



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Diseño de distribución de vapor para sustituir generador de las
autoclaves de esterilización del hospital regional Las Mercedes-
Chiclayo**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Herrera Anto, Alexander Miguel (orcid.org/0000-0001-8119-794X)

Pasco Melendez, Erick Fabricio (orcid.org/0000-0003-3108-3673)

ASESOR:

Dr. James Skinner Celada Padilla (orcid.org/0000-0002-5901-2669)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2023

Dedicatoria

A Dios, mi roca fuerte, por darme la fuerza y entendimiento en este logro académico, a mi esposa e hijos, por ser mi apoyo en momentos de turbulencia han sido mi ancla y en los buenos momentos y mi razón de mi sonrisa.

A mis maestros, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la

Dedico a mi madre, a quien le debo toda mi vida, le agradezco el cariño y su comprensión, quien ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el

Agradecimiento

Agradezco a DIOS, a mis padres y a mi familia, por ser el motivo y fortaleza de lo que hoy ahora soy como persona.

.

A la universidad me dio la bienvenida al mundo con las oportunidades que me ha brindado.

Agradezco mucho por la ayuda de mis maestros, compañeros, y la universidad en general

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de Investigación	12
3.2. Variables y Operacionalización	12
3.3. Población (criterio de selección),	23
3.4. Técnica e Instrumentos de recolección de datos	24
3.5. Procedimientos	24
3.6. Métodos de análisis de datos	26
3.7. Aspectos Éticos	27
IV. RESULTADOS.....	28
V. DISCUSIÓN	59
VI. CONCLUSIONES	63
VII. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Suministro energético en autoclaves.....	20
Tabla 2. Densidad relativa y calor específico	24
Tabla 3. Dimensiones de tubería de transporte de vapor.[2]	29
Tabla 4. Accesorios en tuberías que van desde el caldero hasta los puntos de conexión con esterilizadores.	30
Tabla 5 Propiedades de transporte del vapor a la salida del caldero	38
Tabla 6. Proceso iterativo de temperaturas entre los puntos 2 y 3.	44
Tabla 7. Costo de materiales	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consumo mensual de energía, en kW-h	21
Figura 2. Consumo de energía por áreas	21
Figura 3. placa del generador eléctrico	22
Figura 4 Placa de caldero de GLP ubicado en hospital	27
Figura 5. Datos de placa de caldera en H. Las Mercedes.....	28
Figura 6. Distribución de tuberías.	31
Figura 7. Modelo de aislamiento térmico de tubería de vapor	37
Figura 8. Diagrama de flujo para estimar condiciones térmicas en estado 3 de la tubería de vapor.....	44
Figura 9. Volumen de control de red de vapor en estado 3 y los puntos donde se ubican los esterilizadores.....	45
Figura 10. Unión Universal de Vapor.....	48
Figura 11. Trampa termodinámica de vapor.....	48
Figura 12. Reducción Bush.....	49
Figura 13. Tubería para bypass 1 ½"	50
Figura 14. Tubería para la línea de condesado de 1"	50
Figura 15. Tubería de ingreso de vapor a las autoclaves de 1".....	51
Figura 16. Filtro tipo Y.....	52
Figura 17. Válvula de globo para vapor	53
Figura 18. Distribucion de la red de vapor desde el caldero hacia las dos autoclaves	55

RESUMEN

Esta propuesta surgió de la necesidad de aumentar la capacidad de la demanda de la red de distribución de vapor del hospital Regional Las Mercedes de Chiclayo, en la actualidad cuenta con dos líneas de vapor para el servicio de lavandería y cocina central, para la alimentación de la distribución de la red de vapor de central de esterilización la cual cuenta con dos autoclaves de esterilización para seleccionar de manera efectiva seleccionar una tubería de distribución adecuada, el aislamiento adecuado para evitar pérdidas de transferencia de calor.

Los enfoques de investigación utilizados son analíticos y sintéticos. El diseño del estudio fue descriptivo y las herramientas utilizadas para la recolección de datos fueron documentales y empíricas.

Se utilizaron dos softwares para evaluar redes de distribución de vapor en varios servicios hospitalarios. Uno es un software llamado Aislam que se usa para este propósito específico y el otro usa el programa de ingeniería de vapor TLV para dimensionar el diámetro de la tubería.

Palabras clave: distribución, vapor, aislamiento, transferencia

ABSTRACT

This proposal arose from the need to increase the demand capacity of the steam distribution network of the Las Mercedes de Chiclayo Regional Hospital, which currently has two steam lines for the laundry service and central kitchen, for feeding the distribution of the steam network of the sterilization plant which has two sterilization autoclaves to effectively select an adequate distribution pipe, adequate insulation to avoid heat transfer losses.

The research method is analysis and synthesis; The applied design is descriptive, whose data collection instruments were documentary and empirical.

After evaluating the steam distribution network in the different hospital services, using a software called Aislam and another for sizing the pipe diameter with the Steam engineering TLV program.

Keyword: distribution, steam, insulation, transfer.

I. INTRODUCCIÓN

El propósito para este proyecto es de diseñar la distribución de vapor desde la salida del caldero hasta el ingreso de las autoclaves de central de esterilización del hospital regional Las Mercedes – Chiclayo, con la finalidad de sustituir generadores de vapor que utilizan resistencias eléctricas elevando el consumo y los costos económicos.

Los equipos que trabajan a vapor son de alta precisión y seguridad, basándonos en la caldera la cual usa agua blanda y se presuriza con el fin de generar vapor seco, el cual tiene el poder de eliminar el 99.9% de los patógenos en segundos. (Quiroz, M. (2020) Recomendaciones para considerar el uso seguro de autoclaves de vapor junto con el proceso de esterilización. Los equipos sometidos a presión constituyen un factor de peligro podría presentar un riesgo de explosión el perfeccionamiento de las redes de distribución de vapor considera que debería ser una adecuada tubería y llevar accesorios como trampas de vapor Torres L., (2022),

Lozano, G, Medina, .R. y Paredes, R., (2020) es importante el dimensionamiento de tuberías y aislante térmico ya que evita la transferencia de vapor y esto sería pérdidas económicas.

Zavala, R. (2021). Diseño de redes de vapor para las áreas de servicio del Hospital ESSALUD II de Moquegua, que se beneficiarán del paso del Gasoducto Sur Andes.

Los sistemas de tuberías deben ser diseñadas, construidas, inspeccionadas y probadas de acuerdo de los códigos y estándares

Santizo, D. (2020) la generación directa del sol utilizando tecnología de concentración cilindro parabólico para la evaporación el sistema intento cubrir una demanda de vapor de 63 ton/día, los colectores su función es de almacenar energía solar en forma de vapor gracias a la evaporación

El hospital ubicada en Chiclayo tiene en su casa de fuerza una caldera piro tubular de 60BHP generando vapor saturado a una presión de 100 psi utilizando GLP para la combustión, el retorno o condensado regresa al tanque de alimentación por medio de tuberías de alta presión y temperatura, el cual se mezcla con el agua blanda a una temperatura de 75°C el agua blanda se obtiene mediante una planta de tratamiento utilizando resina sintética que se encarga de eliminar los minerales del agua dura. La caldera genera 2070 lb/hora, de la distribución del vapor cumpliendo diversas funciones como: distribuidor, acumulador, separador de humedad, centralizador y facilitador de vapor.

Por lo expuesto se plantea realizar el presente análisis de investigación para el diseño de distribución de vapor para abastecer autoclaves de esterilización en el hospital Regional Las Mercedes – Chiclayo, calculando el diámetro, longitud y dimensionamiento de las tuberías de vapor y de condensado para ser recuperado y así aumentar la eficiencia y disminuir los costos, utilizando revestimiento térmico en la distribución de vapor y condensado.

La formulación del problema a investigar es: ¿Cómo diseñar la red de distribución de vapor para abastecer autoclaves de esterilización en el hospital Regional Las Mercedes - Chiclayo?.

El motivo de la investigación es técnico, porque surge un método para determinar e implementar mejoras al sistema de vapor saturado, de tipo tecnológico, es posible actualizar la tecnología. empleando forros de mediacaña compactos y recubiertos por forro de aluminio para evitar las pérdidas por transferencia de calor y la recuperación de condensado de la distribución de vapor.

El objetivo general: Diseñar la red de distribución de vapor para sustituir generador de las autoclaves de esterilización en el hospital Regional Las Mercedes – Chiclayo siendo el objetivo específico de la investigación seria: (1) Analizar el suministro actual de vapor en el área de central de esterilización del hospital Las Mercedes (2) Determinar los parámetros de diseño de las tuberías de la red de vapor (3) Diseñar la distribución de vapor de acuerdo a los requerimientos de las autoclaves (4) Realizar una evaluación financiera de la propuesta.

La hipótesis de la investigación se plantearía del siguiente modo: el abastecimiento de vapor a las dos autoclaves y mejoramiento de la red de vapor.

II. MARCO TEÓRICO

Rodríguez Vargas Javed (2021), El Hospital Carlos Luis Valverde Vega, perteneciente a la Caja Costarricense de Seguro Social, se encuentra enfocado en alcanzar la neutralidad de carbono y reducir uso de carburante fósiles en la producción de vapor de agua. Para lograrlo, se llevó a cabo una auditoría energética que evaluó el consumo de vapor generado por una caldera Claver Brooks, y se propusieron indicadores de desempeño energético siguiendo la norma ISO 50006. Se determinó que únicamente se transmitía vapor a las áreas de esterilización, mientras que otras áreas como lavandería, y cocina utilizaban el sistema de calentamiento de agua XFyre®. Se presentaron dos opciones para reemplazar los derivados del petróleo por electricidad: sistemas individuales para las áreas de esterilización o un sistema centralizado de caldera eléctrica que cubriera todo el hospital. Se realizaron análisis de costo de para la evaluación de la viabilidad del ciclo de vida de la conversión a energía eléctrica. Se decidió implementar sistemas autoclaves con generadores eléctricos de vapor propios para las áreas de esterilización y eliminar la caldera Claver Brooks. Junto con los procedimientos correspondientes. Se implementó una primera medida de conservación de energía a través de un sistema economizador de colectores de energía solar térmica. Se planteó una segunda oportunidad de centralizar el sistema de generación de vapor mediante una caldera eléctrica. Cada etapa del proyecto incluyó una evaluación económica en concordancia con el plan nacional de energía 2015-2030 y principios de la economía circular en Costa Rica.

El trabajo de Ávila Cochancela y Samantha Salomé (2022) surge a raíz de la deficiente atención que reciben el equipamiento médico en los hospitales públicos y privados de Ecuador. En particular, en el Hospital Santa Inés de la ciudad de Cuenca, se destaca la calidad de sus instalaciones y el profesionalismo de su personal, por lo que es crucial que su equipamiento médico esté en óptimas condiciones para garantizar un tratamiento de alta calidad a todos los pacientes. La metodología empleada para la planificación del mantenimiento preventivo incluyó la

recopilación de datos físicos, la descripción de equipos, entrevistas con técnicos de mantenimiento internos y externos y la investigación de diferentes patrones de uso. Al mismo tiempo, se inició el desarrollo del software CMMS utilizando la información obtenida previamente y se llevaron a cabo entrevistas con los departamentos de planificación clínica, enfermería y compras, para seleccionar los módulos de gestión apropiados. Como resultado, se ha creado un proyecto de mantenimiento proactivo para los equipos críticos y un software de gestión de mantenimiento que administra de manera efectiva su mantenimiento, prolongando su vida útil y reduciendo los costos adicionales de mantenimiento correctivo.

El objetivo de este estudio realizado por Gloria Fernández Palomino en 2022 es establecer una conexión entre el conocimiento y la práctica de la esterilización por vapor por parte de las enfermeras en el Hospital Regional Central de Esterilización de Ayacucho. El enfoque metodológico utilizado en este estudio es aplicado, hipotético-deductivo, correlacional, observacional y transversal. La población a estudio se compone de 32 enfermeras que trabajan en el centro de esterilización del Hospital Regional Ayacucho. El instrumento utilizado en la recolección de datos consiste en un cuestionario de opción múltiple para evaluar el conocimiento de las enfermeras sobre el proceso de esterilización, y una ficha de observación para evaluar la aplicación de la esterilización por vapor por parte del personal de enfermería. Las técnicas utilizadas para la recolección de datos son la encuesta y la observación. Los datos recolectados son procesados y analizados mediante estadística descriptiva, mostrando los resultados en tablas de frecuencia y estadística inferencial mediante la prueba Rho de Spearman para contrastar las hipótesis planteadas en el estudio.

Sebastián Ismael Loaiza-Pereira (2022) llevó a cabo este proyecto en el sistema de vapor del Hospital San Juan de Dios, uno de los hospitales de Clase A más importantes del país, donde la planta de calderas es crucial para los procesos diarios. La falta de gestión de la energía ha llevado a la falta de conocimiento sobre los aspectos ambientales, energéticos y económicos del uso y consumo de vapor, lo que resulta en la falta de control óptimo del rendimiento y la mejora continua del

proceso. El autor identificó que no existía información energética sobre el uso y consumo de vapor o la gestión de costos de producción monitoreada por indicadores de información. Para abordar este problema, se utilizó la norma ISO 50001 como marco para desarrollar un sistema de gestión energética que permitiera determinar la eficiencia energética de los procesos de transmisión y captación de vapor, generando oportunidades de optimización, medición energética e indicadores de control para los distintos subsistemas. La planificación es la primera etapa del ciclo PDCA, que se sintetiza en un plan estratégico, donde se comprende el contexto de los asuntos internos de la institución, se forman los equipos de política y gestión energéticas, y se establece un plan de trabajo para el análisis y evaluación de procesos.

Torres (2020) buscó optimizar la distribución de las redes de transporte de vapor y condensados mediante la recolección de datos y un enfoque cualitativo en su investigación. Para evaluar los resultados y mejorar el desarrollo, se realizaron cálculos, tablas y se utilizó un software de soporte. Como resultado, se concluyó que el estado actual de las redes de vapor y condensación no corresponde a las dimensiones de los tubos, incluyendo el colector y sus salidas de vapor.

El proyecto de investigación de Yauri (2018) tiene como objetivo aumentar la capacidad de la red de vapor en el Hospital Regional Ramiro Priale de Huancayo debido a la adición de dispositivos de calefacción en varias áreas. La metodología utilizada en este estudio implicó un análisis de la construcción, junto con el uso de instrumentos tanto documentales como empíricos. Luego de dimensionar las tuberías, se evaluó la red de vapor utilizando programas de consumo de combustible y dimensionamiento de tuberías como el desarrollado por Aislam et al. y datos de la empresa TLV, que se especializa en tecnología de vapor. Con base en los resultados de la evaluación, se aumentó el diámetro de la tubería de vapor que va desde el colector hasta la última colada, lo que llevó a la conclusión de que el diámetro de la tubería debe aumentarse hasta cierto punto.

