

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la tabla 4-6 se presenta los parámetros obtenidos a partir del termograma realizado.

Tabla 4-6: Parámetros del reporte del termograma.

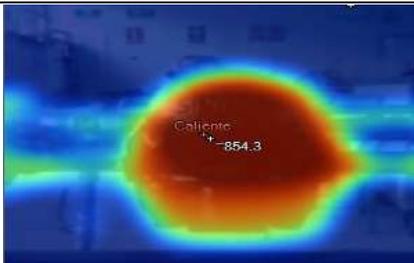
Información	Valores
Hora de la imagen	1/08/2023 17:14:55
Emisividad	0,81
Temperatura ambiente	24.3 °C
Temperatura Max	60.4 °C, {X=313, Y=237}
Temperatura Min	17.1 °C, {X=215, Y=209}
Temperatura Promedio	28.3 °C
Centro de temperatura	41.2 °C {X=160, Y=120}
Distancia	1 m
Modelo de cámara	HM200_E8
Fabricante	Termografía SATIR
Rango de calibración	-20 °C a 3000 °C
Número de serie de la cámara	26020057
Resolución	320 * 240
Humedad relativa	54 %

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.5.6. Reporte termográfico trampa de vapor mecánica tipo boya

Se utiliza la técnica de inspección de termografía para evaluar si existe una obstrucción en una trampa de vapor mecánica de tipo boya, como parte del análisis termográfico.

Tabla 4-7: Reporte termográfico de la trampa de vapor termodinámica.

REPORTER TERMOGRÁFICO			
Equipo:	Trampa de vapor termodinámica	Fecha:	24/7/2023
Lugar:	Laboratorio de generación de vapor- Facultad de Mecánica-ESPOCH	Realizado por:	Tesistas
Función:	Eliminar de forma eficiente y automática el condensado generado en un sistema de vapor		
Imagen Térmica		Imagen visual	
			

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la tabla presenta los parámetros obtenidos a partir del termograma realizado

Tabla 4-8: Parámetros del reporte del termograma.

Información	Valores
Hora de la imagen	24/7/2023 18:03:54
Emisividad	0,10
Temperatura ambiente	22 °C
Temperatura Max	456.83 °C
Temperatura Min	456.83 °C
Temperatura Promedio	456.83 °C
Transmisión	100%
Modelo de cámara	VT04
Fabricante	Termografía <i>Fluke</i>
Rango de calibración	-10 °C a 250 °C
Número de serie de la cámara	14020675
Firmware de la cámara	2.4.352
Ajuste de humedad	0

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

El informe termográfico indica que no hay ninguna obstrucción, ya que se registra una distribución uniforme de temperatura en toda la superficie. Si hubiera una obstrucción, podrían notarse patrones de temperatura inusuales, como áreas más cálidas o frías, y puntos calientes específicos debido a la acumulación de vapor, en contraste con el entorno circundante.

4.6. Ultrasonido

Para llevar a cabo las pruebas de funcionamiento del banco de pruebas de trampas de vapor mediante ultrasonido, se empleó el dispositivo de inspección Utraprobe 15000. Este equipo permite capturar sonidos imperceptibles para el oído humano y, al mismo tiempo, es un instrumento versátil con numerosas características que facilitan una inspección precisa y sencilla.

4.6.1. Metodología de la técnica de inspección

En el análisis del banco de pruebas mediante ultrasonido, se emplea la técnica ABCD. Esta metodología implica tomar dos lecturas detrás de la trampa de vapor, identificadas como A y B, y otras dos lecturas delante de la trampa, denominadas C y D.

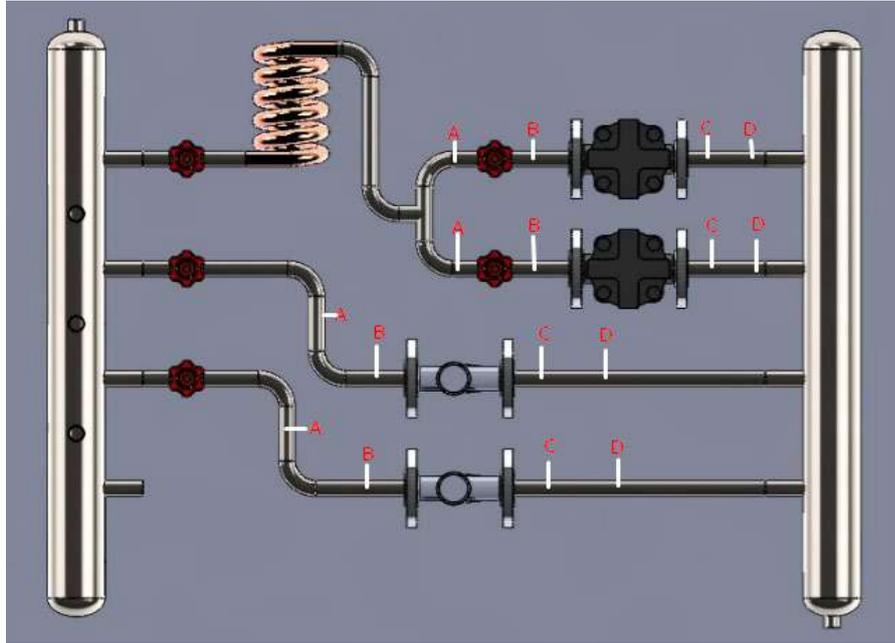


Ilustración 4-32: Puntos de inspección del banco de pruebas

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.6.2. *Determinación de puntos de inspección en el sistema*

Para identificar los puntos de inspección, se llevaron a cabo revisiones visuales y se realizó un monitoreo detallado de cada segmento de la línea de vapor, así como también se tomó en cuenta los elementos del sistema: codos, tee, válvulas de compuerta entre otros accesorios. Con estos criterios determinamos 4 puntos de inspección en el sistema.

4.6.3. *Ajuste del equipo de ultrasonido*

Se realizaron los siguientes pasos para la utilización del equipo de ultrasonido.

- Verificar que este con batería el equipo
- Se enciende el instrumento.
- Se ubica el icono de ajustes (setup) en la pantalla principal.
- Se toca el icono para entrar en el modo de ajustes.
- Par seleccionar o cambiar los ajustes; se toca el cuadro de selección o el círculo en la pantalla. En nuestro caso se selecciona inspección de válvulas.
- Ajustar el tiempo de grabación. Utilizando las flechar selectoras.
- Sensibilidad default. El usuario podrá seleccionar la sensibilidad para el punto de prueba, en algunas ocasiones será alto en otras bajo para que la inspección sea correcta.



Ilustración 4-33: Configuración del equipo Ultraprobe 15000

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Con el fin de utilizar el equipo de ultrasonido correctamente procedemos a verificar que todas sus funciones estén en rango adecuado para realizar las mediciones y que sean las adecuadas para el análisis.

4.6.4. Descripción de procedimiento

Las pruebas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Generación de Vapor de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En cuanto a los materiales, el módulo fue construido con acero inoxidable para todas las tuberías y accesorios. Para llevar a cabo el análisis, se utilizaron trampas de vapor tanto en buen estado como en mal estado. Posteriormente, se realizaron las pruebas necesarias siguiendo el siguiente procedimiento:

- Se comprueba que todos los componentes del módulo estén correctamente ajustados para evitar fugas de vapor. Las pruebas se llevan a cabo en cada segmento de la línea de vapor del banco de pruebas para realizar las mediciones.
- Se efectúa una medición en cada punto de inspección.
- Se ajusta el sistema a una presión de 30-40 psi para llevar a cabo las mediciones en cada segmento.
- Se sigue el mismo procedimiento en cada punto de inspección de cada tramo de la línea de vapor del banco de pruebas para obtener los valores necesarios.
- Una vez obtenidos los valores de cada punto de inspección, se procede a realizar los análisis correspondientes.
- Se utiliza el software UE SPECTRALYZER para descargar las mediciones y observar los espectros de cada punto inspeccionado del banco de pruebas junto con sus respectivos parámetros.

4.7. Análisis de pruebas de ultrasonido

4.7.1. Línea de vapor del tramo 1

Punto A

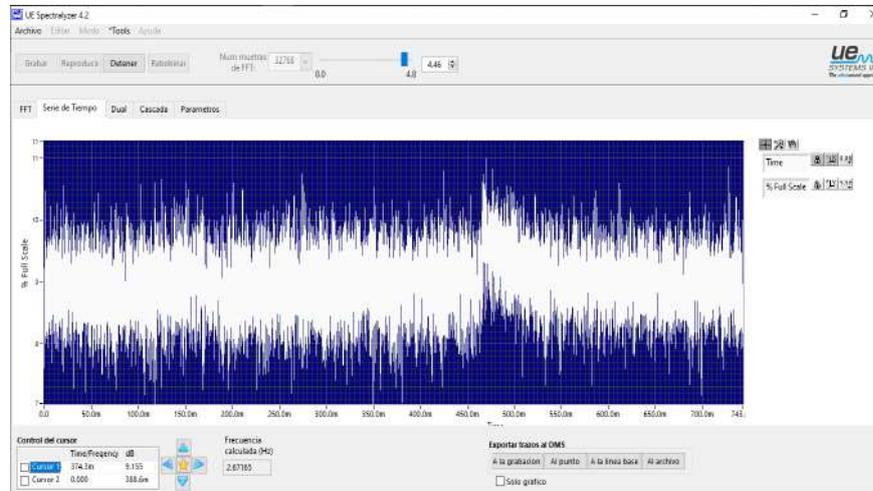


Ilustración 4-34: Toma de datos del punto A del tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-34 se indica el espectro del punto A, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2.6716 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2.6821 Hz.

Punto B

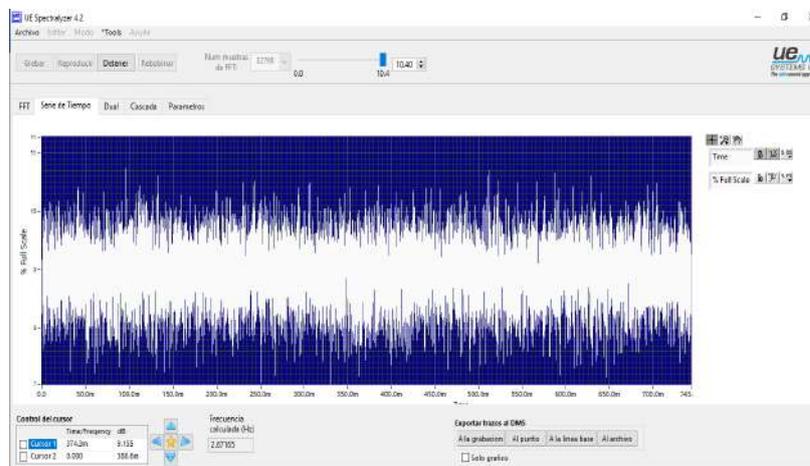


Ilustración 4-35: Toma de datos del punto B del tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-35 se indica el espectro del punto B, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2.67165 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2.6874 Hz.

Punto C

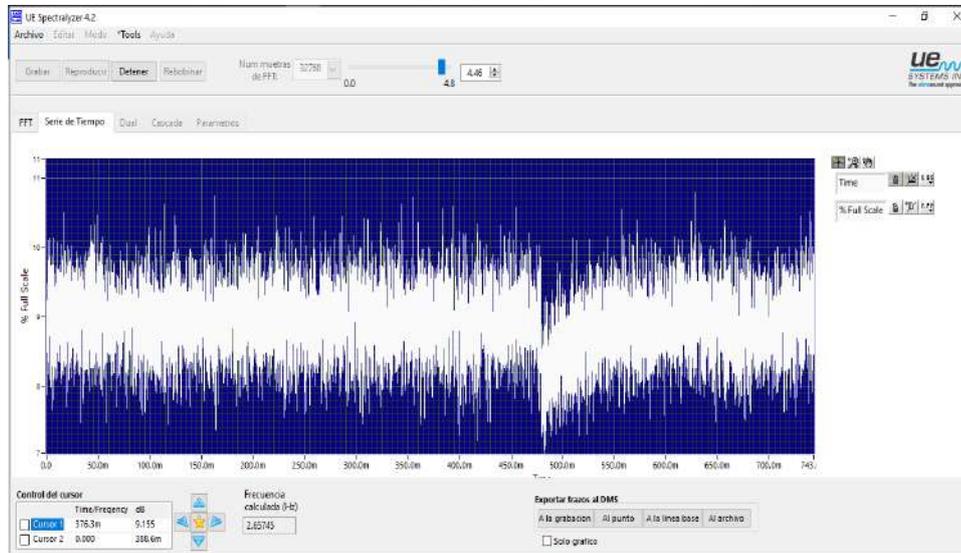


Ilustración 4-36: Toma de datos del punto C del tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-36 se indica el espectro del punto C, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2.65745 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2.6976 kHz.

Punto D

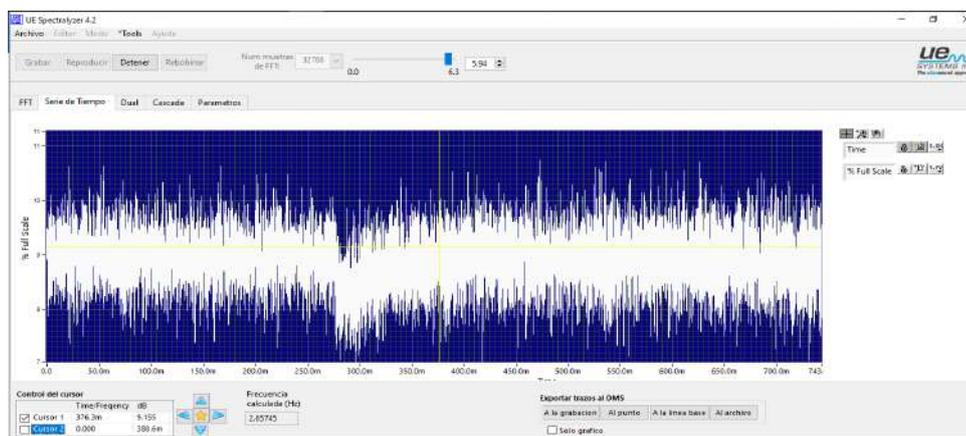


Ilustración 4-37: Toma de datos del punto D del tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-37 se indica el espectro del punto D, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2.65745 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2.6876 Hz

4.7.1.1. Análisis de datos del tramo 1

Tabla 4-9: Datos del ultrasonido con el equipo *Ultrapobe 15000* en cada punto.