El propósito de la investigación de Alvaro Alberto Rodríguez Ruiz (2023) es presentar una propuesta para mejorar la eficiencia y rentabilidad de la red de

distribución de vapor de la empresa pesquera Vlacar SAC, mediante el análisis del sistema actual de vapor en la planta. Para lograr esto, se utilizaron técnicas recomendadas por Spirax Sarco y otros autores para calcular el diseño excelente de la red de distribución de vapor, que permita minimizar las pérdidas de presión y calor a través del aislamiento. Como resultado, se logró reducir la pérdida total de calor en 49705572 KJ/h y disminuir el consumo de petróleo bunker-6 en 31.46 gal/h, lo que se tradujo en una disminución de la ratio de petróleo bunker-6 de la empresa en 2.69 gal/tmHP, es decir, una reducción del 5.52%. Como resultado, la empresa podría ahorrar US\$ 62725 y el periodo de restauración de la inversión se estima en 1.32 años.

En su proyecto, Galo Cárdenas Triviño (2021) evaluó factibilidad técnica y económica de una planta piloto industrial de nano fibras de celulosa (NFC) cuya superficie química es modificada mediante acetilación. El estudio incluyó el desarrollo de la ingeniería conceptual y básica, la definición de los equipos necesarios para cada etapa del proceso, el análisis de balances de materia y energía, la estimación de los costos de operación e inversión total, y la evaluación de la rentabilidad del proyecto a través del flujo de caja para un período de 10 años. Como resultado, se determinó que el proyecto es factible tanto técnica como económicamente, presentando una oportunidad para las empresas interesadas en introducir un nuevo producto en el mercado.

Principio del formulario

Final del formulario

En su artículo, Erick Ronaldo Recinos Márquez (2021) destaca la importancia de que las entidades proveedoras de servicios cuenten con un sistema alternativo de generación de energía que pueda ser utilizado en diversos procesos dentro de sus instalaciones cuando sea necesario, además de la electricidad. El autor describe los pasos necesarios para dimensionar una caldera y su sistema de distribución de vapor con sus accesorios para cumplir con los requerimientos de un hospital. Para determinar la capacidad de la caldera, se analizaron los consumos de vapor por área, los cuales se obtuvieron a partir de las características de cada área y la

información proporcionada por el personal del hospital. El artículo detalla el proceso para seleccionar los diámetros y diseñar la distribución de la tubería dentro del hospital, incluyendo mediciones físicas de las instalaciones y supuestos detallados en el momento apropiado.

Biolato (2020) se enfocó en su proyecto integrador en diseñar y equipar el área de emergencias del Hospital Municipal "Dr. José María Minella" en Monte Maíz, a partir de las necesidades expuestas por el personal médico y no médico del hospital. Realizó un relevamiento completo del establecimiento y un análisis demográfico de la zona para entender las necesidades de atención médica de la población, además de investigar la normativa vigente y desarrollar un marco teórico para guiar la obra. Se analizaron los proveedores de equipamiento para obtener los mejores precios y características, y se incluyeron sugerencias para mejorar la dinámica de funcionamiento del hospital y la seguridad y confort de pacientes, familiares y personal de trabajo. En el anexo se encuentran los planos correspondientes a cada etapa del proyecto.

Loaiza-Pereira (2020) enfocó su proyecto en el sistema de vapor del Hospital San Juan de Dios, uno de los hospitales de clase A más importantes del país. La planta de calderas es crucial para los procesos diarios, pero la falta de gestión energética ha generado un desconocimiento en materia ambiental, energética y financiera del uso y consumo de vapor, lo que impide un control óptimo del desempeño y mejora continua de los procesos. Para solucionar esto, el proyecto desarrolló un Sistema de Energía basado en la norma ISO 50 001, que permitió determinar el desempeño energético de los procesos de distribución y trampeo, generar oportunidades de optimización, indicadores de medición y control de energía para los diferentes subsistemas, y establecer una política energética que cumple con los requisitos del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital. El modelo se basa en el ciclo PHVA o Deming, y se realizó un plan de trabajo para el análisis y evaluación de los procesos, en el que la primera etapa es la planificación del plan estratégico con la política energética y los equipos de gestión de la energía.

Alvares, A. C. (2021). En este estudio, hemos creado un mapa conceptual que presenta el concepto de transferencia de calor y los tres tipos de transferencia asociados, así como las leyes que los gobiernan. Además, se han proporcionado ejemplos concretos de situaciones cotidianas en las que ocurre la transferencia de calor, como sentir el calor del sol mientras caminamos por la calle. También se han analizado las características distintivas de cada tipo de transferencia de calor y se ha explicado cómo identificarlos y calcularlos. Es importante destacar que la transferencia de calor no solo se encuentra en situaciones comunes, sino que también tiene aplicaciones relevantes en la industria, lo que resulta especialmente relevante para ingenieros como nosotros.

Baritto, M. (2020). En este estudio se propone una metodología para optimizar los insertos cónicos utilizados en intercambiadores de calor para calentar gases en tuberías. Se abordan dos casos de optimización: el diseño de un intercambiador de calor desde cero y la incorporación de los insertos en un intercambiador existente. Se llevó a cabo un análisis paramétrico para investigar cómo diferentes parámetros de diseño afectan la temperatura de descarga y la irreversibilidad termodinámica. Los resultados de la optimización se presentan considerando distintas combinaciones de parámetros, y se analizan las tendencias observadas en las configuraciones óptimas. Se determinó que, en ambos casos de optimización, las configuraciones óptimas se caracterizan por tener la menor severidad en los insertos y la menor relación de aspecto (L/D) en las tuberías. El número de tubos se ajusta para cumplir con los requisitos de temperatura de descarga, teniendo en cuenta el número de Reynolds.

Canteros (2023). El propósito de este proyecto consiste en diseñar un sistema integral de gestión de higiene y seguridad que cumpla con los estándares internacionales y las leyes locales y nacionales. El objetivo principal es establecer una estructura sólida que abarque todos los riesgos asociados con la operación de la caldera, con el fin de salvaguardar la seguridad y el bienestar del personal y proteger los activos de la empresa. Para alcanzar este objetivo, se seguirán los siguientes principios: garantizar el cumplimiento de la legislación vigente, asegurar

el compromiso de la alta dirección en el cumplimiento de las políticas establecidas, llevar a cabo análisis de riesgos en las tareas, desarrollar y cumplir con los procedimientos de trabajo, buscar de manera continua la mejora en todos los aspectos, proporcionar capacitación y entrenamiento constante.

Guevara (2022). En esta investigación de titulación se desarrolló un procedimiento práctico para realizar el mantenimiento overhaul de calderas pirotubulares de 5 a 350 BHP, presentando una opción factible para la restauración completa de estos equipos. Se llevaron a cabo estudios para identificar los componentes principales de una caldera y comprender los requisitos esenciales que los clientes solicitan al requerir un mantenimiento overhaul. Se diseñó un modelo de evaluación utilizando el proceso de evaluación de criticidad API, lo que permitió identificar los componentes críticos y desarrollar un procedimiento de mantenimiento overhaul. Se creó un flujograma específico para el mantenimiento overhaul que se enfoca en los componentes críticos de la caldera. El objetivo principal es reemplazar aquellos componentes que han presentado fallas o están cerca de hacerlo, siguiendo los estándares establecidos por ASME y dejando la caldera en condiciones óptimas de funcionamiento. Esto resulta en un aumento en la vida útil de la caldera y reduce los costos en comparación con la adquisición de una caldera nueva con características similares.

La materia puede ser sencilla como la evaporación de líquidos o complicada como las reacciones químicas. La termodinámica es primordial para la comprensión de la naturaleza. Romero Serrano.(2023).

Identificar parámetros, fórmulas y procedimientos a modelar e implementar. La GUI se desarrolló utilizando GUIDE, una herramienta de programación visual disponible en MATLAB; Para ello se desarrolló especialmente un algoritmo de trabajo y los modelos matemáticos necesarios. Finalmente, se validaron los resultados del programa en comparación con proyectos anteriores que involucran sistemas de energía solar a gran escala y se determinó su aplicabilidad. Durante el desarrollo de esta GUI, la atención se centró en el diseño de un asistente virtual, de modo que el ingeniero de proyecto pudiera identificar paso a paso el efecto de los datos

agregados y decidir en cualquier momento si los datos seleccionados son los más adecuados. con la ayuda de curvas de comparación. Con los valores ingresados de las variables del problema, se calculan el flujo de calor consumido, los costos de mano de obra y las pérdidas sin aislamiento térmico. Finalmente, se realiza un análisis de carga comparativo para cada tipo de material aislante. Zapata Sigueñas, (2021)

Entre los comunes podemos encontrar temperatura, presión, volumen, entalpía, entropía y otros. Al observar los términos entalpía y entropía como, se puede decir que la introducción de estos textos ha sido de gran utilidad para explicar diferentes fenómenos termodinámicos, eliminando diversos conceptos y/o ambigüedades que han surgido para explicarlos. Este artículo revelará de dónde viene. Además, el uso o presencia de estas ideas en el diseño y/o en los campos de la ciencia dio la oportunidad al surgimiento de nuevas ideas o la mejora de otras, así como mejorar el proceso de obtención de muchos productos que con alto contenido energético consumo. Trigo Sebastian, (2019)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

De acuerdo con su propósito, la investigación se clasifica como aplicada, ya que se centra en la resolución de problemas y la aplicación de conocimientos adquiridos (Ortega, 2017). Además, se enmarca en un enfoque cuantitativo, donde se plantea una hipótesis y se recopilan datos para su posterior análisis estadístico (Hernández y Mendoza, 2018).

Diseño de investigación

El diseño de la investigación se caracteriza por ser no experimental, lo que implica que no habrá control ni manipulación de las variables (Hernández y Mendoza, 2018). Además, se enmarca en un enfoque longitudinal, ya que se analizará la incidencia en constante momento. En cuanto a su alcance, se clasifica como correlación causal, ya que busca determinar el grado de asociación entre las variables y también implica la explicación de las causas subyacentes (Hernández y Mendoza, 2018)

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente

Diseño de un sistema de distribución de vapor

Variable dependiente

Mejoramiento del suministro de las autoclaves del hospital Regional Las Mercedes, Chiclayo.

El cuadro de operacionalización de variable en el anexo 01

3.3. Población, muestra y muestreo:

Población

La población es la red de distribución de vapor y condensación del Hospital Regional Las Mercedes, la muestra son las redes de distribución de vapor y condensado de las áreas de cocina y lavandería del Hospital Regional Las Mercedes.

Muestra

Es la red de tuberías de vapor del área de cocina y lavandería.

Muestreo

No probabilístico.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Técnicas:

En la investigación se aplicará la observación y el análisis documental, dirigida a la distribución de vapor, para poder así determinar el estado de sus parámetros para controlar el ingreso del flujo masico, la presión y temperatura del vapor para la alimentación de las autoclaves.

Instrumentos:

Se utilizará las fichas de tramites documentalario y guías de observación mediante unos cuadros de medición de parámetros de vapor saturado, consumo energético para distribución de vapor y consumo de productos químicos las cuales serán mostrados en anexos.

3.5. Procedimientos

Para realizar el estudio se inició con el permiso de la institución, luego de su aprobación se procedió a realizar las tomas de datos aplicando el cuestionario de muestras, en la segunda etapa que corresponde al desarrollo del proyecto de acuerdo al tamaño de la población y muestras y posteriormente se procederá con el análisis y llegar a las conclusiones.

Siendo los procedimientos los siguientes:

Solicitud presentada al jefe de mantenimiento, Marco Llaque Brenis.

Una vez aprobada la solicitud se presenta al técnico de operación de calderas.

Se procede a evaluar la red de distribución de vapor y sus salidas a los servicios.

Se anotan los rangos de presiones de la salida de las válvulas de los servicios.

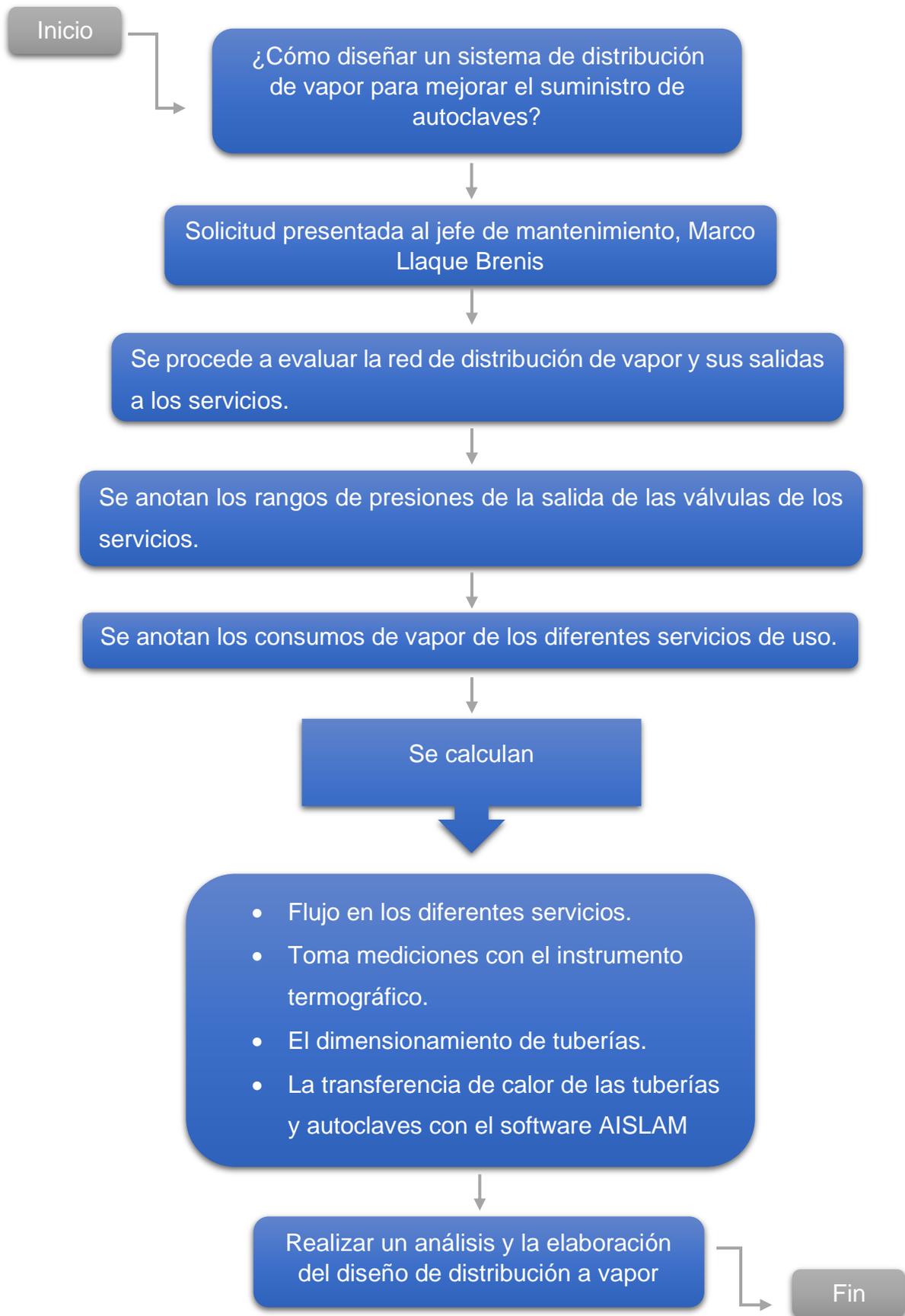
Se anotan los consumos de vapor de los diferentes servicios de uso.

Se cálculo del flujo en los diferentes servicios.

Se toma mediciones con el instrumento termográfico.

Se calcula el dimensionamiento de tuberías.

Se calcula la transferencia de calor de las tuberías y autoclaves con el software AISLAM



3.6. Método de análisis de datos

En este informe, el análisis de datos se realiza utilizando las herramientas del software AISLAM además de las hojas de cálculo de Microsoft Excel, para obtener las tablas de presiones y transferencias de calor de las tuberías.

3.7. Aspectos éticos

El estudio discutió buenos principios y patrones de conducta aceptables en la investigación utilizando los estándares de citación de publicación del APA – 7a edición, considerando autor y año de investigación, tanto en la realidad problemática, antecedentes y marco teórico. También se siguió lo dispuesto en el manual vigente de la Universidad Cesar Vallejo y finalmente, se trató de manera confidencial, tanto en lo que respecta a la información de los encuestados como a los procedimientos corporativos.

IV. RESULTADOS

Analizar el suministro actual de vapor en el área de central de esterilización del hospital las Mercedes de Chiclayo.

En la central de esterilización del hospital Las Mercedes trabaja las 24 horas realizando procesos de esterilización de material quirúrgico como también textiles y líquidos en algunos casos.

Las autoclaves a vapor son los equipos que se encargan de esterilizar los materiales, y para realizar los procesos necesitan del vapor.

Las autoclaves realizan diferentes etapas para lograr el esterilizado, los procesos que realiza son:

Paso 1: Revisión de Documentación y Normativas

Comienza por revisar la documentación existente relacionada con el sistema de suministro de vapor en la central de esterilización. Esto puede incluir planos, especificaciones técnicas, registros de mantenimiento y manuales de operación.

Familiarízate con las normativas y regulaciones locales y nacionales que se aplican a la esterilización en instalaciones de atención médica, ya que estas establecerán estándares clave a seguir.

Paso 2: Inspección del Sistema de Vapor

Realiza una inspección detallada del sistema de suministro de vapor. Esto incluye la caldera, tuberías, válvulas, trampas de vapor, calderas, sistemas de control y otros componentes relacionados.

Verifica que el sistema esté correctamente etiquetado y que todas las conexiones estén seguras y sin fugas.

Paso 3: Medición y Registro de Datos

Utiliza equipos de medición adecuados para evaluar la calidad y la cantidad de vapor generado por el sistema. Esto puede incluir la medición de la presión, la temperatura y el caudal del vapor.

Registra los datos obtenidos, incluyendo la capacidad de producción de vapor, la presión, la temperatura y la eficiencia del sistema.

Paso 4: Evaluación de la Eficiencia

Calcula la eficiencia del sistema de suministro de vapor. Esto implica analizar si el sistema opera dentro de los parámetros de diseño y si está generando la cantidad de vapor necesaria para las

operaciones de esterilización.

Paso 5: Identificación de Problemas y Mejoras

Identifica cualquier problema o deficiencia en el sistema de vapor. Esto puede incluir la detección

de fugas, obstrucciones, fluctuaciones de presión o problemas de control.

Propón mejoras o correcciones necesarias para optimizar el sistema y garantizar que cumpla con los estándares de esterilización y seguridad.

Paso 6: Documentación y Registro

Mantén registros actualizados de todas las inspecciones, pruebas y mantenimiento realizados en el sistema de vapor. Esto es esencial para el cumplimiento normativo y la trazabilidad.

Este análisis del suministro actual de vapor en el área de central de esterilización del hospital debe ser un proceso continuo para garantizar que el sistema funcione de manera confiable y segura, lo que es esencial para la atención médica y la seguridad de los pacientes.

TABLA 1. Suministro energético en autoclaves

Componentes	Consumo Energético (kW)	Horas de funcionamiento diario	Consumo Diario (kWh)	Consumo Mensual (kWh)
Calderines	12	24	288	8640
Aislamiento térmico	5	24	120	3600
Válvulas y Control	10	12	120	3600
Sistema de Monitoreo	2	24	48	1440
Calefacción Auxiliar	15	8	120	3600
Iluminación	1	12	12	360
Total	45	104	708	21240

Fuente: Área administrativa, 2023.

El proceso se realiza con 2 autoclaves, alternando su trabajo, lo cual ambas corresponden las mismas características y el mismo suministro energético

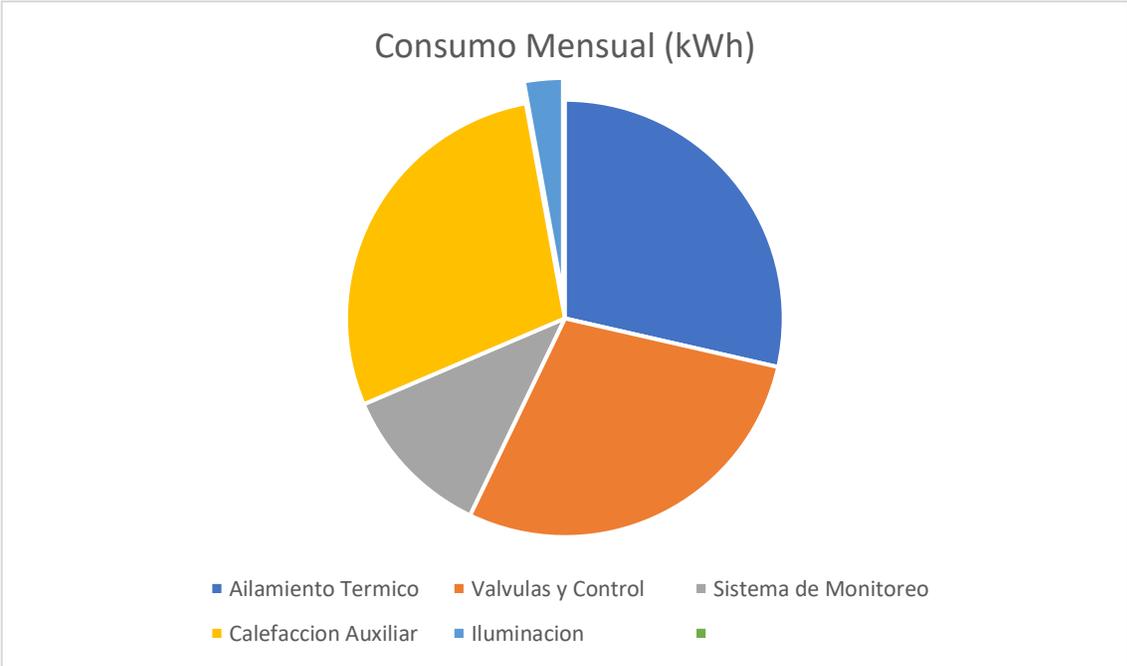


Figura 1. Consumo mensual de energía, en kW-h

Fuente: Area administrativa, 2023

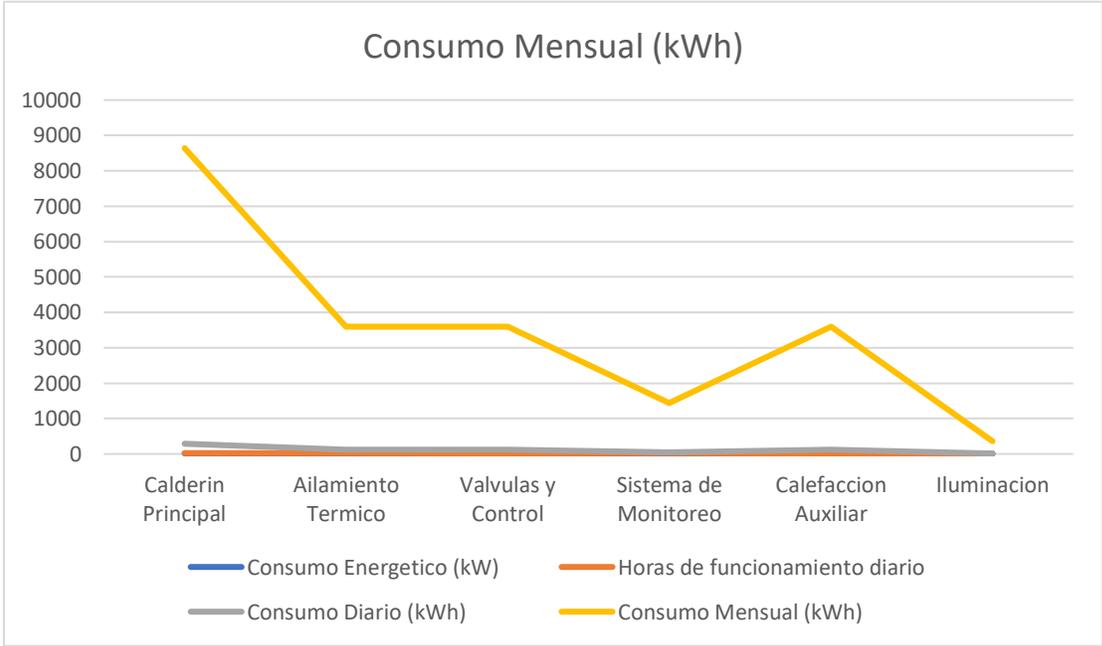


Figura 2. Consumo de energía por áreas

Fuente: Area administrativa, 2023

Paso 1: Revisión de Documentación y Normativas:

Otros documentos y normativas realizados en el proyecto, serán archivados en anexos.

Paso 2: Inspección del Sistema de Vapor

El sistema de vapor está comprendido por el calderín eléctrico y tuberías que son conectadas a una válvula reductora de presión, el cual reduce la presión de vapor de 100 psi a 45 psi para dar paso a las electroválvulas las cuales están controladas por el PLC de la autoclave para dar inicio al proceso de la esterilización en conjunto de válvulas de seguridad para controlar la presión de trabajo del calderín y unos electrodos de nivel de agua tratada controlados por un sistema electrónico y unos presostatos para controlar la presión de trabajo del calderín.

Paso 3: Medición y Registro de Datos

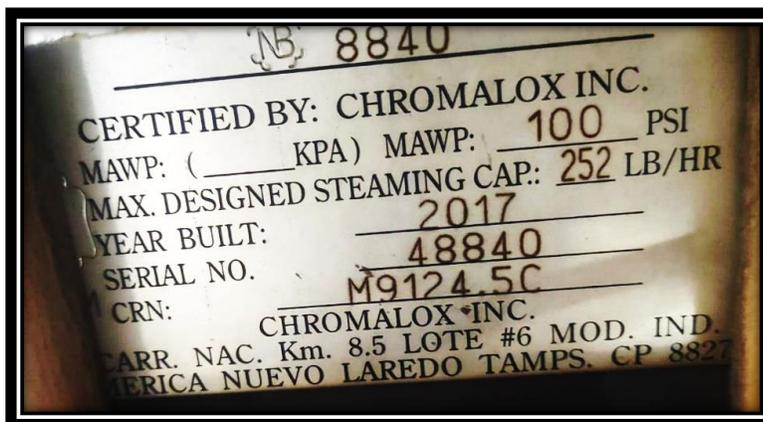
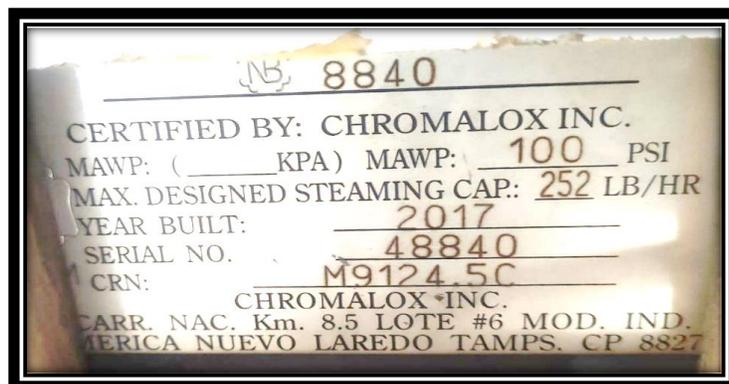


Figura 3. placa del generador eléctrico

Fuente: Area administrativa, 2023

Cálculo del consumo del vapor

La cantidad de calor que se requiere para producir un incremento de temperatura viene dada por la formula 2a.

$$Q = m \cdot Cp \cdot (Tf - Ti)$$

Dónde:

Q: Calor en KJ

M: Masa del material a calentar.

Cp: Calor específico del material en KJ/Kg. °C

Tf. Ti: Temperatura al final e inicio del proceso, en °C

Reemplazando valores, se tiene:

$$M = 70\text{kg}$$

$$Cp = \text{Calor específico del agua} = 4,19 \text{ KJ/kg}\cdot\text{C}$$

$$\Delta t = (\text{Temperatura final} - \text{Temperatura inicial}) = 135\text{C} - 24\text{C} = 111\text{C}$$

$$Q = M \times Cp \times \Delta t$$

$$Q = 70\text{kg} \times 4,19 \text{ KJ/ kg}\cdot\text{C} \times 111\text{C}$$

$$Q = 32,55 \text{ KJ}$$

El calor específico de un material es la calidad de calor que se requiere para elevar 1°C a una unidad de masa (1 kg) en la siguiente tabla se expone los calores y pesos específicos de varios líquidos.

Tabla 2. Densidad relativa y calor específico

	Densidad Relativa	Calor específico KJ/kg.°C
Aceite de cidra		1.84
Aceite de oliva	0.91-0.94	1.96
Aceite de ricino		13.79
Aceite de sésamo		1.63
Aceite de soja		1.96
Acetona	0.79	2.13
Agua	1	4.19
Agua de mar	1.03	3.93
Alcohol etílico	0.79	2.3
Amoniaco	0.62	4.6

Fuente: Fayres, 2014.

Paso 4: Evaluación de la Eficiencia:

Esto implica analizar si el sistema opera dentro de los parámetros de diseño y si está generando la cantidad de vapor necesaria para las operaciones de esterilización.

Para nuestro calderín, trabaja con 2 resistencias de 6KW cada una, pero al momento de realizar sus funciones la potencia de salida es de 11,44KW.

$$\eta = \frac{P \text{ de salida}}{P \text{ de entrada}} \times 100\%$$

P de salida: 11,4KW

P de entrada: 6KW

$$\eta = \frac{11,4Kw}{12Kw} \times 100\%$$

$$\eta = 95,3\%$$

Se proyecta una línea de distribución de vapor de agua para dos esterilizadores ubicados en un hospital, con el objetivo de conectar una caldera de 60 BHP alimentada con GLP, con estos puntos de demanda del fluido. Este procedimiento busca sustituir el consumo de energía de dos calderines eléctricos de 6000W.

Paso 5: Identificación de Problemas y Mejoras

Los problemas que ha presentado en el equipo fue el mal dimensionamiento del conductor eléctrico el cual origina que se llegara a arder por recalentamiento, causando riesgo del personal que labora en esta área.

El demasiado consumo de energía eléctrica.

El constante problemas con las resistencias eléctricas.

La falta de mantenimiento del sistema de ablandamiento del agua de alimentación a los calderines.

Problemas de sobre presión de los calderines.

Las mejoras para el funcionamiento de las autoclaves serán:

El diseño de la distribución de la red de vapor para sustituir los generadores eléctricos de las autoclaves a vapor.