Tiempo (s)	Frecuencia (Hz)			
	Punto A	Punto B	Punto C	Punto D
1	2,67255	2,67893	2,67322	2,64549
2	2,68215	2,68456	2,66683	2,65789
3	2,67567	2,68994	2,66457	2,66434
4	2,67055	2,66378	2,66478	2,65343
5	2,66234	2,66278	2,65001	2,66232
6	2,67239	2,67854	2,65898	2,66348
7	2,67893	2,67232	2,65987	2,65345
8	2,68162	2,68112	2,65347	2,66344
9	2,66745	2,67332	2,66343	2,66789
10	2,67389	2,64834	2,66342	2,65898

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

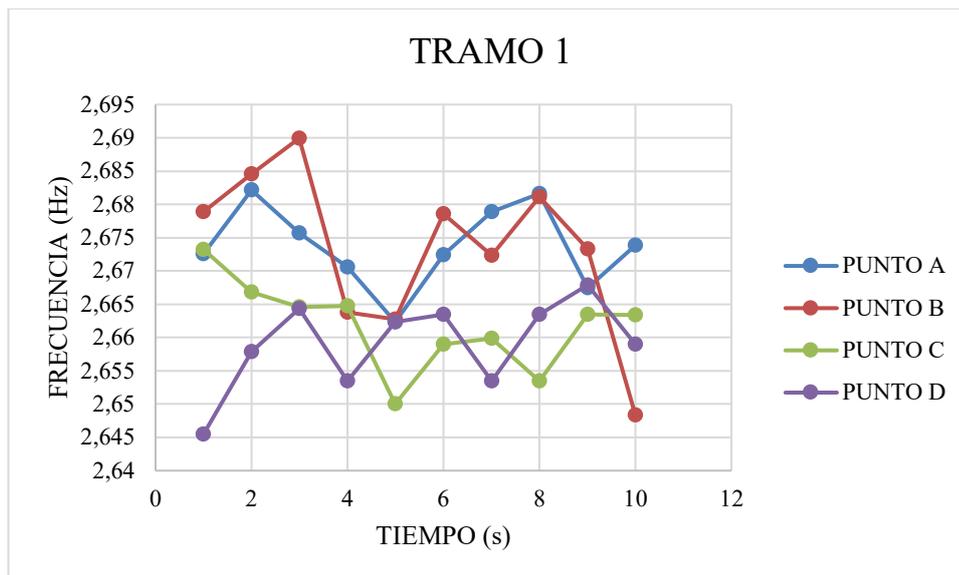


Ilustración 4-38: Indicador de los puntos de inspección del tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Para la interpretación de datos se tomó el nivel de frecuencia en un intervalo de tiempo de cada punto inspeccionado como se puede observar en la tabla 4-9 y así poder identificar el comportamiento de cada punto como se puede observar en la ilustración 4-38.

Tabla 4-10: Análisis de datos tomados de los puntos

Tramo 1	
Puntos	Frecuencia
A	2,67165
B	2,67165
C	2,65745
D	2,65745

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

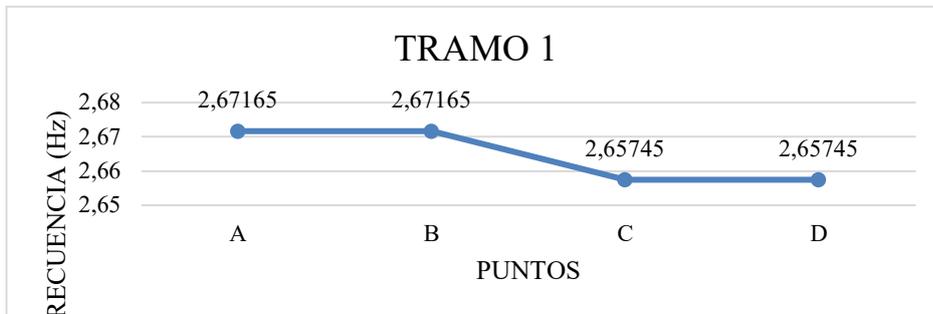


Ilustración 4-39: Indicador de nivel de frecuencia del tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-39 se observó el comportamiento de los puntos examinados mediante el método ABCD. Se notó que en los puntos A y B, el nivel de frecuencia es alto, lo que se debe a que en estos puntos circula el vapor proveniente directamente de la caldera antes de llegar a la trampa de vapor. En cambio, en los puntos C y D, el nivel de frecuencia es moderado, indicando que la trampa de vapor mecánica tipo boya está operando adecuadamente.

4.7.2. Línea de vapor del tramo 2

Punto A

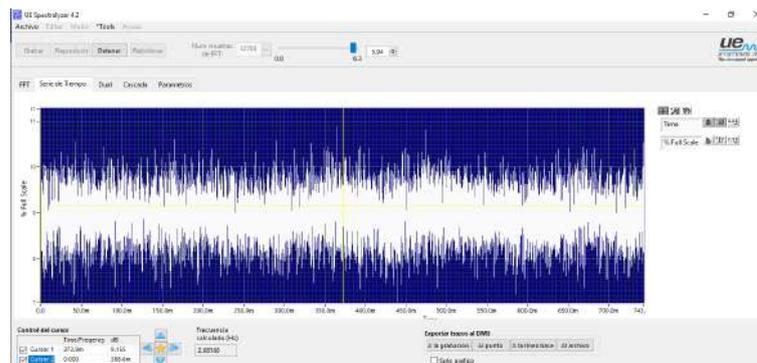


Ilustración 4-40: Toma de datos del punto A del tramo 2

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-40 se indica el espectro del punto A, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2.68168 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2.693 Hz.

Punto B

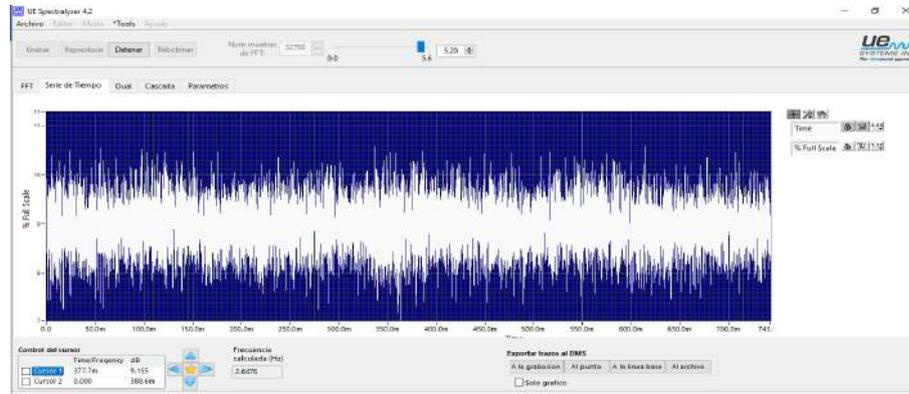


Ilustración 4-41: Toma de datos del punto B del tramo 2

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-41 se indica el espectro del punto B, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2.6476 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2,6785 kHz.

Punto C

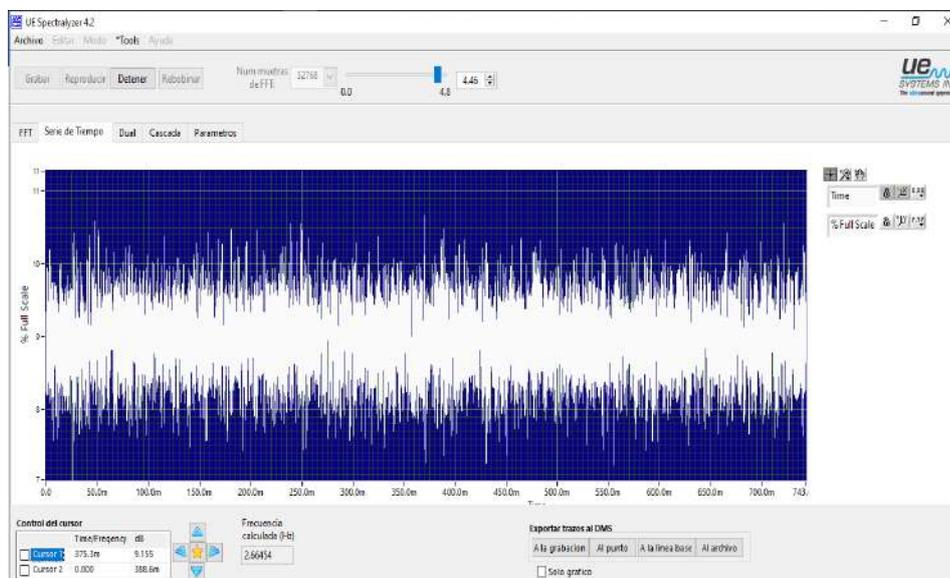


Ilustración 4-42: Toma de datos del punto C del tramo 2

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-42 se indica el espectro del punto C, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2.66454 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2,6793 Hz.

Punto D

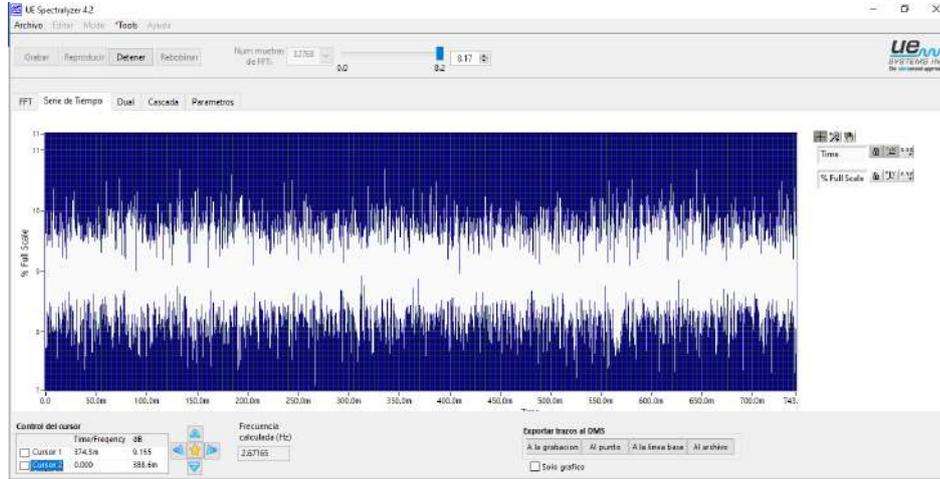


Ilustración 4-43: Toma de datos del punto D del tramo 2

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-43 se indica el espectro del punto D, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2,67165 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2,68475 Hz.

4.7.2.1. Análisis de datos del tramo 2

Tabla 4-11: Datos del ultrasonido con el equipo *Ultraprobe 15000* en cada punto.

Tiempo (s)	Frecuencia (Hz)			
	punto A	Punto B	Punto C	Punto D
1	2,67255	2,67893	2,67322	2,66849
2	2,69932	2,67852	2,67937	2,68475
3	2,68234	2,66234	2,66454	2,67898
4	2,67456	2,66378	2,66478	2,67636
5	2,67434	2,66563	2,66834	2,67002
6	2,68984	2,65934	2,66345	2,67893
7	2,67343	2,67854	2,66795	2,67459
8	2,67012	2,66563	2,66768	2,66582
9	2,65566	2,67349	2,67349	2,66345
10	2,67343	2,653243	2,67003	2,67343

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

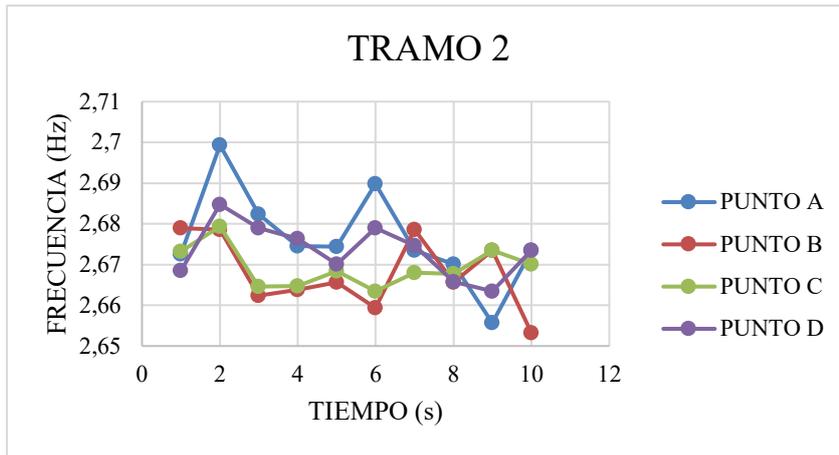


Ilustración 4-44: Toma de datos del punto D del tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Para la interpretación de datos se tomó el nivel de frecuencia en un intervalo de tiempo de cada punto inspeccionado como se puede observar en la tabla 4-11 y así poder identificar el comportamiento de cada punto como se puede observar en la ilustración 4-44.

Tabla 4-12: Análisis de datos tomados de los puntos

Tramo 2	
Puntos	Frecuencia
A	
B	2,64763
C	2,66454
D	2,67165

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

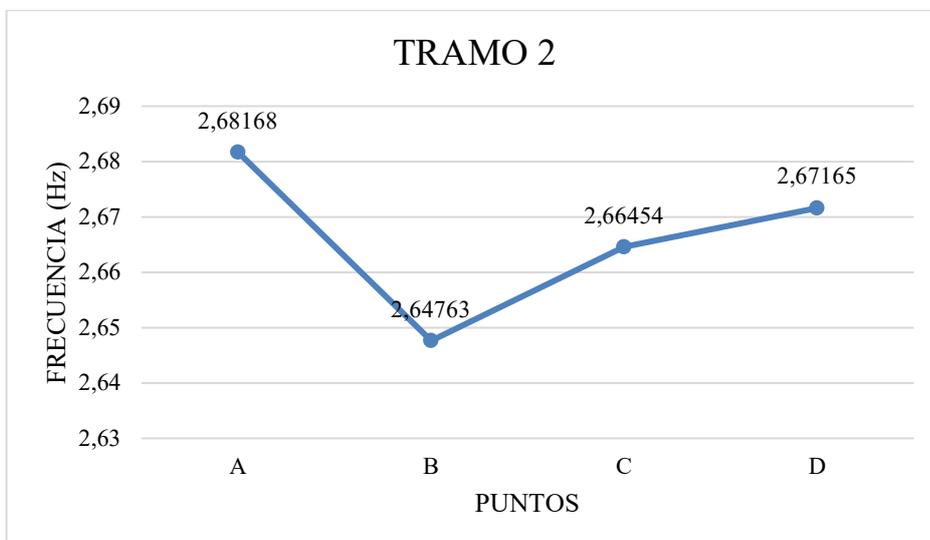


Ilustración 4-45: Toma de datos del punto D del tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-45 se muestra cómo se comportan los puntos inspeccionados utilizando el método ABCD. Se observa que en el punto A, el nivel de frecuencia es alto y comienza a disminuir en el punto B, justo antes de llegar a la trampa de vapor. En contraste, los puntos C y D muestran un nivel de frecuencia elevado, lo que sugiere que la trampa de vapor mecánica de válvula invertida está operando de manera adecuada.

4.7.3. Línea de vapor del tramo 3

Punto A

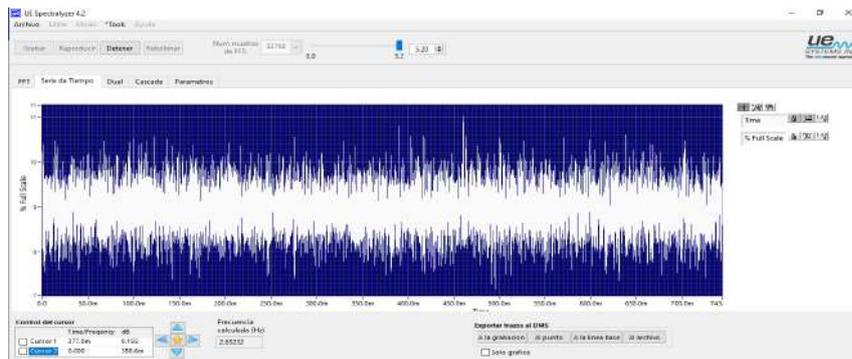


Ilustración 4-46: Toma de datos del punto A del tramo 3

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-46 se indica el espectro del punto A, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2.65252 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2,67032 Hz.