Esto consiste en alimentación de vapor desde el caldero llegando a un manifold y saliendo con una reducción de vapor de 100 psi a 45 psi controlado con válvulas de corte y un sistema de condensado para ser recuperado llegando hasta el tanque de alimentación del caldero, sin embargo, con el sistema actual el condensado se pierde por el drenaje, ocasionando pérdidas económicas para el hospital.

Determinar los Parámetros De Las Tuberías

Se proyecta una línea de distribución de vapor de agua para dos esterilizadores ubicados en un Hospital Regional Docente las Mercedes, con el objetivo de conectar una caldera de 60 BHP alimentada con GLP, con estos puntos de demanda del fluido. Este procedimiento busca sustituir el consumo de energía de dos calderines eléctricos de 6000W.

Estimación de flujos máxicos de vapor de agua en tuberías de acero.

El principio para estimar el flujo máxico de vapor que debe partir desde la caldera de GLP, está relacionado con la cantidad de agua líquida que los actuales calderines eléctricos consumen en un tiempo específico de funcionamiento. Cada calderín consume en 15 minutos, cerca de 60 Litros de agua, ocupados en dos vasos distintos. Considerando que el agua ingresa al recipiente una temperatura ambiente de 25°C, el flujo máxico esperado a emitirse desde este componente será:

$$\dot{m} = \frac{\rho \cdot V}{t}$$

Donde:

\dot{m} : flujo máxico de vapor de agua que sale de los calderines eléctricos, durante el tiempo operativo de los mismos.

ρ_0 : densidad del agua líquida a la temperatura del ambiente (presión atmosférica de 29,8 pulgadas de mercurio).

V : volumen de agua que se debe restituir en los calderines eléctricos una vez se termine el ciclo de operación del proceso de los esterilizadores.

t : ciclo de operación estimado para proceso.

Reemplazando los valores operativos se estima que cada calderín eléctrico produce:

$$T_o = 25^{\circ}\text{C}$$

$$P_o = 101325 \text{ Pa}$$

Reemplazando:

$$m = \frac{997.1 * 60}{1000 * 15 * 60} = 0.06647 \text{ Kg/s}$$

El vapor debe producirse desde el caldero con GLP y el flujo másico calculado tributa para un único esterilizador. Con lo cual, el caudal de vapor que debe salir de la unidad centralizada será el doble de este resultado. Esto es,

$$\dot{m}_{vapor} = (2 \cdot \dot{m}) \cdot \left| 7936,64137 \frac{\text{lb}_m/\text{h}}{\text{kg/s}} \right| = 1055 \frac{\text{lb}_m}{\text{h}}$$

Considerando que el equipo ubicado en el hospital tiene una capacidad máxima de producción de vapor de 2070 lb/h, se considera que será apto para abastecer del fluido al proceso.

Figura 4 Placa de caldero de GLP ubicado en hospital



Figura 5. Datos de placa de caldera en H. Las Mercedes

Fuente: Recopilación de datos.

Cálculo de caída de presión en tuberías.

La figura 2 es el delineado de la tubería de vapor y condensado del hospital. La caldera opera con una presión de trabajo de 100 PSIG mientras descarga el fluido en dos puntos esterilizadores, libremente. La red se caracteriza porque posee un manifold, el cual tiene como objetivo distribuir las cantidades de vapor de agua según las demandas en las áreas de esterilización, retener arrastre y por tanto el vapor fluya seco hacia las áreas y por último, agregar puntos de conexión para

futuras demandas de vapor en todo el hospital. Debido a las presiones de trabajo es de 100 PSIG y la temperatura del vapor es de 311.741°C, se considera que la tubería es SCH40 para efectos de seguridad en el transporte del vapor según ASME B31.3-2022 [1]. tubería que va desde la caldera al manifold es de 2 ½" SCH40. Desde el manifold hacia las troncales la tubería es 1 ½" SCH40 y solo en las líneas de las autoclaves, se reduce la tubería a 1" SCH40, incluyendo la tubería de condensado. La tabla 1 resume los valores de los diámetros externos, internos y espesores para estos elementos de conducción de vapor y líquido condensado.

Tabla 3. Dimensiones de tubería de transporte de vapor.[2]

Tramo	Material	D. nominal	D. externo	espesor	D. interno
1-2	Acero comercial (k=80 W/m-K)	2 ½" SCH40	73	5.16	62.7
2-3-B	Acero comercial (k=80 W/m-K)	1 ½" SCH40	48.3	3.68	40.9
B-4-5	Acero comercial (k=80 W/m-K)	1" SCH40	33.4	3.38	26.6

Fuente: Manual de fabricante ASTM.

Entre la tubería 1-2 hay dos válvulas globo. Luego entre la tubería del punto 2 al punto B se tiene una válvula globo, dos válvulas cierre rápida, una reductora de presión, 6 codos y una válvula de seguridad. La válvula reductora de presión hace que el vapor pase a una presión de 45 PSI con la expectativa que, a los esterilizadores, este fluido llegue con una presión de 40 PSI. La tabla 2 presenta un inventario de accesorios de tubería en esta línea de vapor hasta los esterilizadores. En este estudio no se tuvo en cuenta el desarrollo de la línea de agua condensada ni los componentes como visores, filtro strainer, trampas termodinámicas y demás sistemas que se conectan una vez las áreas de esterilización usan el vapor de agua.

Tabla 4. Accesorios en tuberías que van desde el caldero hasta los puntos de conexión con esterilizadores.

Tramo	Accesorio	Cant.	D. nominal	D. interno	K	ft	Subtotal			
1---2	Codo 90°	3	2 1/2 " SCH40	0,0627 m	30 ft	0,018	1,64			
	V. globo	2				340 ft		0,018	2	12,40
2-3-B	Codo 90°	6	1 1/2" SCH40	0,0409 m	30 ft	0,020	3,64			
	V. globo	1				340 ft		0,020	2	6,87
	V. cierre rápido	2				3 ft		0,020	2	0,12
	V. red. de presión	1				El vapor a la salida está a 45 psi				
B---4	Codo 90°	2	1" SCH40	0,0266 m	30 ft	0,022	1,35			
B---5	Codo 90°	2				30 ft		0,022	5	1,35

Fuente: Manual de fabricante ASTM.

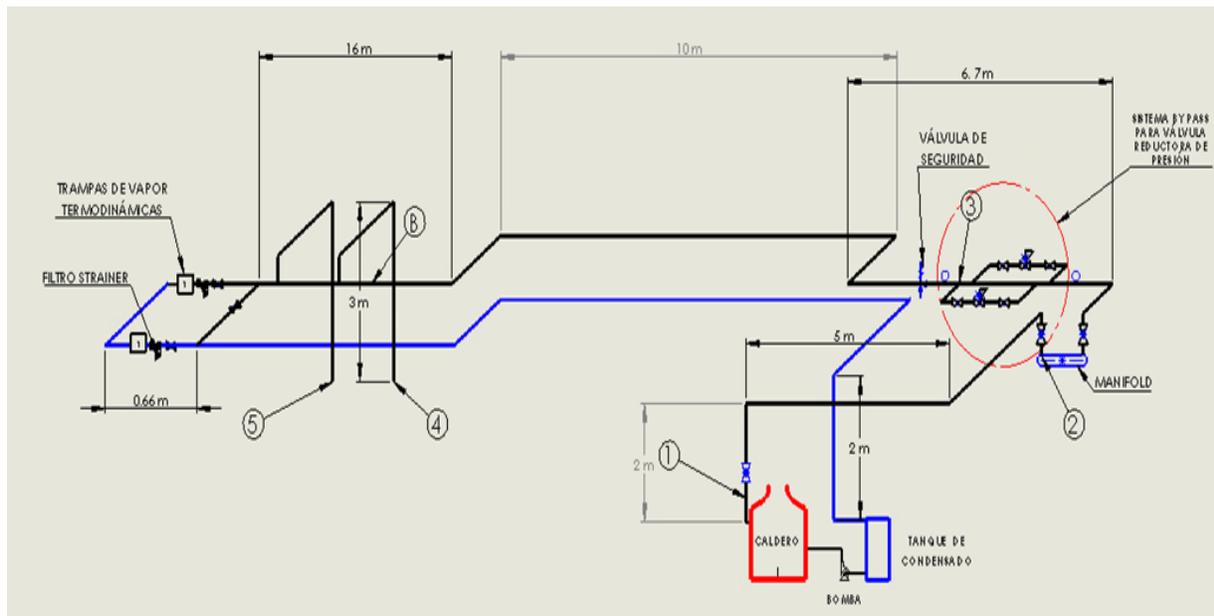


Figura 6. Distribución de tuberías.

Fuente: Recopilación de datos.

Estimación de Presión Por Unidad De Peso Específico De Vapor De Agua A La Entrada Del Manifold

Para estimar las pérdidas friccionales por tramo recto en las tuberías, se procede a calcular el caudal del vapor entre las tuberías de alimentación del manifold y troncal, las cuales operan a un flujo másico de 1055 Lbm/h. Este análisis es importante para verificar si la calidad del vapor se verá afectada por las pérdidas energéticas hidráulicas y térmicas que las líneas de tubería podrían proporcionar al transporte del fluido. En ese sentido la presión estimada a la entrada del manifold será:

$$\frac{P_2}{\gamma_2} = \frac{P_1}{\gamma_1} + \left[(z_1 - z_2) - \left(f \cdot \left(\frac{L(1 - 2)}{D(1 - 2)} + 2K + 3K_c \right) \frac{V^2(1 - 2)}{2g} \right) \right]$$

Donde:

P1: presión en la salida de la caldera.

P2: presión en la entrada del manifold.

γ : peso específico del vapor de agua. Este puede variar si la caída de presión es importante o si la temperatura cambia sensiblemente por efecto de transferencia de calor entre la línea de vapor y los alrededores.

z1: elevación del punto 1, salida de caldera.

z2: elevación del punto 2, entrada de manifold.

f1-2: factor de fricción en tubería.

L: largo de tubería en tramo recto entre caldera y manifold

D: diámetro interno de tubería de 2 ½" SCH 40

K globo: factor de pérdida para válvula cierre rápido (hay dos en esta línea).

K codo 90°: factor de pérdida para codos estándar de 90°

El factor de fricción se estimará por medio de la ecuación Swamee-Jain[3], la cual depende de factores hidráulicos del fluido y del material de la tubería a emplearse en la distribución del vapor de agua. Esto es:

$$f(1-2) = \frac{0.25}{\left[\log \left[\frac{1}{3.7(D(1-2)/e)} + \frac{5.17}{Re^{0.9}} \right]^2 \right]}$$

El número Reynolds para la tubería será estimado como:

$$Re = \frac{V_{1-2} \cdot D_{1-2}}{\nu_{@T y P}}$$

$$Re = \frac{V(1-2) \cdot D(1-2)}{\vartheta}$$

Donde:

ϵ : rugosidad absoluta del material de tubería (valores de diseño).

Re: número de Reynolds. Este depende de la viscosidad del vapor en el interior de la tubería.

viscosidad cinemática del vapor de agua. Se toma como referencia la salida de temperatura y presión del caldero.

La tubería 2 1/2" SCH40 el diámetro de tubería de acuerdo con Crane[4] es de 62.7 m.m. La lectura del plano de la figura 1, sugiere que el largo de esta tubería es de 10.8 m. La rugosidad absoluta para acero comercial según Mott[3] es de 4.6×10^{-5} m. el área interna de la tubería es:

$$A(1 - 2) = \frac{\pi}{4}(D(1 - 2))^2 = 0.003088m^2$$

La velocidad del flujo másico de vapor de acuerdo con mediciones en campo sería en la tubería de:

$$V(1 - 2) = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A(1 - 2)} = 10.71m/s$$

El número de Reynolds será de

$$Re = \frac{(10.71m/s) * 62.7 * 10^{-3}m}{0.000003738 m^2/s} = 179715$$

factor de fricción en la tubería de los puntos 1 y 2 será de:

$$f(1 - 2) = \frac{0.25}{\left[\log \left[\frac{1}{3.7 \left(\frac{62.7 * 10^{-3}}{4.6 * 10^{-5}} \right)} + \frac{5.17}{179715^{0.9}} \right] \right]^2} = 0.02023$$

La pérdida energética por tramo recto friccional por unidad de peso del fluido es de:

$$h(1 - 2) = f \cdot \frac{L(1 - 2)}{D(1 - 2)} * \left(\frac{V(1 - 2)^2}{2g} \right) = 20.39m$$

Los valores de $z_1=0m$ y $z_2=1.2m$ son debidos a que se coloca el marco de referencia en el punto de descarga del vapor en la tubería conectada al caldero. Se considera que las válvulas son de tipo globo en este tramo. Los codos de 90° son estándares. De acuerdo con Crane, los coeficientes de pérdida de estos accesorios son [4]:

$$K_{gl} = 340f$$

$$K_c = 30.F$$

Donde:

K globo: coeficiente de pérdida de válvula de seguridad

f T: factor de turbulencia total del fluido en la tubería.

El factor f T se estima por medio de:

$$f(1 - 2) = \frac{0.25}{\left[\log \left[\frac{1}{3.7 \left(\frac{62.7 * 10^{-3}}{4.6 * 10^{-5}} \right)} \right] \right]^2} = 0.01823$$

Por tanto, el coeficiente de pérdida de la válvula y codo será de:

$$K_{gl} = 6.2$$

$$K_c = 0.547$$

La presión por unidad de peso específico del vapor, al entrar al manifold será de:

$$\frac{P2}{\gamma2} = \frac{689.5}{39.42} + \left[(0 - 1.2) - \left(0.02023 \cdot \left(\frac{10.8}{62.7 * 10^{-3}} + 2 * 6.2 + 3 * 0.547 \right) \frac{10.71^2}{19.6} \right) \right]$$

$$= 17387m$$

Si se compara este componente energético por presión del fluido con el que emite la descarga del caldero:

$$\frac{P2}{\gamma2} = \frac{689.5}{39.42} = 17490 m$$

Dado que la variación de la energía por unidad de peso específico del vapor entre estos puntos es del 0.5%, el efecto hidráulico friccional y de accesorios en los puntos 1 y 2 puede considerarse despreciable para propósitos prácticos de esta distribución de vapor.

Análisis De Transferencia De Calor Entre Los Puntos 1-2

La temperatura en esta sección es la de la temperatura 1 tiene un índice de sobrecalentamiento de 8°C, respecto a la temperatura de saturación del fluido a la presión de trabajo. El caldero descarga 1055 Lbm/h de vapor de agua a una presión de 100 Psi. Se propone emplear un aislante de fibra de vidrio ($k=0.05$ W/m. K). Con fines de diseño, se propone que el efecto combinado por radiación y convección natural de los alrededores inmediatos de la tubería y el espacio interior del hospital esté en un orden de $h=18$ W/m²-K [5]. El modelo de la figura 3, asociado al aislamiento térmico de la tubería es:

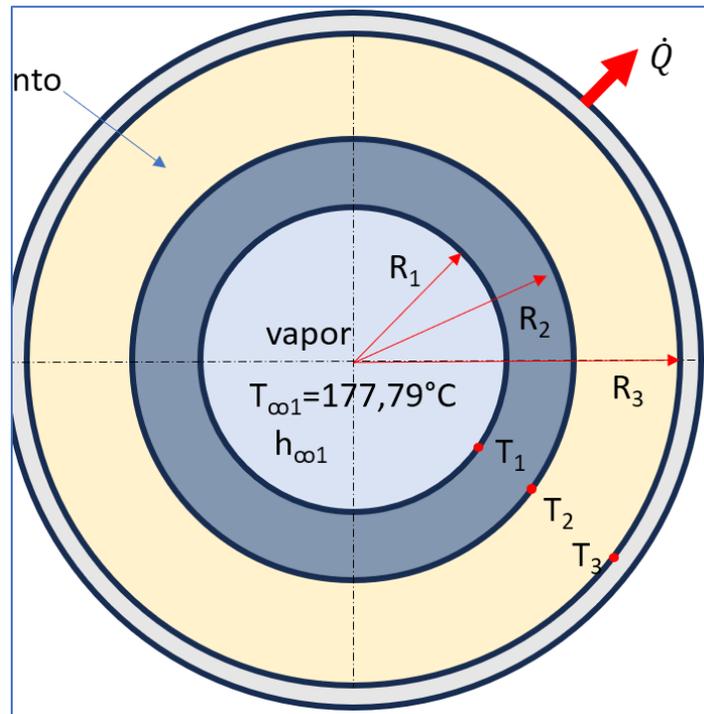


Figura 7. Modelo de aislamiento térmico de tubería de vapor

Fuente: Fayres, 2016

Se procedió a calcular el coeficiente convectivo de transferencia de calor del vapor de agua. Como no se conoce la temperatura a la que el vapor llegará al manifold por medio de la tubería metálica aislada, se propone usar la temperatura de descarga del caldero como punto de referencia para estimar las propiedades de transporte del fluido. La tabla 3 resume esta actividad. De ser necesario, se puede volver a iterar a la temperatura promedio del flujo entre los puntos 1 y 2.

Tabla 5 Propiedades de transporte del vapor a la salida del caldero

Temperatura, C	Densidad, kg/m ³	Viscosidad cinemática, m ² /s	Conductividad térmica, W/m-K	Calor específico isobárico, J/kg-K	Prandtl
177.79	4.018	0.00000373 8	0.03497	2.399	1.03

Fuente: Fayres, 2016

Dado que en la sección 1-2 el número Reynolds es superior a 10,000 se procede a comparar la longitud de entrada rugosa con la longitud de la tubería en el proyecto. Esto es,

$$L_f = 10 * (62.7 * 10^{-3} m) = 62.7 * 10^{-2} m$$

El cual es mucho menor que la longitud de tubería entre los puntos 1 y 2, que es de 10.8m. Dado que se conoce el factor de fricción del fluido en el interior de la tubería, se utiliza la formulación de Gnielinski para estimar el número Nusselt (para $0.5 < Pr < 2000$ y $3 \times 10^3 < Re < 5 \times 10^6$)

$$Nu = \frac{\frac{f}{8} * (Re - 1000) Pr.}{1 + 12.7 \left(\frac{f}{8}\right)^{0.5} * (Pr^{\frac{2}{3}} - 1)}$$

$$Nu = \frac{\frac{0.02023}{8} * (179715 - 1000) 1.03.}{1 + 12.7 \left(\frac{0.02323}{8}\right)^{0.5} * (1.03^{\frac{2}{3}} - 1)} = 459.7$$

El coeficiente de convección forzada en el interior del flujo de vapor será de:

$$h_{\infty} = \frac{k}{d} * Nu = 256.4 W/m^2.K$$

Ahora se procede a analizar el fenómeno de transferencia de calor como resistencia térmica en coordenadas cilíndricas. El área interna del tubo es:

$$A(1-2) = \pi.D(1-2) * L(1-2) = \pi * (62.7 * 10^{-3})(10.8) = 2.127 m^2$$

La resistencia térmica convectiva en este punto será de:

$$R_{conv \infty} = \frac{1}{A(1-2) * h_{\infty}} = 0.001833 \text{ } ^{\circ}C/W$$

La resistencia térmica en la pared del tubo es de

$$R_{cond} = \frac{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)}{2\pi KL(1-2)} = 0.00002807 \text{ } ^{\circ}C/W$$

La resistencia térmica del aislante de fibra de vidrio se propone en 1 cm de espesor, con esto se tiene que:

$$R_{cond} = \frac{\ln\left(\frac{r_{aisl}}{r_{ext}}\right)}{2\pi KL(1-2)} = 0.07135^{\circ}C/W$$

El área exterior de intercambio de calor en el tubo, incluyendo la superficie del aislante será de

$$A(1-2) = \pi \cdot D(1-2) \cdot L(1-2) = \pi \cdot (2 \cdot 0.0465)(10.8) = 3.156m^2$$

La resistencia convectiva combinada por convección natural y radiación del ambiente es:

$$R_{conv\ 2} = \frac{1}{A(1-2) \cdot h_2} = 0.0176^{\circ}C/W$$

La resistencia total térmica del circuito es:

$$R_t = R_{conv\ \infty} + R_{cond} + R_{aisl} = 0.09081^{\circ}C/W$$

La transferencia de calor entre el tubo que transporta el vapor y los alrededores será de:

$$Q = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{R_t} = 1684\ W$$

Si se realiza un balance de energía en estado estable entre los puntos 1 y 2 por efectos térmicos, se obtiene que la entalpía en el punto 2 es igual a

$$h_2 = \left(\frac{mh_1 - \dot{Q}_{perd}}{\dot{m}} \right) = 2775 \text{ kJ/kg}$$

Debido a que los cambios entre las entalpías de los puntos 1 y 2 son cercanos el 0.4%, se concluye que las temperaturas en el interior de la tubería no cambian sensiblemente durante el trayecto y se puede considerar constante en este proceso. En ese sentido, el fenómeno iterativo no es necesario porque las variaciones de temperatura del vapor en el interior de la tubería que va desde 1 a 2 es de 0.3°C.

Análisis hidráulico del vapor entre los puntos 2-3.

De acuerdo con la figura 1, el vapor que sale del manifold es emitido hacia el punto 3 es de 5.5m. en este punto 3 la presión en la línea es de 45 PSI. Realizando el análisis hidráulico entre los puntos 2 y 3:

$$\frac{P_2}{\gamma_2} - \frac{P_3}{\gamma_3} = (z_3 - z_2) + \left[\left(f_{2-3} \cdot \frac{L_{2-3}}{D_{2-3}} + K_{Red \text{ pres}} + 2K_{codo90} \right) \frac{V_{2-3}^2}{19.6} \right]$$

Se observa que la caída de presión desde 99 PSI hasta 45 PSI depende de la diferencia de niveles entre los puntos 2-3, del efecto friccional de la tubería de 1 ½" SCH40 en acero comercial, del coeficiente de pérdida de la válvula reductora de presión, de los coeficientes de pérdidas de los codos a 90° y de la velocidad del flujo en esta región. La velocidad en el tramo 2-3 es:

$$V_{2,3} = \frac{\dot{m}}{A_{2,3} \cdot \rho_2} = 24.93 \text{ m/s}$$

El número Reynolds será de:

$$Re_{2,3} = \frac{V_{2,3} \cdot D_{2,3}}{\nu_2} = 279733$$

El factor de fricción de la tubería será por tanto de:

$$f_{2,3} = \frac{0.25}{\left(\left(\left(\left(\log_{10} \left(\frac{1}{3.7 \cdot \left(\frac{D_{2,3}}{e} \right)} \right) + \left(\frac{5.74}{Re_{2,3}^{0.9}} \right) \right) \right) \right) \right)^2} = 0.02131$$

El número Nusselt será de:

$$Nu_{2,3} = \frac{\frac{f_{2,3}}{8} (Re_{2,3} - 100) \cdot Pr_2}{1 + \left(12.7 \cdot \left(\frac{f_{2,3}}{8} \right)^{0.5} \right) \cdot (Pr_2^{\frac{2}{3}} - 1)} = 757.8$$

El coeficiente convectivo de transferencia de calor será de:

$$h_{conv;2,3} = \left(\frac{k_2}{D_{2,3}} \right) \cdot (Nusselt_{2,3}) = 643.4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

El área interior de la tubería 2-3 es:

$$A_{int;2,3} = \pi(D_{2,3}) \cdot L = 0.001314 \text{ m}^2$$

La resistencia térmica convectiva del fluido en el tramo 2-3 es:

$$R_{int;2,3} = \frac{1}{A_{int;2,3} \cdot h_{int;2,3}} = 0.00112 \text{ K/W}$$

La resistencia térmica del tubo en el tramo 2-3 es:

$$R_{conducción;tubo;2,3} = \frac{\ln\left(\frac{r_{ext;2,3}}{r_{int;2,3}}\right)}{2\pi k_{tubo} \cdot L_{2,3}} = 0.00005985 \text{ K/W}$$

Para un 1cm de espesor de aislante térmico en el tramo B-C, el valor de la resistencia térmica de este componente de la tubería será de:

$$R_{conducción;aislante;2,3} = \frac{\ln\left(\frac{r_{aislamiento;2,3}}{r_{ext}}\right)}{2\pi k_{fibra} \cdot L_{2,3}} = 0.2007 \text{ K/W}$$

El área exterior del tubo en la región 2-3:

$$A_{ext;2,3} = \pi(2 \cdot r_{aislamiento;2,3}) \cdot L_{2,3} = 1.179 \text{ m}^2$$

La resistencia convectiva del tubo del tramo 2-3 por efectos combinados de radiación y convección libre del entorno es de:

$$R_{conv;tubo;2,3} = \frac{1}{A_{ext;2,3} \cdot h_{comb;2}} = 0.0471 \text{ K/W}$$

La resistencia térmica total de la tubería 2-3 aislada será de:

$$R_{total;2,3} = R_{conv;2,3} + R_{cond;tubo;2,3} + R_{cond;aislante;2,3} + R_{conv;2,3;ext} = 0.2449 \text{ K/W}$$

La pérdida térmica en el tramo 2-3 de tubería será de:

$$Q_{perd;2,3} = \left[\frac{T2 - Tamb}{R_{Total;2,3}} \right] = 0.5928 \text{ KW}$$

Por medio de un balance de energía en estado estable, la entalpía del vapor en el punto 3 de la figura 1 será de:

$$m \cdot h2 = Q_{perd;2,3} + m \cdot h3$$

$$h3 = 2771 \text{ KJ/kg}$$

Con la presión de 45 PSI en el punto 3, se obtiene que la temperatura en esta región es de 158,5°C. Al diferir de la temperatura en el punto 2, se realiza un promedio de las temperaturas para calcular las propiedades de transporte del vapor y repetir el proceso por medio del software de cálculo termodinámico EES. Este se detiene una vez las temperaturas son similares. La figura 4 describe un diagrama de flujo del proceso iterativo mencionado.

Figura 8. Diagrama de flujo para estimar condiciones térmicas en estado 3 de la tubería de vapor

La tabla 4 resume el proceso iterativo presentando únicamente las temperaturas en los procesos. En el material suplementario de este documento se puede encontrar detalles de las propiedades calculadas por medio del programa termodinámico EES.

Tabla 6. Proceso iterativo de temperaturas entre los puntos 2 y 3.

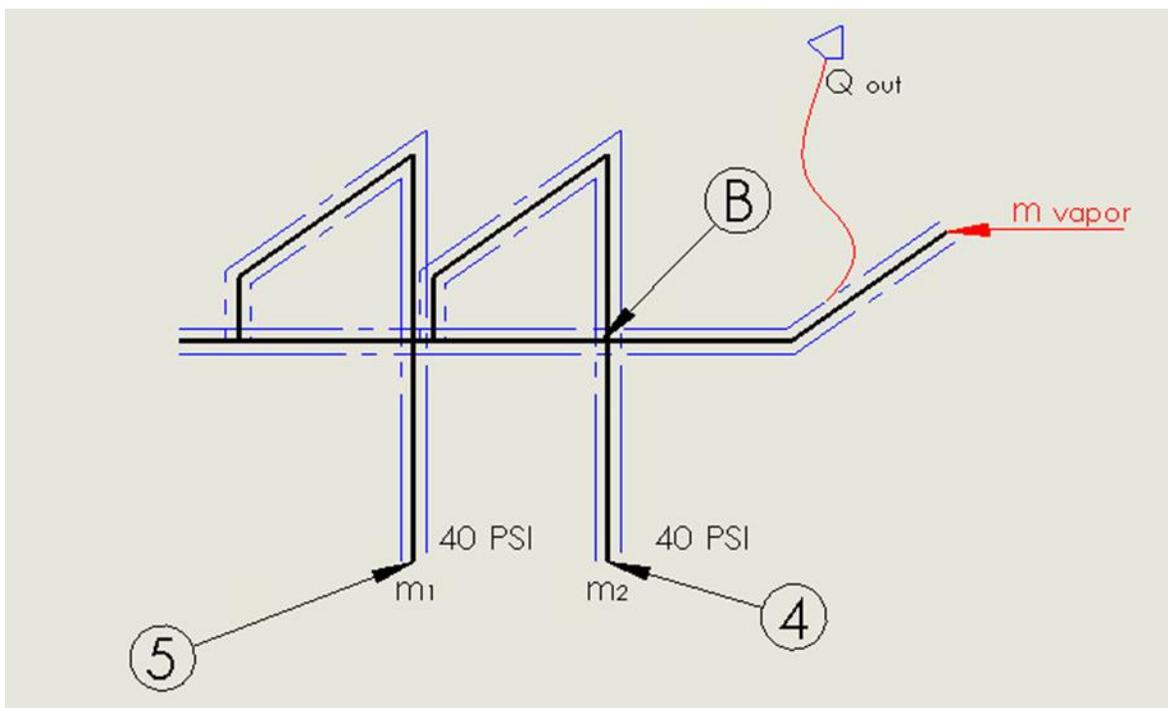
iteración	T [2]°C	T [3],°C, i	Tbulk, °C	T [3],°C, i+1
1	172,6	0	172,6	158,5
2	172,6	158,5	165,5	164,8
3	172,6	164,8	168,7	164,8
4	172,6	164,8	168,7	164,8

Fuente: Análisis de datos

Análisis Térmico Desde Punto 3 Hacia Los esterilizadores

El último proceso consiste en analizar la distribución del vapor hacia los esterilizadores. Estos comparten un flujo másico de igual magnitud y deben entregar el vapor de agua a una presión de 40 PSI y 4°C por encima de la temperatura de saturación. La figura 5 representa el volumen de control sobre el cual cada red de vapor recibe su caudal másico del fluido y al tiempo se describe la pérdida térmica que tendría este proceso por efectos de transferencia de calor desde el sistema hacia los alrededores.

Figura 9. Volumen de control de red de vapor en estado 3 y los puntos donde se ubican los esterilizadores



Fuente: Autoría Propia.

El balance de energía en estado estable será de:

$$m \cdot h_2 = m_{vapor,esterilizador} \cdot h_4 + \dot{m}_{vapor,esterilizador} \cdot h_5 + Q_{perd;3-4-5}$$

Siendo el flujo másico de cada esterilizador la mitad del flujo másico emitido por el caldero. En este sentido y luego de las operaciones respectivas bajo el condicionante de las temperaturas y presiones en los puntos de interés, el valor de la pérdida térmica que la tubería tendrá es de:

$$Q_{perd;3-4-5} = 3.456 \text{ KW}$$

Diseñar la distribución de vapor de acuerdo con los requerimientos de las autoclaves:

Para diseñar la distribución de vapor para satisfacer los requerimientos de las autoclaves implica varios pasos:

Requisitos de las autoclaves: Comprende las necesidades específicas de las autoclaves, incluyendo la presión y temperatura requeridas para su funcionamiento óptimo, así como los caudales de vapor necesarios para cada autoclave en particular.