Punto B

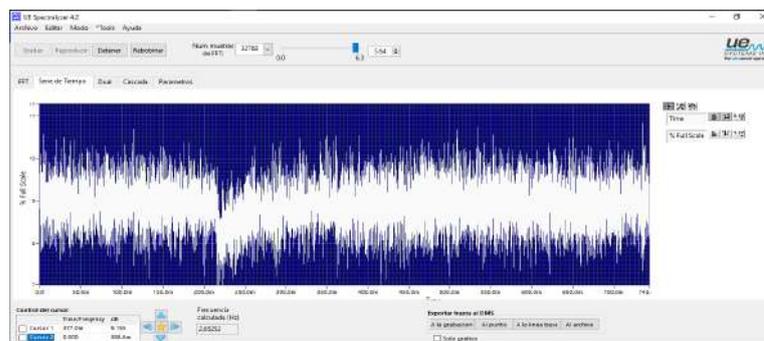


Ilustración 4-47: Toma de datos del punto B del tramo 3

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-47 se indica el espectro del punto B, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2.6552 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2,66894 Hz.

Punto C

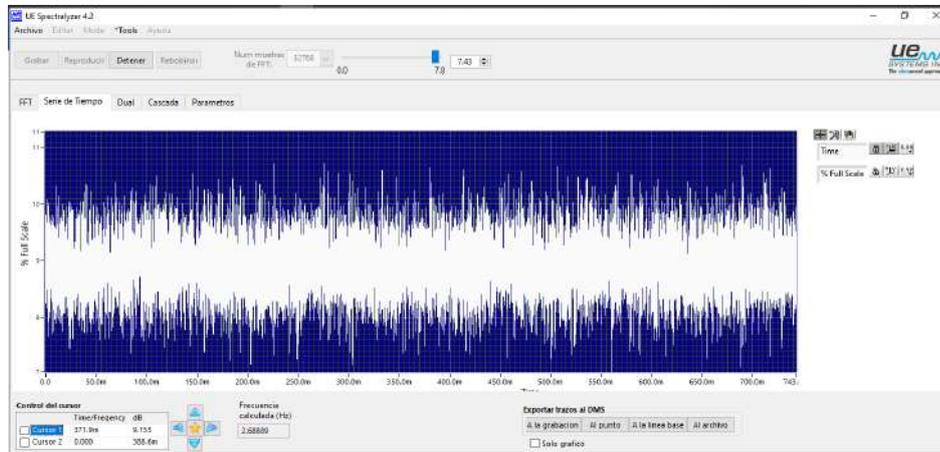


Ilustración 4-48: Toma de datos del punto C del tramo 3

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-48 se indica el espectro del punto C, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2.68889 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2.69738 Hz.

Punto D

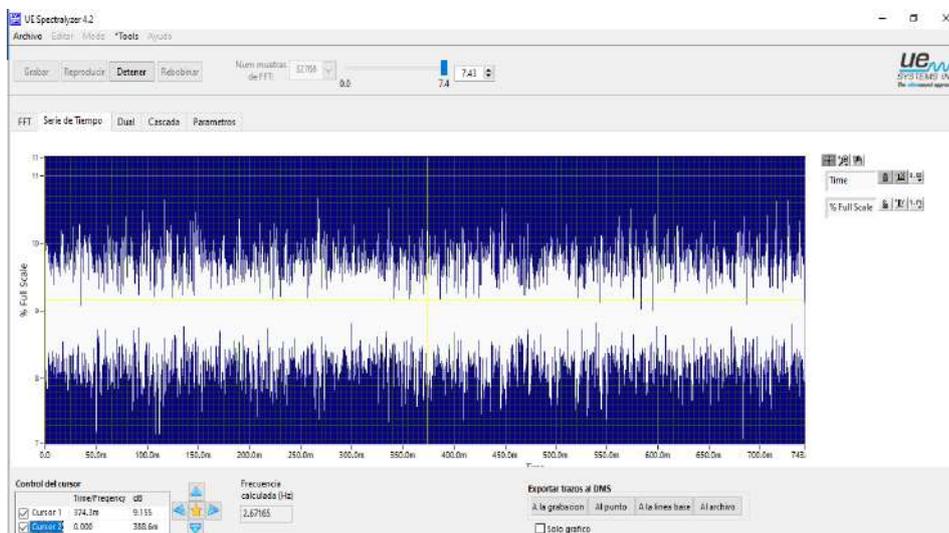


Ilustración 4-49: Toma de datos del punto D del tramo 3

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-49 se indica el espectro del punto D, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 2.67165 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 2,68983 Hz.

4.7.3.1. Análisis de datos del tramo 3

Tabla 4-13: Datos del ultrasonido con el equipo *Ultraprobe 15000* en cada punto.

Tiempo (s)	Frecuencia (Hz)			
	punto A	Punto B	Punto C	Punto D
1	2,66989	2,65347	2,67322	2,67893
2	2,67032	2,66348	2,67937	2,67893
3	2,68745	2,66894	2,66454	2,68943
4	2,67943	2,67098	2,66478	2,68983
5	2,66234	2,66349	2,66834	2,68867
6	2,66787	2,66893	2,66345	2,68343
7	2,67342	2,67683	2,66795	2,68004
8	2,67452	2,67932	2,66768	2,67349
9	2,66763	2,66943	2,67349	2,67934
10	2,65252	2,66343	2,67003	2,67956

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

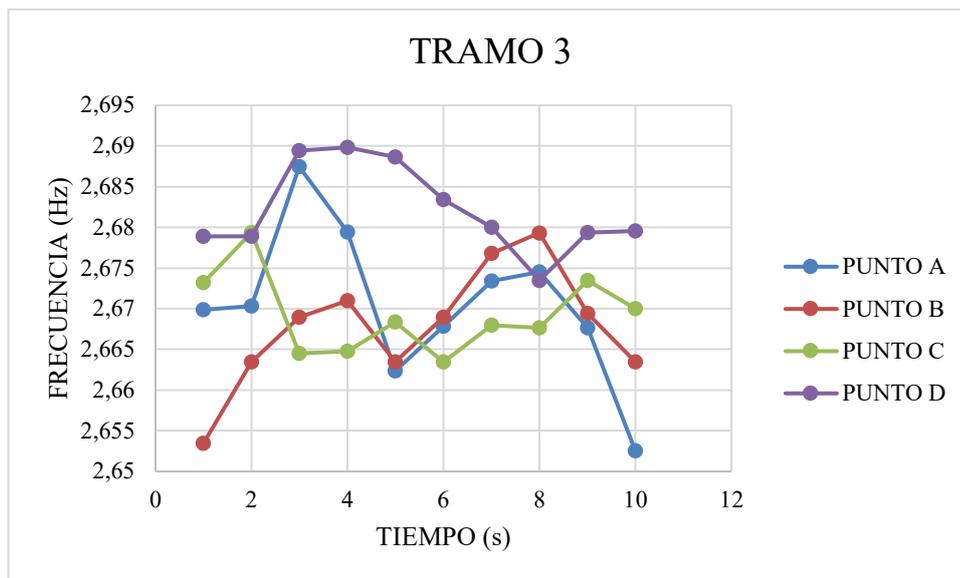


Ilustración 4-50: Toma de datos del punto D del tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Para la interpretación de datos se tomó el nivel de frecuencia en un intervalo de tiempo de cada punto inspeccionado como se puede observar en la tabla 4-13 y así poder identificar el comportamiento de cada punto como se puede observar en la ilustración 4-50.

Tabla 4-14: Análisis de datos tomados de los puntos

Tramo 3	
Puntos	Frecuencia
A	2,65252
B	2,65521
C	2,68889
D	2,67165

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

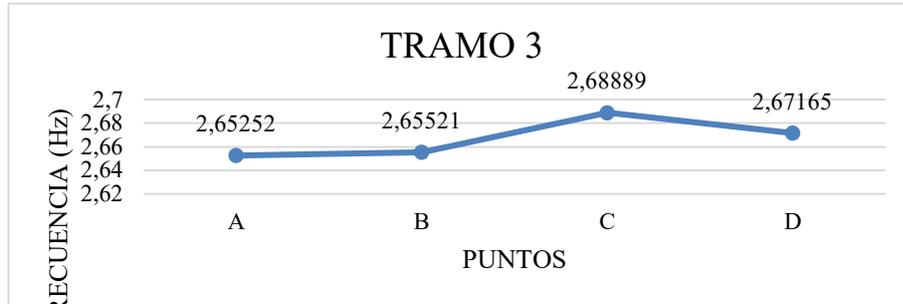


Ilustración 4-51: Toma de datos del punto D del tramo 3

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-51 se observa el comportamiento de los puntos inspeccionados utilizando el método ABCD. Se observa que en los puntos A y B, el nivel de frecuencia es bajo antes de llegar a la trampa de vapor, mientras que en el punto C, el nivel de frecuencia es alto y tiende a disminuir en el punto D. Esto nos indica que la trampa de vapor termostática está operando adecuadamente.

4.7.4. Línea de vapor del tramo 4

Punto A

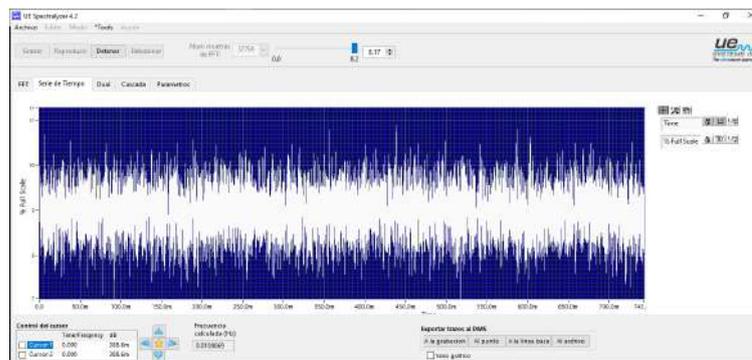


Ilustración 4-52: Toma de datos del punto A del tramo 4

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-52 se indica el espectro del punto A, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 0.0108069 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 0,011245 Hz.

Punto B

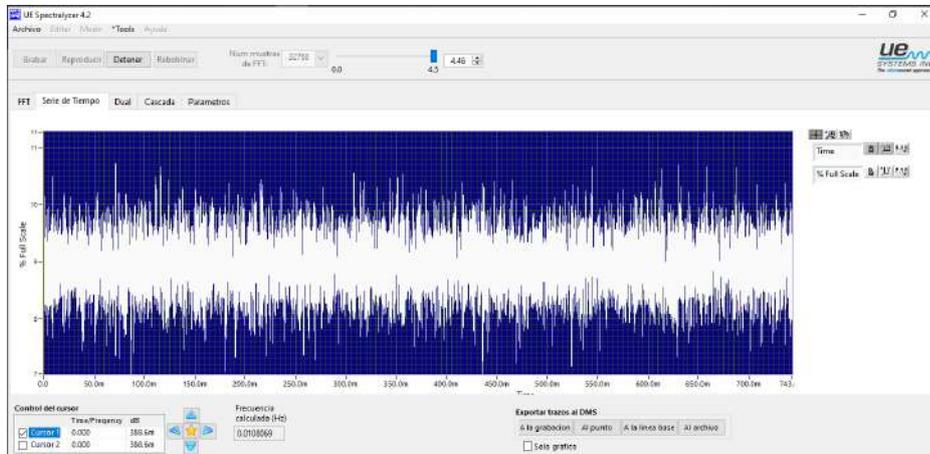


Ilustración 4-53: Toma de datos del punto B del tramo 4

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-53 se indica el espectro del punto B, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 0.0108069 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 0,011032 Hz.

Punto C

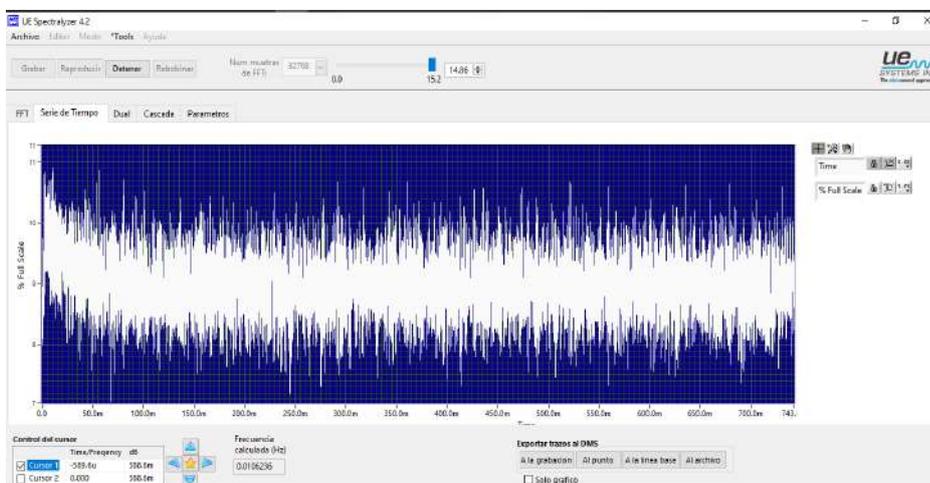


Ilustración 4-54 Toma de datos del punto C del tramo 4

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-54 se indica el espectro del punto C, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 0.0106236 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 0,011452 Hz.

Punto D

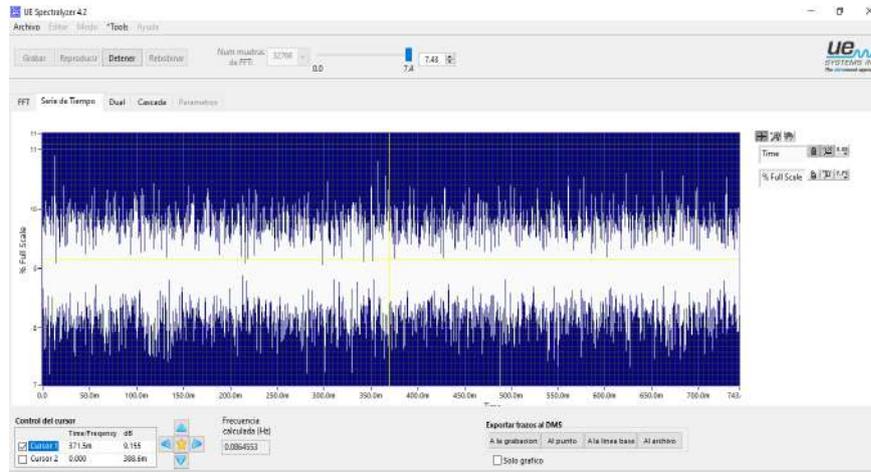


Ilustración 4-55: Toma de datos del punto D del tramo 4

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-55 se indica el espectro del punto D, donde se puede observar que tiene una frecuencia de 0.0864553 Hz. El primer armónico determinado posee una frecuencia de 10 kHz.