Capacidad de producción de vapor: Determine la capacidad de producción de vapor disponible en la planta o sistema de generación de vapor. Evalúe si esta capacidad es suficiente para cubrir las demandas de todas las autoclaves simultáneamente o si se requerirá un sistema de almacenamiento temporal.

Selección de tuberías y accesorios: Elija el tipo de tuberías adecuadas para la distribución de vapor, considerando el material, el diámetro y las características de aislamiento térmico para minimizar las pérdidas de calor. Además, selecciona válvulas de control, trampas de vapor y otros accesorios necesarios para regular y dirigir el flujo de vapor hacia las autoclaves.

Diseño del sistema de distribución: Determine la disposición óptima de las tuberías para asegurar una distribución eficiente del vapor a todas las autoclaves.

La realización del diseño de la red de distribución de vapor, se utilizó el programa SolidWorks principalmente para modelar el diseño de piezas mecánicas que serán ensambladas y acopladas en la red de vapor. Tuvimos que realizar previamente los siguientes pasos a considerar:

Crear un nuevo ensamblaje o dibujo: Abra un nuevo archivo en SolidWorks.

Agregar componentes básicos: Utiliza formas básicas (cubos, cilindros, etc.) para representar los diferentes elementos de la red de vapor. Por ejemplo, puede utilizar cilindros para representar las tuberías y bloques para simbolizar las autoclaves, válvulas, trampas de vapor, entre otros componentes.

Modelar las tuberías y componentes: Utilice herramientas de modelado 3D para crear geometrías que representen las tuberías y sus conexiones, así como los diferentes componentes que forman parte de la red de vapor.

Aplicar propiedades y dimensiones: Asigna propiedades como diámetros, espesores, presiones, temperaturas, etc., a las tuberías y componentes para representar sus características técnicas.

Ensamblar los componentes: Coloca y ensambla los componentes de la red de vapor de acuerdo con la distribución y conexión lógica que tendrían en la realidad.

Generar documentación: Agrega anotaciones, etiquetas o información descriptiva a tu diseño para identificar y especificar cada componente, así como sus propiedades técnicas.

Revisión y optimización: Realice una revisión del diseño para verificar que se ajuste a los requisitos de las autoclaves y estándares de seguridad. Si es posible, realice simulaciones térmicas o de flujo para evaluar.

Unión universal:

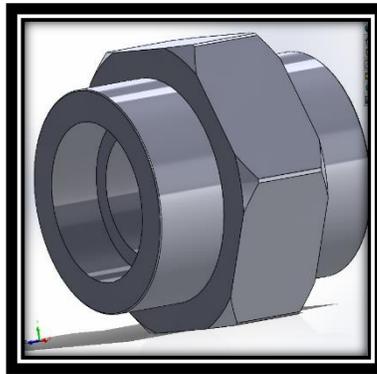


Figura 10. Unión Universal de Vapor

Fuente: Manual ASTM

La "unión universal para vapor" podría referirse a una conexión o acople utilizado en sistemas de tuberías de vapor. Las uniones universales son dispositivos diseñados para permitir cierta flexibilidad en la alineación de tuberías, lo que es especialmente útil cuando hay cambios en la dirección o posición de las tuberías. En el contexto de sistemas de vapor, estas uniones deben ser capaces de manejar las altas temperaturas y presiones asociadas con el vapor.

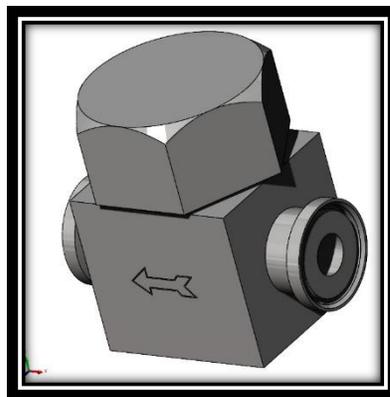


FIGURA 11. TRAMPA TERMODINÁMICA DE VAPOR

Fuente: Manual ASTM

Una trampa termodinámica para vapor es un dispositivo utilizado en sistemas de vapor para eliminar condensado y aire no condensable sin perder vapor. Estas máquinas trabajan según principios termodinámicos y se utilizan para garantizar un rendimiento eficiente y continuo en sistemas de calefacción, procesos industriales y otros sistemas de vapor. Las trampas termodinámicas operan en las diferencias de temperatura entre el vapor y el condensado. Utilizan discos o paletas termodinámicos que se abren y cierran en respuesta a los cambios de temperatura. Las trampas termodinámicas suelen requerir un mantenimiento mínimo. Sin embargo, es importante realizar inspecciones periódicas para garantizar su funcionamiento adecuado. Es crucial seleccionar el tipo de trampa termodinámica adecuado para las condiciones específicas del sistema de vapor. Existen diferentes diseños y tamaños según los requisitos de aplicación. Al seleccionar una trampa termodinámica, es aconsejable consultar las especificaciones del fabricante y seguir las mejores prácticas de instalación y mantenimiento.

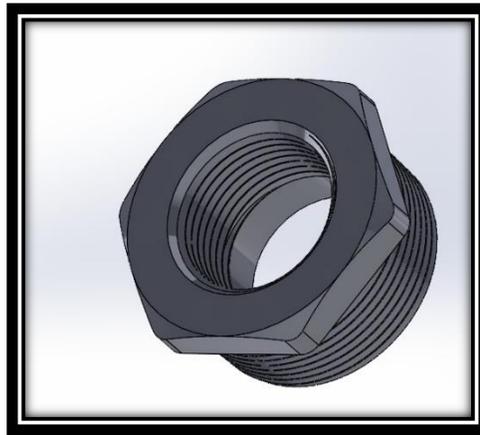


FIGURA 12. REDUCCIÓN BUSH

Fuente: Manual ASTM

Un buje (o búshines en inglés) es un tipo de accesorio utilizado en tuberías que se inserta en una abertura para reducir su diámetro interior y permitir la conexión de

tuberías de diferentes tamaños. Los bujes de reducción deben proporcionar un ajuste preciso para asegurar una conexión segura y un sellado de efectivo en el sistema de vapor. deben fabricarse con materiales que sean resistentes al calor, como acero inoxidable o aleaciones específicas para alta temperatura.

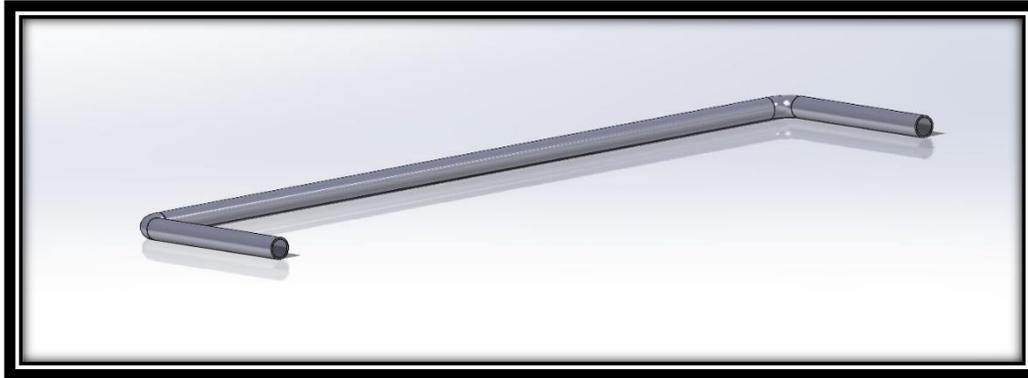


Figura 13. Tubería para bypass 1 ½”

Fuente: Manual ASTM

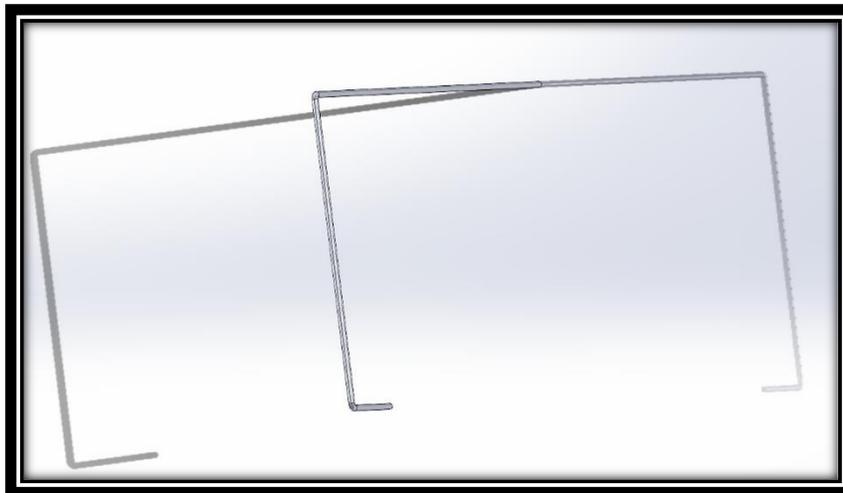


Figura 14. Tubería para la línea de condensado de 1”

Fuente: Manual ASTM

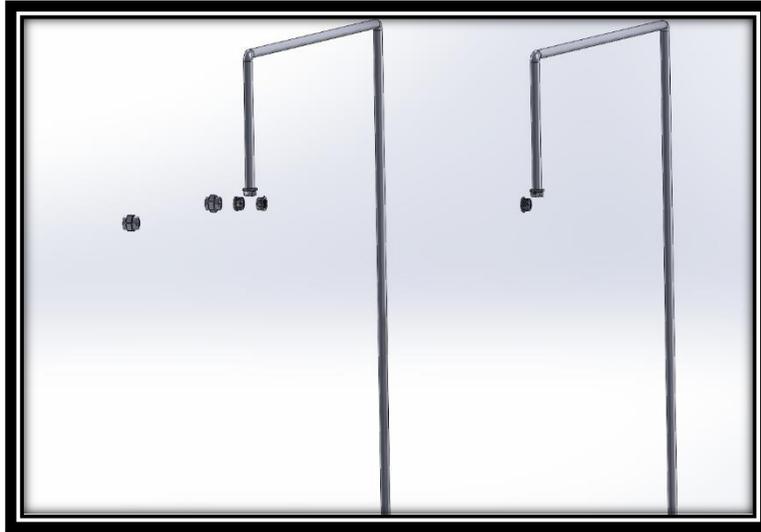


FIGURA 15. TUBERÍA DE INGRESO DE VAPOR A LAS AUTOCLAVES DE 1”

Fuente: Manual ASTM

La designación "sch 40" se refiere al "Schedule" (programa) de las tuberías, que es una clasificación estándar utilizada en los Estados Unidos para especificar el grosor de la pared de las tuberías de acero. Estas tuberías están diseñadas para soportar presiones de trabajo más altas en comparación con las tuberías con clasificaciones de grosor de pared más bajas. Este factor es crucial en aplicaciones de vapor, donde se pueden alcanzar altas presiones.

Estas tuberías pueden estar disponibles con conexiones roscadas o soldadas, dependiendo de las necesidades específicas del sistema. Las conexiones roscadas son comunes en aplicaciones más pequeñas, mientras que las conexiones soldadas son preferidas en sistemas de mayor tamaño. Es importante realizar un mantenimiento regular e inspecciones de las tuberías para garantizar su integridad y prevenir posibles problemas, especialmente en sistemas de vapor críticos.



Figura 16. Filtro tipo Y

Fuente: Manual ASTM

Un filtro tipo Y para vapor es un dispositivo utilizado en sistemas de vapor para eliminar partículas sólidas, suciedad y otros contaminantes del vapor antes de que ingresen a equipos y componentes sensibles. Este tipo de filtro tiene una forma de "Y" que permite una fácil instalación en la línea de vapor. El componente principal del filtro es la malla o tamiz interno. Esta malla está diseñada para retener partículas sólidas y contaminantes presentes en el vapor, evitando que ingresen a los equipos y componentes sensibles. Es importante seleccionar el tamaño y tipo de filtro tipo Y adecuado según las necesidades específicas del sistema de vapor, considerando factores como la capacidad de flujo, la presión de trabajo y el tamaño de las partículas a filtrar. Además, el mantenimiento regular del filtro es esencial para garantizar su eficacia a lo largo del tiempo.



Figura 17. Válvula de globo para vapor

Fuente: Manual ASTM

Una válvula de globo para vapor es un tipo específico de válvula diseñada para controlar el flujo de vapor en sistemas industriales. Estas válvulas son utilizadas en aplicaciones donde se requiere un control preciso del flujo y la presión del vapor, las válvulas de globo para vapor tienen un asiento y un disco que regula el flujo. El disco se mueve hacia o desde el asiento para controlar la apertura de la válvula y, por lo tanto, el flujo de vapor. Es importante seleccionar la válvula de globo adecuada para las condiciones específicas del sistema de vapor, teniendo en cuenta factores como la presión de trabajo, la temperatura y el flujo de vapor. Además, el mantenimiento regular y la inspección de las válvulas son fundamentales para garantizar su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo.

Los codos de 90 grados para vapor son accesorios utilizados en sistemas de tuberías de vapor para cambiar la dirección del flujo en un ángulo de 90 grados. Estos codos son esenciales para la configuración y el diseño eficiente de las tuberías de vapor, permitiendo giros suaves y evitando restricciones en el flujo pueden tener conexiones roscadas o soldadas, dependiendo de los requisitos del sistema. Las conexiones roscadas son comunes en aplicaciones más pequeñas, mientras que las conexiones soldadas son preferidas en sistemas de mayor tamaño. Es importante realizar inspecciones regulares y llevar a cabo el mantenimiento necesario para garantizar que los codos estén en buen estado y funcionando correctamente.

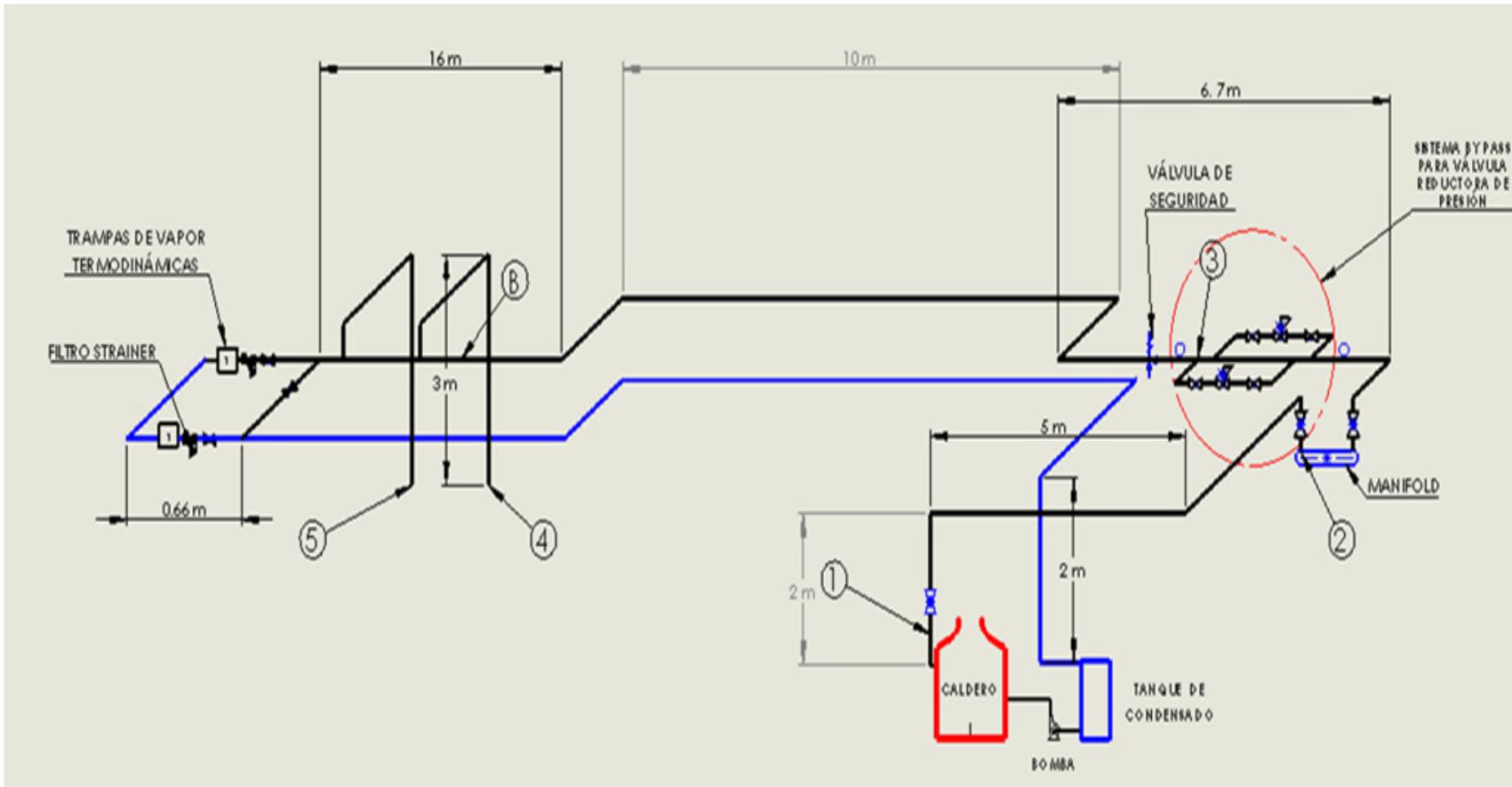


Figura 18. Distribucion de la red de vapor desde el caldero hacia las dos autoclaves

Fuente: Autoría propia.

La distribución de la red de vapor desde el caldero hacia las autoclaves implica un diseño eficiente y seguro para suministrar vapor a las autoclaves. Aquí te presento una descripción de este proceso

- **Generación de vapor en el caldero:** En el caldero, el agua se calienta hasta su punto de ebullición para producir vapor. Este vapor se genera a alta presión y temperatura dentro del caldero.
- **Tuberías principales:** Desde el caldero, se utilizan tuberías principales de acero al carbono o acero inoxidable diseñadas para soportar altas temperaturas y presiones. Estas tuberías transportan el vapor desde el caldero hacia la red de distribución.
- **Colector principal:** El vapor generado se dirige hacia un colector principal, una estructura que recibe y distribuye el vapor a las autoclaves. En este punto, se instalan válvulas de control para regular el flujo de vapor y válvulas de seguridad para proteger contra sobrepresiones.
- **Tuberías secundarias:** Desde el colector principal, las tuberías se ramifican hacia las dos autoclaves. Estas tuberías pueden incluir válvulas de aislamiento, válvulas de control de presión y temperatura y trampas de vapor para eliminar condensado.
- **Conexión a las autoclaves:** En cada autoclave, el vapor se introduce a través de conexiones diseñadas para soportar altas temperaturas y presiones. Este vapor se utiliza para los procesos de esterilización u otras aplicaciones que requieran vapor a alta presión y temperatura.
- **Sistemas de control y seguridad:** Es crucial contar con sistemas de control y monitoreo para monitorear la presión, temperatura y flujo de vapor en todo el sistema. Además, dispositivos de seguridad como válvulas de alivio de presión son esenciales para garantizar la seguridad del sistema.
- **Aislamiento térmico:** Las tuberías y conexiones que transportan el vapor suelen estar aisladas térmicamente para minimizar las pérdidas de calor y garantizar un funcionamiento eficiente del sistema.

Este proceso de distribución de vapor desde el caldero hacia las autoclaves se realiza con un diseño meticuloso para garantizar un suministro seguro y confiable de vapor para sus aplicaciones específicas.

(1) REALIZAR UNA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA PROPUESTA

Componentes:

- Válvula de globo, acero fundido bridad
- Válvula de globo roscada de 1 ½"
- Válvula de globo roscada de 1"
- Válvula reductora de presión de 1 ½", modelo 25
- Válvula de seguridad de 1 ½", de 0 a 50psi
- Sifón para manómetro de ½" (conocido como cola de chancho)
- Manómetro de presión, de 0 a 75psi, de 4"
- Trampa para vapor de 1", modelo: TD52
- Filtro tipo Y, de 1", de fierro fundido
- Visor para condensado de mirilla, de 1"

Tuberías:

- Tubería de acero al carbono SCH40 DE 1 ½"
- Tubería de acero al carbono SCH40 DE 1"

Accesorios de clase 150:

- Codos de 90 grados, fierro negro de 1 ½"
- TEE de fierro negro de 1 ½"
- Reducción campana de fierro negro, 1 ½" a 1"
- Reducción campana de fierro negro, 1 ½" a ¾"
- Unión universal de fierro negro de 1 ½"
- Codos de 90 grados de 1"
- TEE de fierro negro de 1"
- Unión universal de 1"
- Cinta de teflón (50 unidades)

Válvula de globo, acero fundido bridada

Descripción:

- Diseño de Cuerpo de Patrón Recto
- Tornillo y Tuerca externos (OS&Y)
- Bonete Atornillado o Bonete Sellado de Presión
- Disco Suelto, Opción de Tipo de Macho o de Bola
- Anillos de Asiento Renovables a Pedido
- Vástago Forjado de Cabeza T
- Servicio Horizontal
- Vástago Ascendente y Volante sin Anillo
- Extremos Bridados o de Soldadura a Tope

Válvula de globo roscada de 1 1/2"

Descripción:

Una válvula de globo roscada de 1 1/2" es un dispositivo utilizado en sistemas de tuberías para regular y controlar el flujo de líquidos o gases. Esta válvula está diseñada con una conexión roscada de 1 1/2 pulgadas, lo que indica el tamaño del diámetro nominal de la tubería con la que es compatible.

El diseño de globo se refiere a la forma del cuerpo de la válvula, que se asemeja a un globo con una especie de tapa en la parte superior. Este diseño permite un control preciso del flujo al ajustar la posición del obturador o disco dentro de la válvula.

Válvula de globo roscada de 1'

Descripción:

- Diámetro: 1"
- Cuerpo: Acero Inoxidable AISI 316
- Asiento: Acero Inoxidable AISI 304 – 316
- Conexión: Rosca NPT
- Presión Máxima de Trabajo: 200 PSI

Válvula reductora de presión de 1 ½', modelo 25P

Descripción:

- Fabricante: Spirax Sarco
- Tipo de regulador: Reguladora de presión
- Material del cuerpo: Hierro fundido
- Rango de presión de salida: 5.6 a 14.0 Bar
- Tamaño de la conexión: 1-1/2" NPT
- Tornillo de ajuste: Tornillo de acero

Válvula de seguridad de 1 ½', de 0 a 50psi

Descripción:

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| ➤ Asunto | válvula de seguridad |
| ➤ Material del cuerpo | bronce |
| ➤ Material de discoteca | bronce |
| ➤ Presión de fábrica | 50 psi |
| ➤ Tamaño de entrada | 1,5" |
| ➤ Tipo de entrada | MNPT |
| ➤ Tipo de salida | FNPT |
| ➤ Altura total | 9,75" |
| ➤ Rango de presión | 0 a 300 psi |
| ➤ Material del asiento | bronce |
| ➤ Material de primavera | Acero inoxidable 316 |

- Temperatura. distancia 0 grados a 406 grados F
- Palanca de prueba No

Sifón para manómetro de ½"

Descripción:

El tubo de sifón para manómetro es muy útil para reducir el riesgo de deterioro en los manómetros. También actúa como enfriador y disipador del calor.

Los accesorios son elementos para la instalación y control de los instrumentos de medida.

Los instrumentos de medida e indicación tienen como función registrar, controlar y transmitir las variables generadas en un contexto hidráulico con el fin de optimizar el proceso productivo.

Manómetro de presión, de 0 a 100psi

Descripción:

- Rango: 100PSI
- Unidad de escala: Bar y PSI
- Dial: 2.5"
- Material del Dial: Inox
- Conexión: 1/4" NPT
- Material de la conexión: Bronce
- Precisión: +- 1.6% F.S
- Temperatura máxima del fluido: 60°C.

Trampa para vapor de 1', modelo: TD52

Descripción:

Las TD52, son trampas termodinámicas para drenaje de líneas de vapor; Totalmente de acero inoxidable. Partes activas endurecidas. Son robustas y no son afectadas por golpes de ariete, vapor sobrecalentado, vibraciones ni condensado corrosivo. Responden instantáneamente y funcionan con la mayor eficiencia en todos los rangos de presión.

Filtro tipo Y, de 1", de hierro fundido

Descripción:

Su función principal es filtrar el líquido que pasa a través de la tubería, atrapando partículas de suciedad, óxido u otros desechos que podrían obstruir o dañar los equipos o componentes del sistema. El diseño en forma de "Y" proporciona un área más amplia para la recolección de estos desechos, permitiendo una filtración eficiente.

Visor para condensado de mirilla, de 1"

Descripción:

- Conexión: 1"
- Cuerpo en acero zincado
- Mirillas importadas para alta temperatura.
- Aplicaciones comunes: Visualización del flujo de condensado en la descarga de trampas para vapor.

Tubería de acero al carbono SCH40 DE 1" y 1 ½"

Descripción:

Un tubo de acero al carbono SCH40 sin costura es un componente fundamental en sistemas de tuberías utilizados para transportar fluidos, ya sea líquidos o gases, en aplicaciones industriales, comerciales o residenciales. Aquí hay una descripción desglosada:

- **Material:** Fabricado con acero al carbono, que es una aleación de hierro y carbono en proporciones variables, este tipo de tubería es robusto y resistente a la corrosión, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones.
- **SCH40:** El término "SCH" es una abreviatura de "Schedule", que indica el grosor de la pared del tubo. En el caso del SCH40, tiene un espesor de pared específico según las normas de la industria, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de presión moderada.
- **Sin costura:** Esto proporciona una mayor resistencia estructural y una superficie interna más lisa, lo que resulta en una mejor capacidad de flujo y menos propensión a fugas o fracturas.

Codos de 90 grados, fierro negro de 1 ½"

Descripción:

- **Tipo de Conexión:** Codo 90°
- **Material:** Fierro Maleable Negro ASTM A197
- **Clase:** 150
- **Máxima Presión de Trabajo:** 300 PSI @-28°C a 66°C
- **Presión de Trabajo Vapor (SWP) :** 150 PSI
- **Conexión:** Rosca NPT ANSI/ASME B1.20.1
- **Normas de diseño:** ANSI / ASME B16.3
- **Extremos:** Reforzados
- **Usos:** Agua, aire, vapor, Diesel, gases, industrial
- **Medidas:** De 90 X 1/4" hasta 90 X 4"

TEE de fierro negro de 1 ½"

Descripción:

- Tipo de Conexión: Tee
- Material: Fierro Maleable Negro ASTM A197
- Clase: 150
- Máxima Presión de Trabajo: 300 PSI @-28°C a 66°C
- Presión de Trabajo Vapor (SWP): 150 PSI
- Conexión: Rosca NPT ANSI/ASME B1.20.1
- Normas de diseño: NSI / ASME B16.3
- Extremos: Reforzados
- Usos: Agua, aire, vapor, Diesel, gases, industrial
- Medidas: De 1/4" hasta 4"

Reducción campana de fierro negro, 1 ½ a 1

Descripción:

- Tipo de Conexión: Reducción Campana
- Material: Fierro Maleable Negro ASTM A197
- Clase: 150
- Máxima Presión de Trabajo: 300 PSI @-28°C a 66°C
- Presión de Trabajo Vapor (SWP) : 150 PSI
- Conexión: Rosca NPT ANSI/ASME B1.20.1
- Normas de diseño: ANSI / ASME B16.3
- Extremos: Reforzados
- Usos: Agua, aire, vapor, Diesel, gases, industrial
- Medidas: De 1/2 x 3/8" hasta 3 X 2"

Unión universal de fierro negro de 1 ½^a

Descripción:

- Tipo de Conexión: Unión Universal / Tuerca Unión
- Material: Fierro Maleable Negro ASTM A197
- Clase: 150

- Máxima Presión de Trabajo: 300 PSI @-28°C a 66°C
- Presión de Trabajo Vapor (SWP) : 150 PSI
- Conexión: Rosca NPT ANSI/ASME B1.20.1
- Normas de diseño: ANSI / ASME B16.39
- Extremos: Reforzados
- Usos: Agua, aire, vapor, Diesel, gases, industrial
- Medidas: De 1/4" hasta 4"

Tabla 7. Costo de materiales

	MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO UNI. (S/.)	TOTAL
1	Válvula de globo, acero fundido bridada	1	2,000.00	2,000.00
2	Válvula de globo roscada de 1 ½"	4	485.00	1,940.00
3	Válvula de globo roscada de 1"	2	280.00	560.00
4	Válvula reductora de presión de 1 ½", modelo 25P	2	7,500.00	15,000.00
5	Válvula de seguridad de 1 ½", de 0 a 50psi	1	580.00	580.00
6	Sifón para manómetro de ½" (conocido como cola de chanco)	2	250.00	500.00
7	Manómetro de presión, de 0 a 75psi, de 4"	2	395.00	790.00
8	Trampa para vapor de 1", modelo: TD52	1	1,550.00	1,550.00
9	Filtro tipo Y, de 1", de fierro fundido	1	150.00	150.00
10	Visor para condensado de mirilla, de 1"	1	580.00	580.00
11	Tubería de acero al carbono SCH40 DE 1 ½"	7	260.00	1,820.00
12	Tubería de acero al carbono SCH40 DE 1 "	4	180.00	720.00
13	Codos de 90 grados, fierro negro de 1 ½"	10	20.00	200.00
14	TEE de fierro negro de 1 ½"	8	25.00	200.00

15	Reducción campana de fierro negro, 1 ½" a 1"	2	20.00	40.00
16	Reducción campana de fierro negro, 1 ½" a ¾"	1	20.00	20.00
17	Unión universal de fierro negro de 1 ½"	4	45.00	180.00
18	Codos de 90 grados de 1"	11	20.00	220.00
19	TEE de fierro negro de 1"	2	15.00	30.00
20	Unión universal de 1"	5	30.00	150.00
21	Cinta de teflón	50	2.50	125.00
22	Formador de paquetadura	1	16.00	16.00
23	TOTAL			27,371.00

Fuente: Autoría Propia.