4.7.4.1. Análisis de datos del tramo 4

Tabla 4-15: Datos del ultrasonido con el equipo *Ultraprobe 15000* en cada punto.

Tiempo (s)	Frecuencia (Hz)			
	punto A	Punto B	Punto C	Punto D
1	0,010807	0,0108991	0,010566	0,082342
2	0,010345	0,0108033	0,010624	0,082993
3	0,011245	0,0108069	0,010757	0,093432
4	0,011112	0,0110321	0,010895	0,093002
5	0,010232	0,0110112	0,011457	0,094353
6	0,010223	0,0108047	0,011234	0,084353
7	0,010232	0,0108982	0,011223	0,089923
8	0,012345	0,0110234	0,010893	0,088344
9	0,011002	0,0102324	0,010983	0,089234
10	0,010232	0,0103453	0,010896	0,089283

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

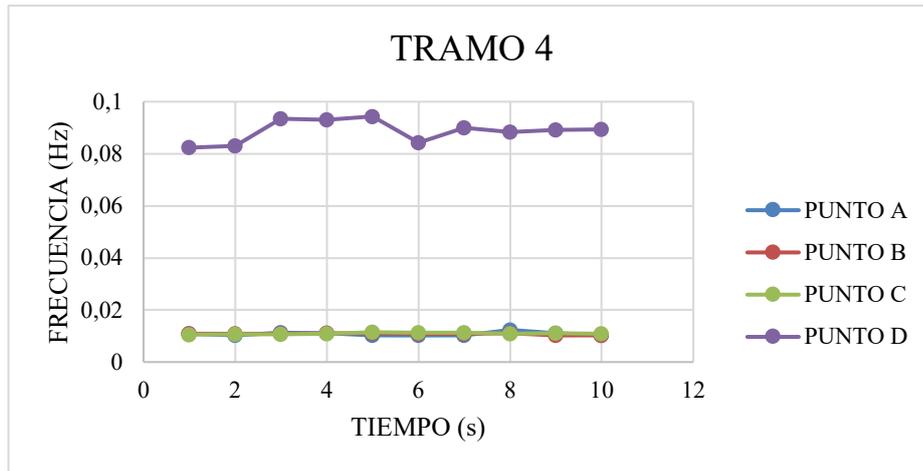


Ilustración 4-56: Toma de datos del punto D del tramo 4

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

Para la interpretación de datos se tomó el nivel de frecuencia en un intervalo de tiempo de cada punto inspeccionado como se puede observar en la tabla 4-15 y así poder identificar el comportamiento de cada punto como se puede observar en la ilustración 4-56.

Tabla 4-16: Análisis de datos tomados de los puntos

Tramo 4	
Puntos	Frecuencia
A	0,0108069
B	0,0108069
C	0,0106236
D	0,0864553

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

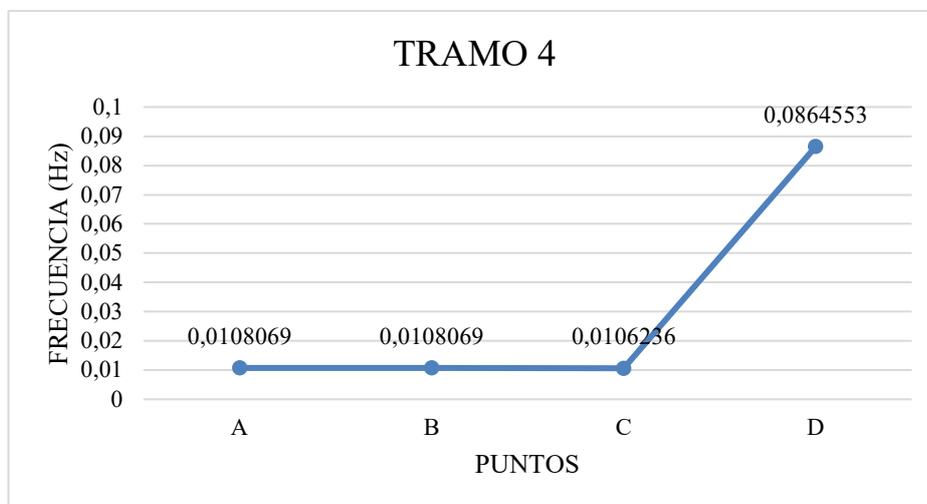


Ilustración 4-57: Toma de datos del punto D del tramo 1

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-57 se observa el comportamiento de los puntos inspeccionados utilizando el método ABCD. Se puede notar que en los puntos A y B, el nivel de frecuencia es moderado, ya que en estos puntos el vapor fluye directamente desde la caldera antes de llegar a la trampa de vapor. Mientras tanto, en el punto C, el nivel de frecuencia se mantiene constante a un nivel moderado, y en el punto D, el nivel de frecuencia comienza a aumentar. Esto sugiere que la trampa de vapor está operando correctamente.

4.8. Análisis de los espectros del ultrasonido en las trampas de vapor

Se analiza los espectros tomados con el equipo *ultraprobe* 15000 en donde recopilamos los datos tomados de cada tramo para su respectivo análisis y así verificar el estado de cada trampa de vapor del banco de pruebas para ello utilizamos el software *UE SPECTRALYZER*

- Tramo 1: Trampa de vapor mecánica tipo boya

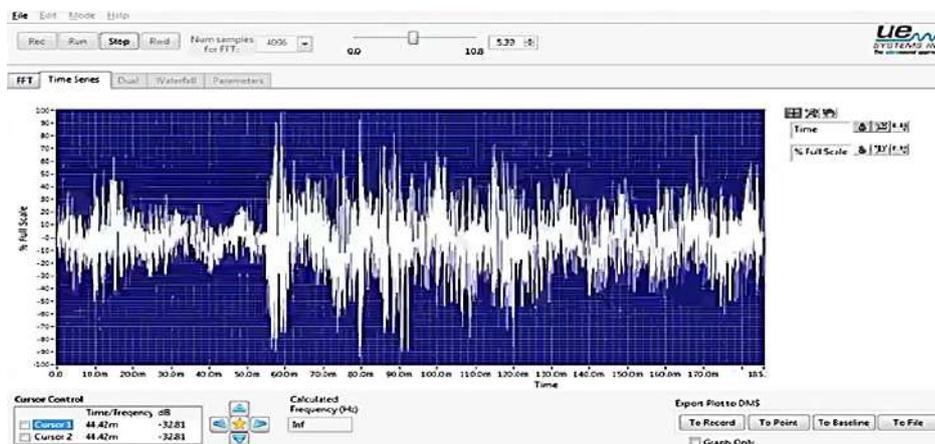


Ilustración 4-58: Espectro del tramo 1 de la trampa de vapor tipo boya

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-58 se analiza el espectral de las mediciones obtenidas del tramo 1, donde se puede observar lo siguiente: en el punto A y B el espectral tiene mayores ondas espectrales indicando el vapor que ingresa mientras que esto cambia en los puntos C y D las ondas espectrales cambia de menor a mayor esto se debe a que la trampa de vapor mecánica se abre para su funcionamiento este es un indicador que la trampa de vapor está en buen estado.

- Tramo 2: Trampa de vapor mecánica de valde invertido

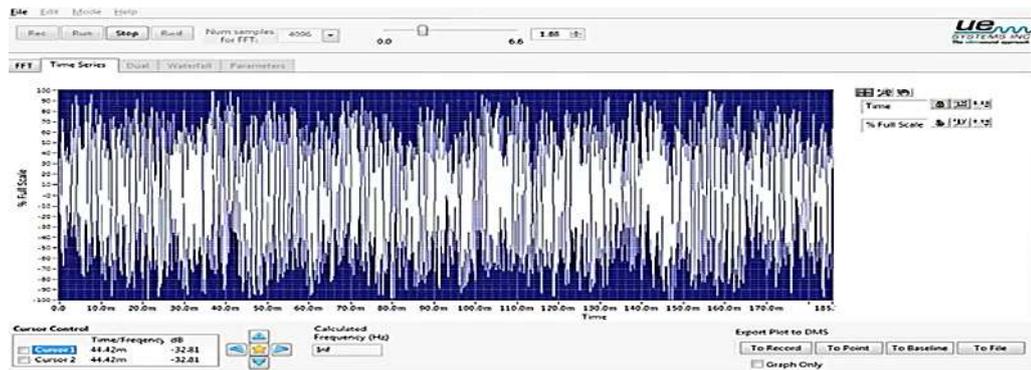


Ilustración 4-59: Espectro del tramo 2 de la trampa de vapor de valde invertido

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-59 se analiza el espectral de las mediciones obtenidas del tramo 2, donde se puede observar lo siguiente: en el punto A y B el espectral tiene mayores ondas regulares indicando que la trampa de vapor no está funcionando esto se evidencia ya que en los puntos C y D se mantienen las ondas espectrales iguales esto es un indicador que la trampa de vapor mecánica de valde invertido tiene fallas al abrirse y por eso el espectral no tiene ningún cambio.

- Tramo 3: Trampa de vapor termodinámica

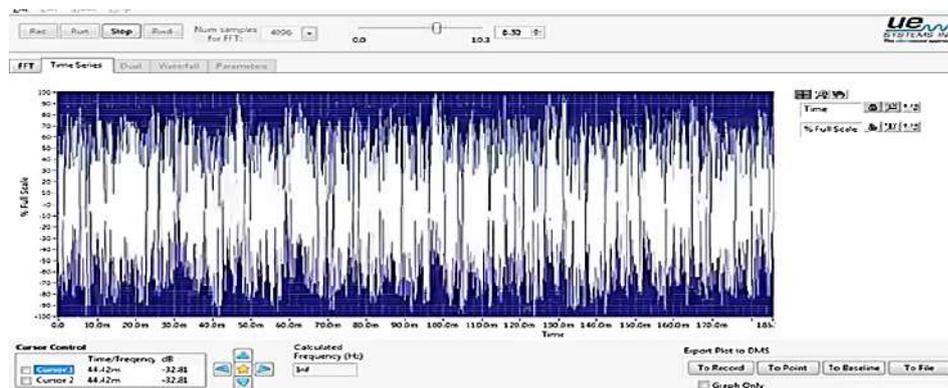


Ilustración 4-60: Espectro del tramo 3 de la trampa de vapor termodinámica

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-60 se analiza el espectral de las mediciones obtenidas del tramo 1, donde se puede observar lo siguiente: en el punto A y B el espectral tiene mayores ondas espectrales que se mantienen en los puntos C y D esto es un indicador que la trampa de vapor termodinámica tiene fallas al abrirse y por eso el espectral no tiene ningún cambio

- Tramo 4: Trampa de vapor termostática

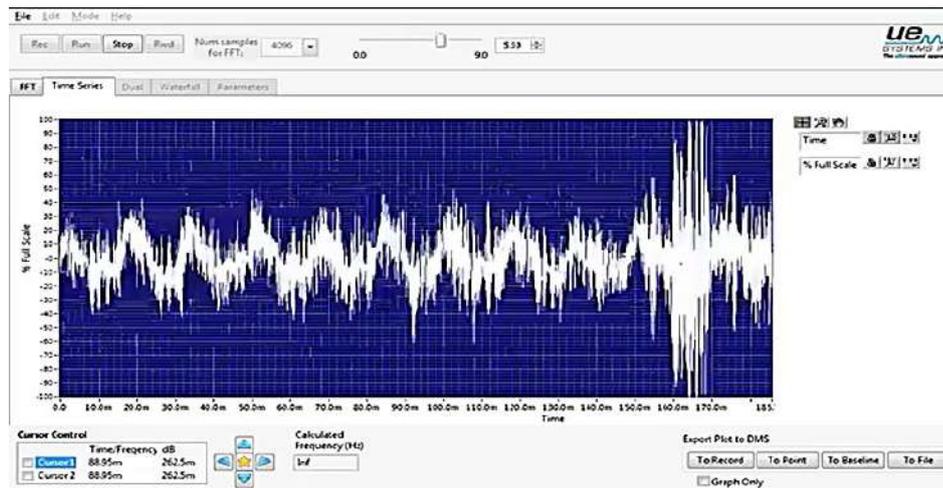


Ilustración 4-61: Espectro del tramo 4 de la trampa de vapor termostática

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

En la ilustración 4-61 se analiza el espectral de las mediciones obtenidas del tramo 4, donde se puede observar lo siguiente: en el punto A y B el espectral tiene mayores ondas espectrales indicando el vapor que ingresa mientras que esto cambia en los puntos C y D las ondas espectrales cambia de menor a mayor esto se debe a que la trampa de vapor está en buen estado y funcionamiento.

4.9. Elaborar un manual de operación y mantenimiento del banco de pruebas

Una vez construido del módulo del banco de pruebas se realizó el montaje y desmontaje de las trampas de vapor a su vez se procedió a colocar en el laboratorio de generación de vapor ubicado en la escuela de Mantenimiento Industrial.

Por lo tanto, se realizó el manual de usuario para operar de forma correcta durante las respectivas prácticas de laboratorio, en el manual de operaciones se detalló cada paso el cual debe seguir el usuario para desarrollar el trabajo deseado, que se detalla en el anexo A.

Luego de realizar las prácticas de funcionamiento del banco de pruebas de trampas de vapor y las respectivas tareas de mantenimiento con el objetivo de valorar y precautelar el funcionamiento del banco de pruebas. El plan de mantenimiento realizado se describe cada una de las tareas propuestas para cada tipo de trampa de vapor que se muestra en el anexo A.

4.10. Guía de laboratorio de la practica número 1 del módulo

La guía de laboratorio para la práctica de montaje y desmontaje de trampas de vapor se elaboró utilizando el manual de usuario como referencia para describir las instrucciones detalladas de cada actividad que los estudiantes llevarán a cabo. Además, se incluyeron especificaciones sobre los equipos de protección personal, herramientas y dispositivos necesarios para la práctica. El documento completo de la guía de laboratorio se encuentra en el anexo B.

4.11. Análisis económico y financiero

A continuación, se detalla la lista de precios de accesorios, materiales para la instalación y construcción del banco de pruebas de trampas de vapor para ello se vio distintas proformas en distintas empresas

4.11.1. Costo de tubería

En la tabla 4-17 se detalla los costos de tubería necesarios para la instalación de las líneas de vapor del banco de pruebas.

Tabla 4-17: Costo de tuberías utilizadas en el banco de pruebas

Cantidad	Descripción	Longitud de tubería (cm)	Precio unitario	Precio total
12	Niple de 1/2 "(Acero inoxidable 304)	10	4,50	54,00
8	Niple de 1/2 "(Acero inoxidable 304)	15	5,25	42,00
1	Niple de 1/2 "(Acero inoxidable 304)	28	8,00	8,00
8	Niple de 1/2 "(Acero inoxidable 304)	8	3,75	30,00
3	Niple de 1/2 "(Acero inoxidable 304)	7	3,50	10,50
2	Niple de 1/2 "(Acero inoxidable 304)	60	12,00	24,00
15	Niple Hexagonal	5	3,00	45,00
1	Tubo de cobre flexible de 1/2"	300	45,00	45,00
1	Tubo de agua caliente	700	7,00	7,00
Total				265,50

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.11.2. Costos de accesorios

En la tabla 4-18 se detalla los costos de los distintos accesorios instalados en el banco de pruebas.

Tabla 4-18: Costo de accesorios utilizados en el banco de pruebas

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Precio total
12	Codo de 90° roscable (Acero inoxidable)	3,50	42,00
1	Tee Clase 150 (Acero inoxidable)	5,00	5,00
11	Unión universal (Acero inoxidable)	5,50	60,50
5	Válvula de compuerta (Acero inoxidable)	21,00	105,00
4	Válvula Check (Acero inoxidable)	18,50	74,00
3	Válvula de bola 1/2 (Acero inoxidable)	15,00	45,00
2	Tapón cuadrado 1/2 (Acero inoxidable)	80,00	160,00
2	Acople de 1/2 para tubería de agua caliente	3,50	7,00
4	Codo de 90° para tubería de agua caliente	1,75	7,00
1	Manómetro	15,00	15,00
2	Manifold	80,00	160,00
Total			680,50

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.11.3. Costos de trampas de vapor

En la tabla 4-19 se detalla los costos de cada tipo trampa de vapor que se utilizó en cada línea de vapor del banco de pruebas

Tabla 4-19: Costo de trampas de vapor utilizadas en el banco de pruebas

Cantidad	Descripción	precio unitario	Precio total
1	Trampa de vapor termostática	170	170,00
1	Trampa de vapor termodinámica	160	160,00
1	Trampa de vapor mecánica de valde invertido	150	150,00
1	Trampa de vapor mecánica tipo boya	140	140,00
Total			620,00

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.11.4. Costos de la estructura

En la tabla 4-20 se detalla los costos de los materiales utilizados para el montaje y construcción del soporte del banco de pruebas.

Tabla 4-20: Costos de la estructura del banco de pruebas

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Precio total
8	Tubo estructural cuadrado (1/2"x3/4"x3m)	8,50	68,00
4	Angulo estructural (1/4" x 1/2"x 6m)	6,50	26,00
1	Plancha (1,5m x2m)	2,00	2,00
1	Recipiente (21cmx43cm)	12,00	12,00
1	Recipiente (28cmx21cm)	10,00	10,00
3	Electrodos	4,00	12,00
3	Pintura en spray color negro	3,00	9,00
1	Pintura en spray color plateado	3,00	3,00
Total			142,00

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

4.11.5. Costos totales

En la tabla 4-21 se detallan los costos totales del proyecto.

Tabla 4-20: Costos de la estructura del banco de pruebas

Costos totales	
Costos de tubería	265,50
Costos de accesorios	680,50
Costos de trampas de vapor	620,00
Costos de la estructura	142,00
Total	1708,00

Realizado por: Tayupanda J; Toapanta E., 2023

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El diseño y la construcción del banco de pruebas de trampas de vapor se llevaron a cabo conforme a las pautas establecidas en la norma ASME B31.1. Esto garantizó la seguridad y la integridad de las tuberías y accesorios utilizados en el banco, al mismo tiempo que estableció estándares para asegurar la confiabilidad y el funcionamiento eficiente de este sistema.

La aplicación del software CAD ha simplificado el proceso de diseño y simulación. Esto ha posibilitado una cuidadosa selección de los diversos componentes, asegurando la fiabilidad y eficacia del banco de pruebas. Este enfoque detallado y preciso en cada fase ha prevenido problemas potenciales, permitiendo ajustes antes de la construcción del banco de pruebas.

La cuidadosa coordinación y combinación de los componentes y accesorios evita problemas de incompatibilidad y asegura una comunicación efectiva entre los elementos y el flujo de vapor. Esto resulta en mediciones y análisis de mayor precisión, lo que ofrece una evaluación más precisa del funcionamiento de las trampas de vapor en el sistema.

La aplicación de técnicas como la termografía y el ultrasonido en las trampas de vapor posibilita la identificación temprana de posibles fallas o bloqueos. La termografía detecta patrones de temperatura irregulares, indicativos de mal funcionamiento o pérdidas de calor, mientras que el ultrasonido permite detectar la presencia de condensado o aire atrapado en el sistema. Utilizando estas técnicas de manera regular, se pueden establecer programas de monitoreo preventivo o predictivo, reduciendo así el riesgo de paradas no programadas.

Para el banco de pruebas de trampas de vapor se realizó un manual de operación y mantenimiento, donde se describe la utilización efectiva y el mantenimiento adecuado del sistema. Este documento proporciona a los usuarios una guía paso a paso que abarca desde el montaje de las trampas de vapor hasta la ejecución de las pruebas y mantenimiento, al contar con instrucciones claras y detalladas, se minimiza los errores operativos y de mantenimiento de este.

5.2. Recomendaciones

Cuando se lleva a cabo el análisis de ultrasonido para identificar problemas en las trampas de vapor, se emplea la técnica conocida como ABCD. Esta metodología implica la toma de dos lecturas previas a la trampa, denominadas A y B, y dos lecturas posteriores, denominadas C y D. De acuerdo con estos datos nos permite saber lo que está pasando en el interior de la trampa de vapor de cualquier tipo.

Utilizar las herramientas adecuadas para el montaje y desmontaje de las trampas de vapor, de este modo evitamos el deterioro de la tubería y el descaste de las roscas en las universales al ingreso y salida de la trampa de vapor.

Tener un conocimiento previo sobre el sistema de trampeo de vapor, para evitar errores en la manipulación y prevenir cualquier tipo de daño en el banco de pruebas.

Cumplir con el manual de operación, ya que este proporciona orientación sobre cómo realizar las tareas de manera correcta y consistente. Esto garantiza un rendimiento óptimo y prolonga la vida útil del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ADCA.** *Purgadores termostáticos y eliminadores de aire TH13A.* 2021, pp. 513.
2. **ARMSTRONG.** *Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados.* [en línea] 2018. Disponible en: <https://es.slideshare.net/capitu91/calculo-trampas-de-vapor-25573420>.
3. **BARRERA, C et al.** *Aspectos básicos relacionados con el funcionamiento de una caldera.* [en línea] 2018, pp. 2-6. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/104064>.
4. **CAMPOVERDE, P.** *Diseño de un generador de vapor piro tubular horizontal de espalda húmeda de 100 BHP de potencia para la empresa ELECON.* 2022, pp. 1-198.
5. **FIGUEROA, F.** *Representaciones Fiorella-productos.* [en línea] 2023. Disponible en: <https://www.fiorellarepre.com.pe/tubos/niples>.
6. **FLORES, L. y GALARZA, E.** *Sistema de Control de Termografía 3D y su incidencia en el Mantenimiento Predictivo de los Equipos de la Dirección de Educación a Distancia y Virtual.* [en línea] 2019, pp. 223. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29521/1/Tesis_t1551masc.pdf.
7. **GENEBRE.** *Manómetro 63 con glicerina, salida inferior, rosca BSP.* 2020, pp. 8908.
8. **GENEBRE.** *Purgador de boya cerrada para vapor.* 2021, pp. 46-48.
9. **GUZMÁN, B.** *Diseño mecánico de planta piloto de tratamiento térmico de residuos orgánicos.* 2015.
10. **LAINES, E.** *Plan de gestión para el mantenimiento del sistema de generación de vapor en el hospital de accidentes, instituto guatemalteco de seguridad social CEIBAL* [en línea] 2019, pp. 1-7. Disponible en: <http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>.
11. **LEON, M.** *Diseño y construcción de un prototipo modificado de una caldera*

pirotubular horizontal de 5 bhp sin cono refractario y refrigerado por agua. 2022.

12. **LÓPEZ, A. y SALAZAR, L.** *Diseño, construcción y pruebas de un calorímetro de estrangulamiento para el laboratorio de termodinámica de la facultad de mecánica de la ESPOCH.* [en línea] 2019, pp. 242. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1484/1/85T00206.pdf>.

13. **LUDWIG, J.** *Water Softening and Conditioning.* McGraw-Hill Education, 2009.

14. **MASTERSI.** *Mejores prácticas para las tuberías del sistema de condensado* [en línea] 2021. Disponible en: <https://www.mastersi.com.pe/mastersi/blog/172-mejores-practicas-para-las-tuberias-del-sistema-de-condensado>.

15. **MIYAWAKI.** *Trampas de vapor de cubeta invertida.* [en línea] 2019. Disponible en: <https://www.miyawaki.net/es/products/steam-traps/inverted-bucket-steam-traps>.

16. **MIYAWAKI.** *Trampas de vapor termodinámicas.* [en línea] 2019. Disponible en: <https://www.miyawaki.net/es/products/steam-traps/thermodynamic-steam-traps>

17. **PERLA, A. y PRIETO, C.** *Técnicas para el uso eficiente del vapor en la industria.* 2022, pp. 1-92.

18. **REDONDO, L.** *Trampas para Vapor.* 2015.

19. **RIVAS, D.** *Estudio sobre fugas, estado y funcionamiento acerca de las trampas de vapor, cálculo de pérdidas de energía y de la cantidad de condensado formado al calentar el producto negro y diseño de la ficha de inspección y su periodicidad, para el mantenimiento.* 2006.

20. **RODRÍGUEZ, D. y RUBIO, O.** *Diseño del sistema de distribución de vapor y selección del caldero para el Hospital San Juan de Dios.* [en línea] 2014. Disponible en: http://www.ditecosa.es/webroot/empresa/uploads/descargas/docs/SEÑALIZACION_cm.pdf.

21. **ROJAS, R. y BUSTAMANTES, J.** *Construcción de un banco de pruebas para trampas de vapor.* 2018.

22. **TLV.** *Manual de instrucciones. Intramuros,* 2020, pp. 11-15.

23. **TORRES, L.** *Optimización de las redes de distribución de vapor y condensado de un Hospital Público de Lambayeque. Journal article, 2020, pp. 288.*

24. **VALLE, H.** *Rediseño de red de distribución de vapor en una planta de procesamiento de achiote para mejorar los índices de consumo en la producción de vapor. 2021.*

25. **VYC.** *Purgador termodinámico. 2020.*

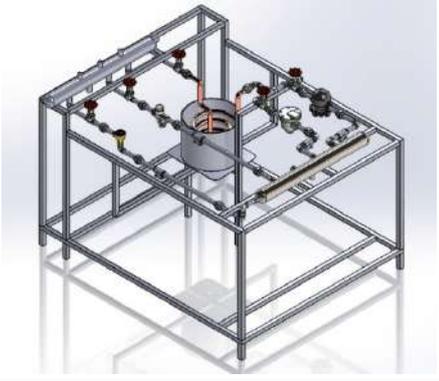
ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN

1. Manual de operación

El manual de operación proporciona información requerida para el correcto funcionamiento y operación del banco de pruebas de trampas de vapor. El banco de pruebas ha sido diseñado y construido con el objetivo de complementar el aprendizaje tanto teórico como práctico, a los estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento Industrial

1.1. Especificaciones técnicas

Datos técnicos		Imagen		
Características	Descripción			
Fabricante:	Tesistas			
Dimensiones	120 x 150 m			
Fuente de alimentación caldera pirotubular				
Código de diseño	ASNE SEC 1			
Producto para almacenar	Agua			
Presión de diseño	150 psi			
Temperatura de diseño	700 f			
Temperatura de diseño	700 f			
Banco de pruebas de trampas de vapor				
Rango de presión		45 psi	2-Trampa de vapor mecánica de valde invertido	6- válvulas de compuerta
			3-Trampa de vapor mecánica tipo boya	7- Válvula check
Rango de temperatura		120 C	4-Trampa de vapor termostática	8- Serpentin
Trampas de vapor	Mecánica de valde invertido	Material Fondo gris. (EN-5.1301)	Tamaño 1/2"	Norma de diseño estanqueidad, según EN 12266-1.
	Mecánica de boya	Material Acero al Carbono 1.0619 (WCB)	Tamaño 1/2"	Norma de diseño acero al Carbono 1.0619 (WCB)
	Termostática	Material	Tamaño 1/2"	Norma de diseño ASTM / A216 / WCB
	Termodinámica	Material	Tamaño 1/2"	Norma de diseño Latón

1.1.1. Seguridad

Al manipular el banco de pruebas de trampas de vapor es una es una tarea delicada por lo que es importante seguir estrictamente medidas de seguridad para garantizar la integridad de quienes lo manipulen y prevenir posibles accidentes, por lo que se debe seguir estrictas medidas de seguridad.

Antes de manejar el banco de pruebas, es esencial recibir una capacitación adecuada sobre su funcionamiento, procedimientos seguros y técnicas de pruebas, por ello es necesario utilizar equipos de protección como gafas, guantes resistentes al calor, calzado de seguridad y mandil. Antes de manipular cualquier componente del banco de pruebas, asegurarse que la fuente de vapor esté cerrada, inspeccionar visualmente que todos los componentes del banco de prueba no se encuentren dañados.

1.1.2. Operación

Antes de iniciar el funcionamiento del banco de pruebas de trampas de vapor, asegurarse que todas las válvulas estén completamente cerradas

Una vez asegurado que todas las válvulas estén completamente cerradas procedemos a prender el caldero para ello realizamos los siguientes pasos:

- Realizamos una verificación previa, asegurar que el caldero este correctamente a una fuente de alimentación eléctrica.
- Verificar que contenga la suficiente cantidad de agua en el caldero.
- Abrir las válvulas de aire y purga para verificar que no haya aire atrapado en el sistema, una vez verificado procedemos a cerrar las válvulas eliminando cualquier exceso de aire.
- Verificar el suministro de combustible y se procede a encender el quemador.
- Permanecer cerca del caldero mientras se encuentre en funcionamiento y así poder controlar el nivel de agua y las condiciones del quemador.
- Es de suma importancia estar alerta ante señales de advertencia, tales como ruidos inusuales, presencia de humo poco habituales o cambios de presión.

Una vez que el caldero se encuentra completamente cargado se procede a abrir la válvula de salida de vapor del caldero, y abrir la válvula de entrada del sistema de trampas de vapor y así permita fluir el vapor.

Las trampas de vapor van a funcionar indistintamente por lo que cada línea está conectada a una válvula, para ello se procederá a realizar los siguientes pasos:

- Cerrar todas las válvulas de las líneas de trampeo que no se vaya a utilizar y dejar que fluya el vapor en una sola línea
- Una vez verificada la línea de trampa de vapor procedemos a cerrar y abrir la siguiente línea y así realizar el mismo procedimiento para utilizar las trampas de vapor indistintamente

Durante el funcionamiento, realice un seguimiento y registro de datos de presión, temperatura y caudal.

En caso de que la trampa de vapor no cumpla con los estándares requeridos. Tome las acciones correctivas, como limpieza o remplazo de la trampa de vapor.

Finalmente procedemos apaga el caldero

Cumpla con los parámetros establecidos en el manual de operación del banco de pruebas.

Mantenga este manual de operación cerca del banco de pruebas para cualquier duda.

ANEXO B: MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE TRAMPAS DE VAPOR

1) Mantenimiento de tuberías

El mantenimiento de las tuberías de vapor es de vital importancia para asegurar su funcionamiento seguro, eficiencia y alargar la vida útil del mismo. A continuación, se presenta algunas pautas y recomendaciones para llevar a cabo dicho mantenimiento.

Realizar inspecciones periódicas

Es importante llevar a cabo inspecciones visuales de manera regular para poder identificar posibles desgastes, corrosión, fugas u otros problemas por lo que es de suma importancia prestar mucha atención a las juntas, conexiones y válvulas.

Realizar purgas del sistema

Es importante llevar a cabo el purgado del sistema una vez terminado la práctica de laboratorio, para eliminar el condensado y otros contaminantes. Esto contribuirá a mantener la calidad del vapor y evitará problemas de corrosión y obstrucciones del sistema.

Aislante térmico

Asegurarse que las tuberías de vapor se encuentren correctamente aisladas para poder reducir las pérdidas de calor y prevenir posibles riesgos de quemaduras

Fugas de vapor

El vapor es un fluido de alta temperatura y presión por lo que puede llegar a ser muy peligroso, por ellos antes de iniciar cualquier trabajo de mantenimiento es muy importante realizar los siguientes pasos:

Apagar el suministro de vapor

Es necesario esperar que las tuberías se enfríen antes de realizar cualquier reparación

Utilice equipos de protección como guantes, gafas, mandil. Una vez que se haya tomado la precaución necesaria se procede a reparar las fugas.

- a) Localizar la fuga, realizando una inspección visual para identificar la fuente de la fuga, presentando atención en las uniones de tuberías, válvulas y conexiones.
- b) Reemplazar o reparar la tubería dañada, si la fuga es significativa o si la tubería esta dañada, lo más apropiado es reemplazar la sección afectada. Sacar la tubería dañada con llaves de tubo y reemplazar con una nueva tubería.
- c) Revisar las conexiones y válvulas, que todas las conexiones y válvulas estén bien ajustadas y selladas correctamente. Puede aplicar *permatex*, cinta teflón en las roscas para garantizar una unión hermética.
- d) Es importante realizar las pruebas de presión para asegurar que no haya nuevas fugas y que el sistema funcione correctamente.

Verificar que las trampas de vapor y los drenajes estén en buen funcionamiento para eliminar de manera eficaz el condensado y prevenir la acumulación de agua en el sistema.

Supervisar y ajustar cuidadosamente los niveles de presión y temperatura del vapor para evitar sobrecargas y garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.

Registrar y documentar todas las actividades del mantenimiento realizado en las tuberías de vapor, incluyendo inspecciones, reparaciones y cambios efectuados

2) Mantenimiento del serpentín

Realizar inspecciones visuales del serpentín para detectar daños o posibles fugas

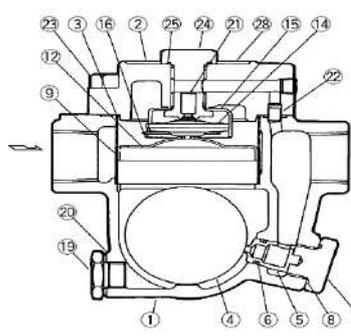
Realizar una limpieza periódica, ya que se puede acumular polvo, suciedad y otros residuos con el tiempo, lo que podría afectar en su capacidad de transferencia de calor. Puede utilizar una aspiradora o un cepillo suave para eliminar el polvo y la suciedad acumulada.

Si se encuentra con daños o fisuras cerrar inmediatamente el suministro de vapor y esperar un determinado tiempo hasta que se enfríe y realizar inmediatamente la sustitución del serpentín por uno nuevo.

3) Mantenimiento de la trampa de vapor mecánica tipo boya

Numero pieza	Pieza	Trampa de vapor mecánica tipo boya
1	Cuerpo	
2	Tornillo	
3	Esfera	
4	Palanca	
5	Tornillos	
6	Soporte	
7	Asiento	
8	Purgador de aire	
9	Junta	
Mantenimiento		
<p>Antes de llevar a cabo cualquier tarea de mantenimiento, es importante seguir los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar una inspección visual semestral para verificar el estado de las trampas de vapor. • Si durante las inspecciones realizadas se detecta que la trampa de vapor presenta algún defecto, es crucial realizar las reparaciones necesarias o procedemos a su remplazo lo antes posible. De esta forma se evita perdidas de vapor y se optimiza el consumo energético del sistema. • Para el mantenimiento de la válvula principal se debe realizar los siguientes pasos: <ul style="list-style-type: none"> a) Desenroscar y quitar los tornillos (3) b) Extraer la cubierta (2) y la junta (10) c) Quitar los tornillos (6) y el soporte (7) d) Aflojar y retirar el asiento y la junta (8) e) Para finalizar realizar la limpieza de todos los componentes mediante aire comprimido u otros métodos suaves y no agresivos. Una vez realizado la limpieza se procede a rearmar la trampa de vapor. • Para el mantenimiento del purgador de aire se debe realizar los siguientes pasos: <ul style="list-style-type: none"> a) Aflojar y quitar los tornillos (3) b) Quitar la tapa (2) y la junta (10) c) Retirar el conjunto del purgado de aire (9) • A pesar de llevar un mantenimiento adecuado, es esencial reconocer que las trampas de vapor tienen una vida útil limitada. Es importante reemplazar cuando ya no pueda ser reparado de manera efectiva. • Llevar registro completo de todas las inspecciones, pruebas y mantenimientos realizados a la trampa de vapor. Estos registros ayudarán de manera eficiente a seguir adecuadamente el estado y programar futuras tareas de mantenimiento 		

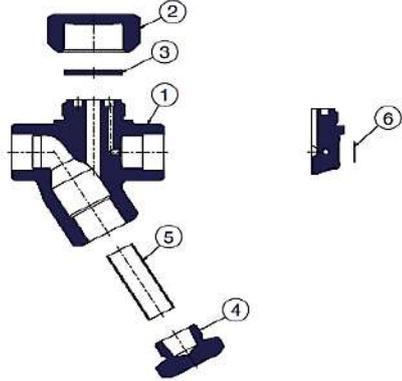
4) Mantenimiento de la trampa de vapor mecánica de valde invertido

Numero pieza	Pieza	Trampa de vapor mecánica tipo boya	
1	Cuerpo		
2	Cubierta		
3	Empaque cubierto		
4	flotador		
5	Orificio		
6	O- Ring del orificio		
7	Tapón orificio		
8	Empaque tapón		
9	Filtro		
10	Porta filtro		
11	Retén porta filtro		
12	Cubierta Flotador		
13	Anillo seguro	21	Asiento válvula venteo de aire
14	Elemento-X	22	Perno conector
15	Guía elemento-X	23	Tornillo cubierto
16	Clip sujeción	24	Tapón
17	Cubierta elemento-X	25	Empaque tapón
18	Anillo seguro	26	Brida (JF5X: 20, 25 mm)
19	Tapón drene	27	Tabo (JF5X: 20, 25 mm)
20	Empaque tapón drene	28	Placa de identificación
Mantenimiento			
<p>Antes de llevar a cabo cualquier tarea de mantenimiento, es importante seguir los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar una inspección visual semestral para verificar el estado de las trampas de vapor. • Si durante las inspecciones realizadas se detecta que la trampa de vapor presenta algún defecto, es crucial realizar las reparaciones necesarias o procedemos a su remplazo lo antes posible. De esta forma se evita perdidas de vapor y se optimiza el consumo energético del sistema. • Si no descarga condensado o la descarga es pobre las causas se deben a: <ol style="list-style-type: none"> a) El flotador esta dañado y necesita ser remplazado de inmediato. b) El orificio, filtro o tubería están obstruidos por basura o incrustaciones se debe realizar una limpieza de inmediato. c) El vapor se bloquea es necesario el cierre de la válvula de entrada a la trampa y permita que la trampa se enfríe. • Fugas de vapor o soplando de la salida de la trampa <ol style="list-style-type: none"> a) Esto se debe a las incrustaciones o existe suciedad acumulada en el orificio bajo del flotador, para ello es necesario realizar una limpieza inmediata. b) El orificio esta dañado, se debe realizar su remplazo. c) Ocurre vibración en la trampa, se debe realizar un alargamiento a la tubería de entrada he instalar apropiadamente. • Fugado de vapor de algún otro lugar de la trampa esto se debe al deterioro o daño en los empaques y es necesario realizar su remplazo con nuevos empaques. • El flotador se daña frecuentemente esto se debe al golpe de ariete, para ello se debe examinar la tubería para revisión de problemas que `puedan causar el golpe de ariete. • A pesar de llevar un mantenimiento adecuado, es esencial reconocer que las trampas de vapor tienen una vida útil limitada. Es importante remplazar cuando ya no pueda ser reparado de manera efectiva. • Llevar registro completo de todas las inspecciones, pruebas y mantenimientos realizados a la trampa de vapor. Estos registros ayudaran de manera eficiente a seguir adecuadamente el estado y programar futuras tareas de mantenimiento 			

5) Mantenimiento de la trampa de vapor termostática

Numero pieza	Pieza	Trampa de vapor termostática
1	Cuerpo	
2	Tapa	
3	Ring	
4	Cápsula	
5	Resorte	
6	Espaciador	
7	Asiento	
8	Junta	
9	Tamiz	
Mantenimiento		
<p>Antes de llevar a cabo cualquier tarea de mantenimiento en la trampa de vapor, es importante seguir los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar una inspección visual semestral para verificar el estado de las trampas de vapor. • Si durante las inspecciones realizadas se detecta que la trampa de vapor presenta algún defecto, es crucial realizar las reparaciones necesarias o procedemos a su remplazo lo antes posible. De esta forma se evita perdidas de vapor y se optimiza el consumo energético del sistema. • Despresurizar tanto el purgador como el conducto de entrada. Esto se hace para garantizar la seguridad y evitar cualquier riesgo asociado con la presión del sistema • Limpieza o sustitución del tamiz <ol style="list-style-type: none"> a) Desenroscar la tapa y retirar la capsula vieja, el resorte y el espaciador b) Extraer el asiento, el tamiz y la junta c) Limpiar el tamiz o remplazarlo y luego ensamblar los componentes d) Volver a colocar el asiento, tamiz y junta. Asegurarse de que el tamiz este centrado adecuadamente. Aplicar una fina capa de pasta selladora en la rosca y aprete. e) Colocar el espaciador f) Colocar la nueva capsula y resorte, y enroscar la tapa utilizando un nuevo anillo 'O' ring insertando en la ranura en la parte superior de la tapa. • A pesar de llevar un mantenimiento adecuado, es esencial reconocer que las trampas de vapor tienen una vida útil limitada. Es importante remplazar cuando ya no pueda ser reparado de manera efectiva. • Llevar registro completo de todas las inspecciones, pruebas y mantenimientos realizados a la trampa de vapor. Estos registros ayudaran de manera eficiente a seguir adecuadamente el estado y programar futuras tareas de mantenimiento 		

6) Mantenimiento de la trampa de vapor termodinámica

Numero pieza	Pieza	Trampa de vapor termodinámica
1	Cuerpo (Mod. 041-042)	
2	Tapa	
3	Disco cierre	
4	Tapón	
5	Filtro	
6	Placa	
Mantenimiento		
<p>Antes de llevar a cabo cualquier tarea de mantenimiento en la trampa de vapor, es importante seguir los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar una inspección visual semestral para verificar el estado de las trampas de vapor. • Si durante las inspecciones realizadas se detecta que la trampa de vapor presenta algún defecto, es crucial realizar las reparaciones necesarias o procedemos a su remplazo lo antes posible. De esta forma se evita pérdidas de vapor y se optimiza el consumo energético del sistema. • Despresurizar tanto el purgador como el conducto de entrada. Esto se hace para garantizar la seguridad y evitar cualquier riesgo asociado con la presión del sistema • Limpieza del filtro de la trampa de vapor, está se debe limpiarse periódicamente para, mantener su eficiencia y capacidad de funcionamiento adecuado. Un filtro limpio asegura que pueda eliminar el condensado de manera eficiente • A pesar de llevar un mantenimiento adecuado, es esencial reconocer que las trampas de vapor tienen una vida útil limitada. Es importante reemplazar cuando ya no pueda ser reparado de manera efectiva. • Llevar registro completo de todas las inspecciones, pruebas y mantenimientos realizados a la trampa de vapor. Estos registros ayudaran de manera eficiente a seguir adecuadamente el estado y programar futuras tareas de mantenimiento 		

ANEXO C: GUÍA DE LABORATORIO DE LAS TRAMPAS DE VAPOR

**FACULTAD: MECÁNICA
CARRERA: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**GUÍA DE LABORATORIO DE GENERACIÓN DE VAPOR Y REFRIGERACIÓN
PARALELO:**

PRÁCTICA No.- TRAMPAS DE VAPOR

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE	CÓDIGO	% DE PARTICIPACIÓN

GRUPO No.:

FECHA DE REALIZACIÓN:

aaaa-mm-dd

FECHA DE ENTREGA:

aaaa-mm-dd

2. OBJETIVO

Realizar pruebas y análisis relacionados al funcionamiento de un sistema de trampas de para evaluar el rendimiento en condiciones de operaciones reales del sistema y así poder analizar posibles fallas en las trampas de vapor y buscar soluciones óptimas para el sistema.

3. INSTRUCCIONES

1. Al ingresar tener puestos de manera correcta el equipo de protección de personal y contar con todos los materiales y equipos necesarios para realizar el mantenimiento.
2. Preparar el sistema verificando que todas las válvulas se encuentren cerradas antes de iniciar cualquier trabajo.
3. Realizar una inspección visual de todas las líneas del sistema para detectar cualquier fuga o daño evidente.
4. Finalmente realizar las pruebas del sistema de las trampas de vapor

3.1. QUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Guantes
- Gafas de seguridad
- Mandil

3.2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Banco de pruebas de trampas de vapor



Figura 1. Banco de pruebas de trampas de vapor

4. MARCO TEÓRICO

Las trampas de vapor son dispositivos utilizados en sistemas de distribución y condensación de vapor para eliminar de manera efectiva el condensado y evitar la pérdida de vapor. Estas trampas de vapor se basan en principios termodinámicos o mecánicos para su funcionamiento.

Clasificación de las Trampas de vapor

Las mecánicas

Trabajan con la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado poseen un flotador, el cual se activa para descargar el condensado acumulado. Cuando está cerrada la trampa repite nuevamente el ciclo, llenándose de vapor para luego nuevamente descargar el condensado.

A su vez se clasifica en dos tipos de trampas como la trampa de vapor mecánica tipo boya y trampa de vapor mecánica de tipo flotador libre

- **Trampa de Vapor Mecánica tipo boya**

La trampa de vapor mecánica de tipo boya opera bajo el principio de diferencia de densidad que existe entre el condensado y el vapor. En este tipo de trampas, la válvula siempre se encuentra inundada, así que ni el vapor ni el aire pueden ser evacuados. Ésta era la razón por la cual, en las primeras trampas de este tipo, se instalaron venteadores de aire manuales en la parte superior de la trampa. Las trampas modernas usan un sistema termostático para remover el aire de la trampa. Esto le permite a la trampa sacar el aire que se encuentra al principio del ciclo, mientras sigue manejando el condensado. Una vez evacuado el aire inicial, se mantiene cerrado hasta que aire, u otros gases no condensables se acumulen en la trampa, lo que causa que se abra de nuevo, debido a la diferencia de temperatura que hay entre estos gases y el vapor (Torres, 2020).

- **Trampa de vapor mecánica de tipo flotador libre**

Este tipo de trampa es similar a la de flotador con palanca (boya), sin embargo, a diferencia de ella no existe nada que sujete el flotador y por tanto la única parte en movimiento es el flotador. El asiento del flotador (orificio) debe ser tratado térmicamente, lo que incrementa su dureza. Adicionalmente se elabora en acero inoxidable.

Las termodinámicas

Éstas, operan por el principio de diferencia entre el flujo de vapor y del condensado. Al entrar el vapor, éste llega con una velocidad mayor y el disco que usan como válvula, se cierra; entonces, este disco se abre al presentarse la baja velocidad del condensado para desalojarlo.

Las termostáticas

Funcionan mediante un sensor de temperatura, el cual mide la variación de ésta entre el vapor y el condensado. La trampa respectiva se abre, al llegar a un valor específico de temperatura para drenar el condensado.

Completar (2 hoja)

5. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

Remplace este cuadro por una fotografía de la trampa de vapor a analizar.

1. Definir el alcance del análisis:
 - Reconocer los elementos y equipos del sistema.
 - Establecer los criterios de evaluación y clasificación de criticidad.
2. Recopilar datos e información:
 - Obtener documentación técnica de los equipos (manuales, especificaciones, planos, etc.).
3. Montaje de las trampas de vapor:
 - Seleccionar una trampa de vapor y explicar el proceso de montaje
 - Indicar como conectar la trampa de vapor a la línea de vapor y a la línea de condensado
 - Realizar inspecciones visuales del equipo
4. Pruebas de funcionamiento:
 - Describir como realizar las pruebas de funcionamiento en las trampas de vapor.
 - Aplicar vapor a la trampa de vapor y observar su comportamiento.
 - Comprobar si la trampa de vapor esta funcionando correctamente abriendo y cerrando de la válvula.
 - Realizar pruebas de inspección visual para la detección de fallas,
 - Realizar ajustes si es necesario y registrar los resultados.
5. Medición y registro de datos:

- Registro de datos durante el funcionamiento del sistema de trampeo como: presión, temperatura, condensado.
 - Registrar los datos en una tabla de Excel.
 - Calcular el vapor flash del sistema de trampeo
6. Análisis de datos:
- Comparar la presión del vapor antes y después de la trampa
 - Medir la temperatura del condensado
 - Evaluar si la trampa esta eliminando eficientemente el condensado y evita las perdidas de vapor
7. Repetición del procedimiento:
- Repetir los pasos del procedimiento para cada tipo de trampa de vapor.
 - Asegurarse de medir y registrar los datos relevantes para cada trampa y realizar pruebas de funcionamiento
8. Monitorear y revisar:
- Establecer un sistema de seguimiento y monitoreo continuo de los equipos críticos.
 - Realizar revisiones periódicas del análisis de criticidad para actualizar la clasificación y ajustar las estrategias de mantenimiento.

6. RESULTADOS OBTENIDOS

6.1. Manejo de instrumentos y equipos

(Describir secuencialmente el manejo de la herramientas y actividades realizadas con las respectivas advertencias de seguridad con el ícono como viñeta  ; puede utilizar imágenes recortadas)

7. CUESTIONARIO

a) ¿Cuál es el propósito principal de implementar un sistema de trampas de vapor en su planta o sistema de vapor?

.....

b) ¿Cuál ha sido su experiencia con las trampas de vapor existentes en términos de eficiencia y confiabilidad?

.....

c) ¿Qué tipo de condensado maneja su sistema de vapor (por ejemplo, vapor saturado, vapor sobrecalentado, agua condensada, etc.)?

.....
.....

d) ¿Existe alguna restricción de espacio o diseño que debamos tener en cuenta al seleccionar las trampas de vapor?

.....
.....

e) ¿Cuál es su objetivo principal al implementar un nuevo sistema de trampas de vapor?

.....
.....

f) Define qué es una trampa de vapor y cuál es su función en un sistema de vapor.

.....
.....

g) ¿Cuál es la diferencia entre una trampa de vapor termodinámica y una trampa de vapor de flotador?

.....
.....

h) Explica cómo se selecciona una trampa de vapor adecuada para una aplicación específica.

.....
.....

i) ¿Cuáles son los factores clave a considerar al diseñar un sistema de trampas de vapor eficiente?

.....
.....

j) Describe brevemente el principio de funcionamiento de una trampa de vapor de cubeta invertida.

.....
.....

k) ¿Cuál es la importancia de mantener las trampas de vapor en buen estado y realizar un mantenimiento regular?

.....
.....

l) ¿Cuáles son los problemas comunes asociados con las trampas de vapor y cómo se pueden solucionar?

.....

.....

CONCLUSIONES

(Describir en forma lógica las conclusiones a las que llegó usted con la realización de esta práctica)

8. RECOMENDACIONES

(Describir en forma lógica las recomendaciones que sean pertinentes para la realización de la práctica)

9. REFERENCIAS

LUDWIG, J. *Water Softening and Conditioning*. McGraw-Hill Education, 2009.

MASTERSI. *Mejores prácticas para las tuberías del sistema de condensado* [en línea] 2021. Disponible en: <https://www.mastersi.com.pe/mastersi/blog/172-mejores-practicas-para-las-tuberias-del-sistema-de-condensado>.

MIYAWAKI. *Trampas de vapor de cubeta invertida*. [en línea] 2019. Disponible en: <https://www.miyawaki.net/es/products/steam-traps/inverted-bucket-steam-traps>.

MIYAWAKI. *Trampas de vapor termodinámicas*. [en línea] 2019. Disponible en: <https://www.miyawaki.net/es/products/steam-traps/thermodynamic-steam-traps>

ING. EDWIN JÁCOME
DOCENTE DE LA ASIGNATURA

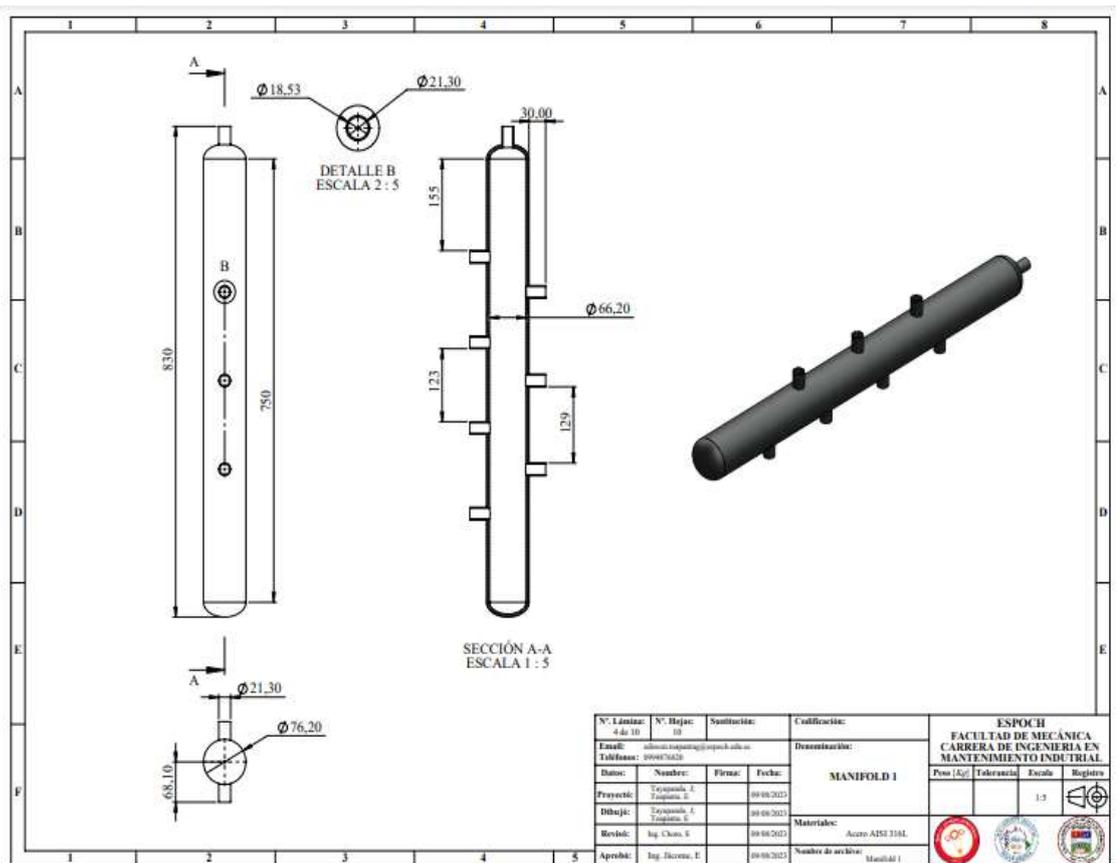
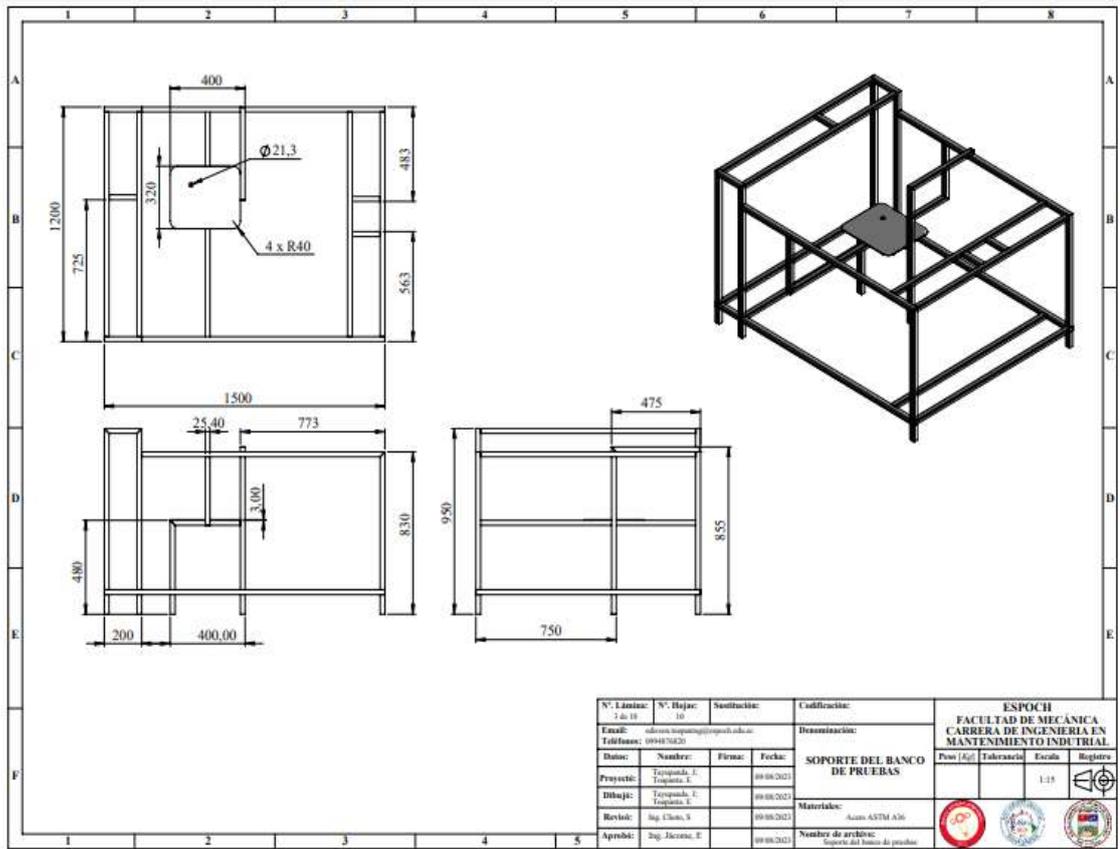
JEFE DE GRUPO

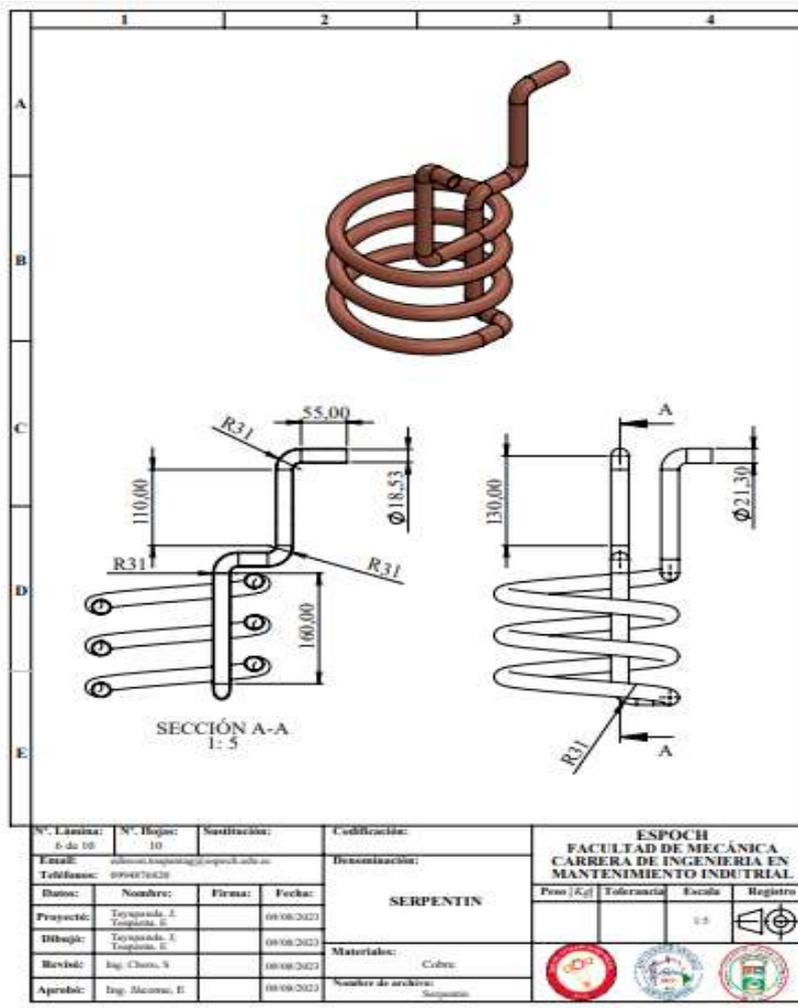
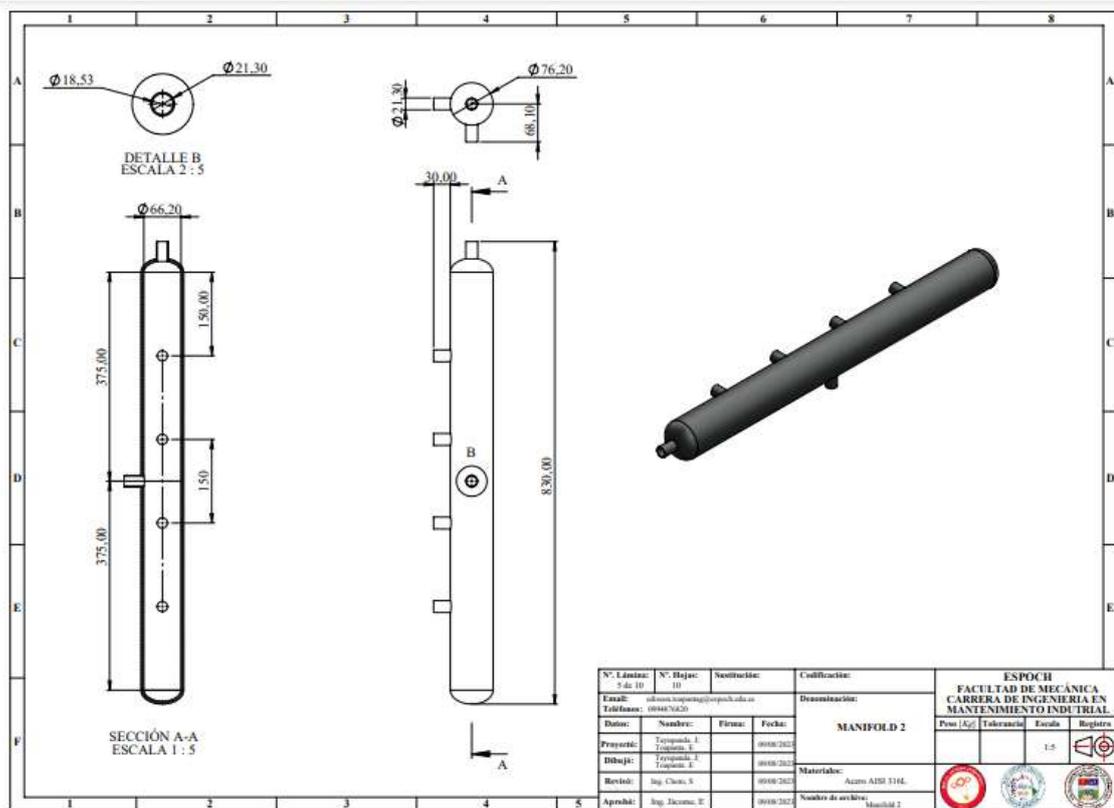
ANEXO D: PLANOS DEL BANCO DE PRUEBAS

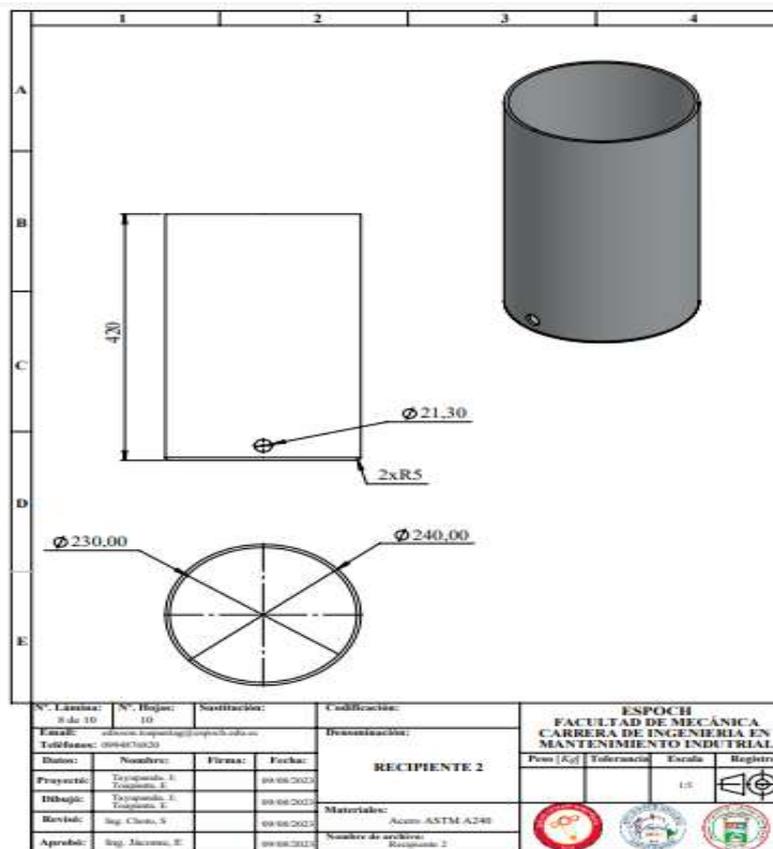
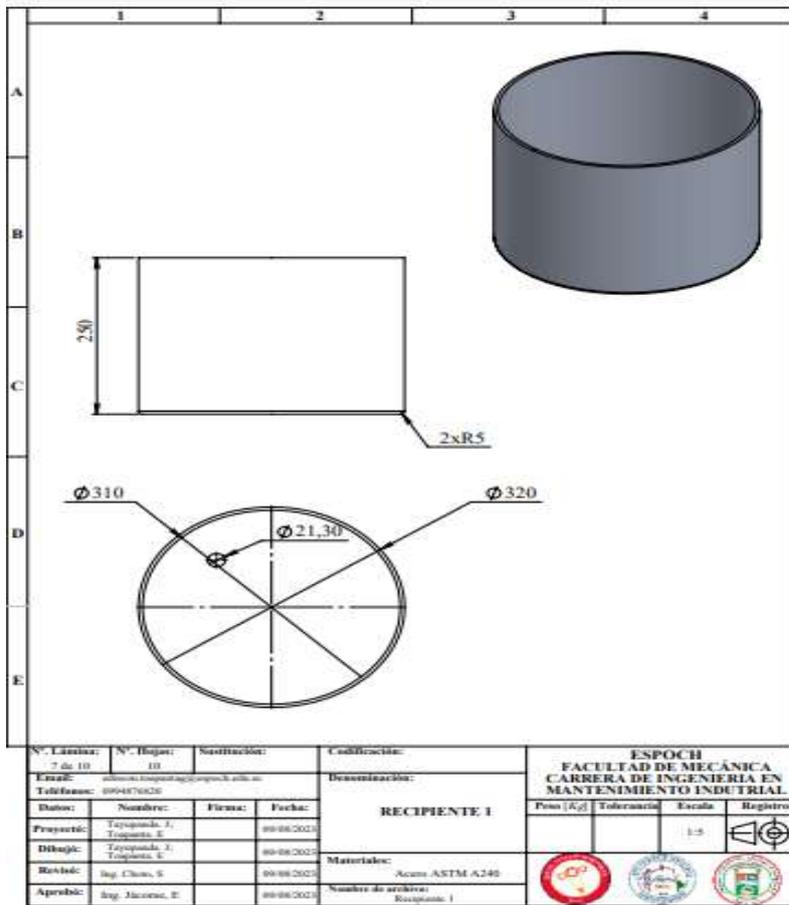
N° Lámina: 2 de 10	N° Hojas: 10	Sección:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL		
Email: eduardo.moreno@esPOCH.edu.ec	Descripción:			Peso [Kg]	Tolerancia	Escala
Teléfono: 0994676620	BANCOS DE PRUEBAS DE TRAMPAS DE VAPOR					1:10
Datos:	Nombre:	Firma:	Fecha:	Materiales:		
Proyecto:	Tramapa 1 Tramapa 2		09/08/2023	Número de archivo: Banco de pruebas de trampa de vapor		
Dibujó:	Tramapa 1 Tramapa 2		09/08/2023			
Revisó:	Ing. Chema, S.		09/08/2023			
Aprobó:	Ing. Alacena, E.		09/08/2023			

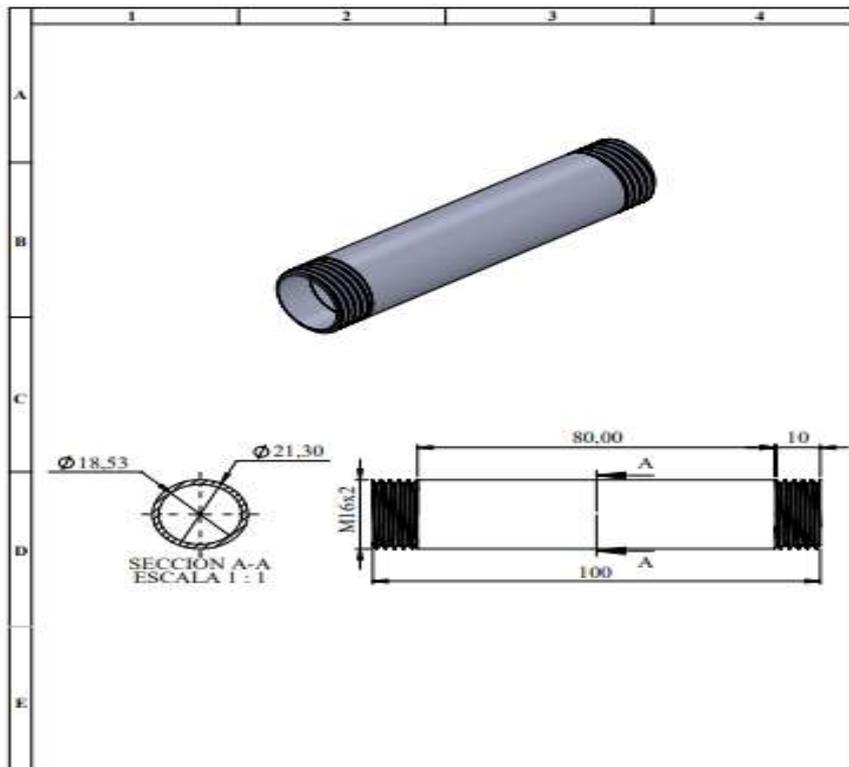
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	16	Perfil cuadrado de la estructura de la mesa	Acero ASTM A36
2	31	Niple barra, SCH 40, 1/2"	Acero AISI 304
3	14	Codo de 90° roscable, 1/2"	Acero ASTM A351
4	1	Trampa de vapor termostática, 1/2"	Latón
5	1	Trampa de vapor termodinámica, 1/2"	Acero ASTM A216
6	3	Tapon cuadrado, 1/2"	Acero ASTM A351
7	1	Sifón cola de cerdo	Acero ASTM A351
8	1	Manómetro	Acero AISI 304
9	1	Manifold 1	Acero AISI 316 L
10	5	Válvula de compuerta, 1/2"	Acero ASTM A351
11	11	Unión universal, 1/2"	Acero ASTM A182
12	1	Serpentín	Cobre
13	1	Tee clase 150, 1/2"	Acero ASTM A351
14	15	Niple hexagonal, 1/2"	Acero ASTM A351
15	1	Trampa de vapor mecánica tipo boya, 1/2"	Acero al carbono 1.0619
16	1	Recipiente 1	Acero ASTM A240
17	1	Trampa de vapor mecánica de valde invertido, 1/2"	Fondo gris (EN-5.1301)
18	4	Válvula check, 1/2"	Acero ASTM A351
19	1	Manifold 2	Acero AISI 316 L
20	2	Válvula de bola, 1/2"	Acero ASTM SS316
21	1	Recipiente 1	Acero ASTM A240

N° Lámina: 2 de 10	N° Hojas: 10	Sección:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL		
Email: eduardo.moreno@esPOCH.edu.ec	Descripción:			Peso [Kg]	Tolerancia	Escala
Teléfono: 0994676620	VISTA EXPLOSIONADA DEL BANCO DE PRUEBAS DE TRAMPAS DE VAPOR					1:1
Datos:	Nombre:	Firma:	Fecha:	Materiales:		
Proyecto:	Tramapa 1 Tramapa 2		09/08/2023	Número de archivo: Vista explosión del banco de pruebas de trampa de vapor		
Dibujó:	Tramapa 1 Tramapa 2		09/08/2023			
Revisó:	Ing. Chema, S.		09/08/2023			
Aprobó:	Ing. Alacena, E.		09/08/2023			

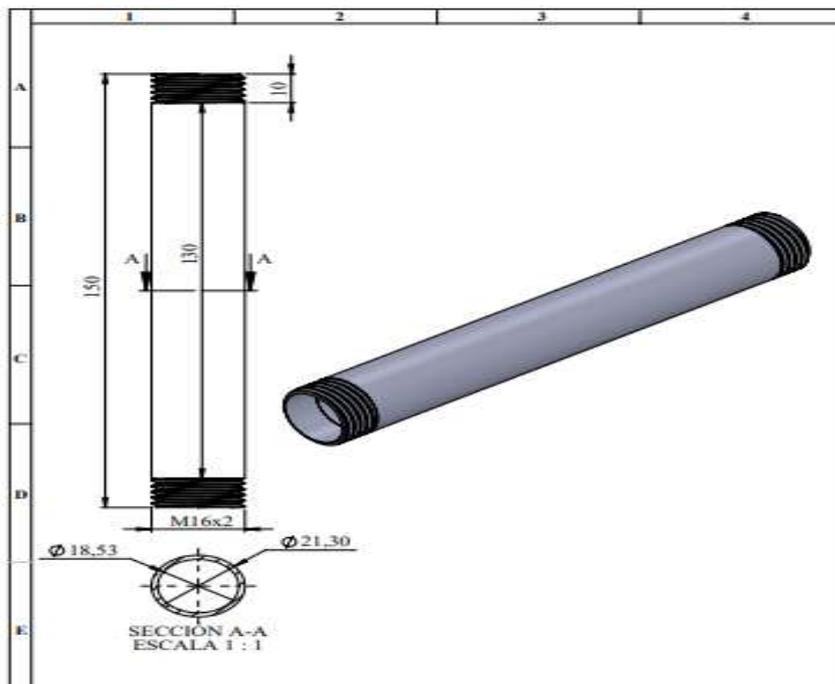








N.º Lámina:	N.º Hojas:	Sustitución:	Colibración:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
9 de 10	03							
Email:	eduardo.morales@esPOCH.edu.ec		Desensación:	NIPLA BARRIL 10CM SCH 40 1/2"	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Teléfono:	0994871628						1:1	
Datos:	Nombre:	Firma:	Fecha:	Material:				
Proyectó:	Erasmo E. Tapia		09/08/2023	Aceiro AISI 304				
Diseño:	Erasmo E. Tapia		09/08/2023	Numero de arbolos:				
Revisó:	Ing. Chito, S.		09/08/2023	Niple base 1.5cm SCH 40 1/2"				
Aprobó:	Ing. Alvaroa, E.		09/08/2023					



N.º Lámina:	N.º Hojas:	Sustitución:	Colibración:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
10 de 10	10							
Email:	eduardo.morales@esPOCH.edu.ec		Desensación:	NIPLA BARRIL 15CM SCH 40 1/2"	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Teléfono:	0994871628						1:1	
Datos:	Nombre:	Firma:	Fecha:	Material:				
Proyectó:	Erasmo E. Tapia		09/08/2023	Aceiro AISI 304				
Diseño:	Erasmo E. Tapia		09/08/2023	Numero de arbolos:				
Revisó:	Ing. Chito, S.		09/08/2023	Niple base 1.5cm SCH 40 1/2"				
Aprobó:	Ing. Alvaroa, E.		09/08/2023					