V. DISCUSIÓN

La utilización de la energía térmica en los procesos en los hospitales, es de importancia, debido a que si se utiliza la electricidad, resulta siendo no factible, debido a que los costos altos; es así que el uso del vapor se utiliza para los diferentes procesos, tales como cocción de alimentos, lavado de ropa, calefacción, planchado de ropa, esterilización, etc.

La distribución del vapor en las instalaciones de los hospitales, no se ha realizado de acuerdo a un criterio, en el cual las propiedades energéticas del vapor, como es el caso de la temperatura, presión, entalpía y entropía, deben guardar relación a las labores propias del hospital, a fin de que exista una eficiencia en su utilización en el hospital.

De acuerdo a las referencias, en hospitales regionales se tiene fuentes de generación vapor a partir de calderos acuotubulares, los cuales generan el vapor a partir de la combustión del combustible (petróleo, GLP, Gas natural), y en el cual se pudo determinar que existe un ratio entre el calor generado en el vapor expresado en BTU/hora y la cantidad de vapor en Ton/hora; con el consumo de combustible, es decir la relación entre cuanto de combustible se utilizó para generar una tonelada de vapor con características de temperatura y presión; existe una variabilidad en los datos, en el cual se determinó que en casi todas las instalaciones, excede al valor promedio estándar en un 50%, lo cual evidenció que se tiene un exceso en el consumo de combustible para la generación de vapor en las calderas de los hospitales.

En el artículo de investigación de literatura, se puede concluir que el uso del vapor es una fuente de energía utilizada en instalaciones industriales haciendo trabajar equipos que generen energía térmica hasta calentar y desinfectar productos,

debido a que tiene un alto poder calorífico y el uso de transferencia de calor para cocer alimentos u otros fines.

Además, se concluye que el revestimiento térmico concentra el calor evitando las pérdidas por transferencia al exterior de las tuberías, llevando con presión y temperatura regulada a los equipos como son las autoclaves, las cuales utilizan el calor para esterilizar utensilios y otros accesorios.

Así mismo el dimensionamiento y la calidad de tuberías para el uso correcto para las autoclaves es sumamente importante para una buena transportación del vapor. Diseño óptimo de la red de distribución de vapor: Un diseño adecuado de la red de distribución de vapor es crucial para garantizar un suministro confiable y eficiente a las autoclaves de esterilización. Se debe considerar la ubicación estratégica de los generadores de vapor, la capacidad de los conductos, la presión requerida y la minimización de pérdidas de calor.

El diseño de las tuberías que se abastecen a las autoclaves, se hizo en función a las teorías existentes en cuanto a transferencia de calor por conducción, convección, así mismo por las pérdidas de carga de presión, las cuales se analizan con la teoría de pérdida de carga, utilizando la ecuación de Darcy, que evalúa las pérdidas de presión, en función a la velocidad del flujo, el diámetro de la tubería, y el factor de fricción.

La ubicación estratégica de los generadores de vapor dentro de los hospitales, va mas allá del área técnica, debido a que en el Hospital, se tiene instalaciones que tienen entre 50 y 60 años de antigüedad, lo cual hace no factible la ubicación de las calderas en lugares mas cercanos al lugar del uso, ello hace que la distancia sea mayor, por lo cual la caída de presión en el vapor se incrementa en función a la distancia.

Dimensionamiento adecuado de los conductos: Es esencial calcular el tamaño adecuado de los conductos de vapor para evitar restricciones en el flujo y garantizar

una presión constante en las autoclaves. El dimensionamiento incorrecto puede resultar en una distribución desigual del vapor y afectar la eficacia del proceso de esterilización.

Control y monitoreo del suministro de vapor: Implementar sistemas de control y monitoreo en tiempo real es fundamental para garantizar un suministro continuo y estable de vapor a las autoclaves. Esto permite detectar cualquier anomalía o falla en la red de distribución y tomar acciones correctivas de manera oportuna.

El control y monitoreo de los parámetros del vapor es de suma importancia, porque permite que se disponga de información en tiempo real, en el cual se pueda modificar tanto la cantidad de vapor que se genera, como la temperatura y presión del vapor; las características del vapor sobrecalentado, está determinado por el volumen específico, entalpía específica, a fin de que se mantenga en dicha condición.

La aparición de condensado en las tuberías, ocasiona problemas de corrosión, los cuales deteriora a las tuberías de distribución de vapor; para ello, las trampas de condensado, juegan un rol importante, los cuales se deben ubicar a distancias en el cual las propiedades del vapor se ajustan a las condiciones a las cual se ha hecho el diseño.

Mantenimiento regular y prevención de fugas El mantenimiento regular de la red de distribución de vapor y la prevención de fugas son aspectos críticos para garantizar un funcionamiento óptimo. Las fugas en los conductos pueden afectar la presión y la eficiencia energética, además de aumentar los costos de operación.

Consideración de requisitos futuros: Al diseñar la red de distribución de vapor, es importante tener en cuenta los requisitos futuros del hospital en términos de expansión de instalaciones o aumento en la demanda de esterilización. Esto asegurará que la red sea escalable y pueda adaptarse a los cambios futuros sin necesidad de modificaciones mayores.

También cabe indicar que los soportes de tuberías influyen mucho en los accesorios de expansión que se adaptan a la dilatación están diseñados para acomodar la dilatación sin cambiar la longitud de la tubería.

Con el rediseño del sistema propuesto, se ajusta a la realidad del hospital, teniendo en cuenta que no se hace inversiones futuras, porque dicho hospital, tiene un proyecto de reubicación, y el diseño realizado se planteó para un tiempo de vida de 8 años.

VI. CONCLUSIONES

- Se hizo el análisis del suministro actual de vapor, en el cual se determinó que existe una deficiencia, debido a que las tuberías y demás accesorios; influenciado por el deterioro de los aislamientos térmicos en dichos mecanismos.
- Se determinó los parámetros de diseño, siendo ellos la temperatura de operación, presión, entalpía, entropía, de acuerdo a la red de distribución en el hospital, destinado para cocción de alimentos como para operaciones de esterilización.
- Se hizo el diseño de la nueva red de distribución de vapor de acuerdo a los requerimientos de las autoclaves
- Se realizó una evaluación financiera de la propuesta.

VII. RECOMENDACIONES

- Hacer un análisis termoeconómico del sistema de vapor.
- Se recomienda hacer un análisis exérgico del sistema, a fin de evaluar posibles utilizaciones de energía térmica.

REFERENCIAS

(2015). Consideraciones Técnicas de Diseño para Sistemas de Tuberías en Campos. <https://www.geotermia.org.mx/app/assets/media/2017/11/Geotermia-Vol28-2.pdf#page=46>

Ing. Miguel Camus Bustos. (2020). RECOMENDACIONES A CONSIDERAR PARA EL USO SEGURO DE AUTOCLAVES DE VAPOR EN EL CONTEXTO DE UN PROCESO DE ESTERILIZACION. *INSTITUTO DE SALUD PUBLICA* , 10. NTOperadoresAutoclaves-23112020A.p

Irigon G,. (2022). *Mejoras energéticas para aumentar el rendimiento térmico de caldera de vapor Saturado en un hospital público, La Libertad.* <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94389>

LLC, N. (Ed.). (2020). Patente emitida para colectores para deposición uniforme de vapor. *DIARIO DE TECNOLOGIA*, 1962. Obtenido de https://ucv.primo.exlibrisgroup.com/discovery/fulldisplay?docid=cdi_gale_infotrasmisc_A625973909&context=PC&vid=51UCV_INST:UCV&lang=es&search_scope=MyInst_and_CI&adaptor=Primo%20Central&tab=Everything&query=any,contains,manifold%20a%20vapor%202020&offset=

Lozano Huangal G, Medina R, Paredes R. (2020). <https://hdl.handle.net/20.500.12692/64408>. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64408>

MARY ALEXANDRA QUIROZ GARCIA. (2020). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.* <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3083>

Santizo D. (2020). *EFFECTO DEL PRECALENTAMIENTO SOLAR EN LA GENERACIÓN DIRECTA DE VAPOR CON COLECTORES CILINDRO PARABÓLICOS.* México : Tecnológico Nacional de México. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/1432>

Torres L. (2022). *Optimización de las redes de distribución de vapor y condensado de un Hospital Público de Lambayeque.* CHICLAYO PERÚ . <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8260>

Valle Pilco, H. (2021). 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.

Zavala Gonzales, R. A. (2021). Diseño de redes de vapor para suministrar a las áreas de servicios del Hospital ESSALUD II de Moquegua, beneficiándose del paso del gasoducto andino del sur.

Ureña-Marín, J. R., Montiel-Santiago, F. J., & Hermoso-Orzáez, M. J. (2020). Modelado 3D CAD de la distribución de vapor de la máquina escocesa Mirrlees-Watson (1926) para extracción de azúcar de caña.

Castillo Mendoza, H. (2019). *Diseño de un sistema de distribución y generación de vapor para las áreas de central de equipos, lavandería y cocina de un hospital del Seguro Social* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Revelo Bustos, E. I., & Vaca Heredia, E. M. (2020). *Diseño de un sistema para calentar agua hasta 80 °C para el proceso de obtención de vino de la microempresa Perla Andina ubicada en Quinticusig-cantón Sigchos* (Bachelor's thesis).

Acevedo Rodríguez, A. L., Oliveros Durán, H. E., Pamo Oliveros, E. F., Rojas Díaz, B. H., & Rojas Pardo, D. P. (2021). Fases de diseño de planos de infraestructura e instalación de una caldera horizontal para la generación de vapor en la empresa Car Wash Express L&J.

Caballé Planas, R. (2019). *Estudio y dimensionamiento del sistema de generación y distribución de vapor en un buque tipo* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

Morales Ixtacuy, M. E. (2020). *Análisis para mejoras en red de vapor y retorno de condensado para formulación de frijol en una industria alimenticia* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Custodio Rodríguez, C. E. (2019). Diseño de un panel didáctico de un sistema de refrigeración por compresión de vapor como propuesta para la implementación del laboratorio de la FIME-UNPRG, 2019.

Chango Muñoz, J. A., & Zavala Zabala, D. J. (2021). Diseño y construcción de un sistema de baños de cajón para uso domiciliario.

Rubio Ponce, D. I. (2020). *Diseño de una autoclave para confeccionar modelos de fundición mediante la expansión de poliestireno* (Bachelor's thesis).

Valle Palacio, J. A. (2019). Diseño de sistema de filtrado para equipo de extracción de ceniza de la central de energía y vapor (CEVA) de Coltejer SA.

González Alvarado, A. S. (2019). *Rediseño de la red de retorno de condensado de vapor, en el Hospital General San Juan de Dios* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Zapata Sigueñas, J. C. (2021). Desarrollo de una interfaz gráfica de usuario para el dimensionamiento óptimo de espesores para aislamiento térmico en tuberías de vapor.

Úsuga, E. U. (2022). Implementación de un prototipo para la producción de agua potable usando un sistema de refrigeración por compresión de vapor alimentado de energía solar fotovoltaica. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*.

Jumbo Narváez, J. C., & Tubon Villa, E. B. (2021). *Repotenciación del Módulo para determinación de parámetros termodinámicos de un sistema de refrigeración por compresión de vapor con refrigerante R134a* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi: UTC.).

Hernández Touset, J. P., de Armas Martínez, A. C., Espinosa Pedraja, R. O., Pérez Ones, O., & Guerra Rodríguez, L. E. (2021). Procedimiento de análisis energético para la conversión de industrias de la caña de azúcar en biorrefinerías. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(5), 277-288.

Hincapié, J., Dorantes-Rodríguez, R., & Cruz-Muñoz, B. (2020). Definition of criteria and design parameters of aerosol-assisted chemical vapor deposition system (AACVD). *Scientia et Technica*, 25(1), 137-141.

Suarez Vasco, K. J., García Rodríguez, L. A., & Rojas Garavito, L. A. (2020). Diseño de un sistema integrado de lubricación para eliminar fallas de la bomba incorporada de un turbogenerador de vapor.

Rodríguez Hoyos, S. (2021). *Evaluación de la implementación de los patrones no convencionales para la inyección continua de vapor en el área X con simulación dinámica en CMG* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).

Estrada Gallardo, M. A. (2019). *Distribución de la planta termoeléctrica para la combustión del Pigüe (Piptocoma Discolor) utilizando software CAD en la Provincia Pastaza* (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).

Rodríguez Ruiz, A. A. (2023). Diseño de la red de distribución de vapor saturado para la producción de harina y aceite de pescado de la empresa pesquera Vlacar SAC.

Tapia Villamar, R. A., & Luna Cabrera, J. H. (2019). *Diseño de un sistema de distribución de vapor para una industria panificadora de Guayaquil* (Bachelor's thesis).

Calderón Rivas, J. A., & Rivera Verdugo, Í. A. (2022). *Diseño del sistema automatizado de control del caldero ELECON 7.5 BHP del laboratorio de máquinas térmicas de la Universidad Politécnica Salesiana* (Bachelor's thesis).

Aguilar Chávez, R. I., & Rubio Palacios, D. A. (2022). *Diseño y simulación del sistema automático de distribución de diésel tipo II desde el tanque principal hasta los tanques secundarios y de almacenamiento diario de 1850 y 380 galones respectivamente* (Bachelor's thesis).

Calderón Cruz, J. A., & Sánchez Arias, W. R. (2022). Diseño de un sistema térmico a vapor para elaborar 2500 Kg/h de jarabe de azúcar para la empresa Termoautomatica Servicios Generales EIRL.

Carrasco Correa, J. P. (2022). Rediseño de la red de distribución de vapor en el Hospital Regional Docente de Trujillo para mejorar su capacidad térmica y eficiencia.

Piedra Vílche, J. M. (2022). Diseño de caldero de 200 BHP para mejorar la producción de conservas en la empresa Grupo Gambrinus SAC.

Valdez Gutiérrez, E. M. (2020). *Diseño de un sistema de descarga de purgas para la depuración de contaminantes en calderas de combustión utilizadas en la industria de manufactura de ropa de vestir* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Baño Arias, J. G., & Sosa Arce, L. E. (2021). *Diseño de un sistema de combustible dual diésel-bunker, para una red de alimentación de combustible a un grupo de calderas con capacidades entre 300 y 1700 BHP* (Bachelor's thesis).

Castillo Meda, M. C. (2021). *Propuesta para la mejora de la eficiencia del sistema de generación y distribución de vapor de caldera pirotubular en Industria de Alimentos, SA* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Uchalín, M. A. P., & Huallpachoque, R. C. C. (2021). Evaluación del aislamiento térmico en la red de vapor y la eficiencia del caldero pirotubular de 30 BHP del Hospital la Caleta. *INGnosis*, 7(2), 01-13.

Anexos 1: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Diseño de un sistema de distribución de vapor	Es un conjunto de actividades, para crear un sistema de distribución de vapor, que implica la planificación, selección y disposición de los componentes para la entrega eficiente y segura a los puntos de uso.	El diseño se mide en la determinación de los parámetros que influyen en la red de distribución de vapor	➤ Caudal	➤ Razón
			➤ Presión	➤ Nominal
			➤ Resistencia mecánica	➤ Razón
			➤ Velocidad	
			➤ Perdida de carga	➤ Razón
			➤ Transferencia de calor	

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Mejoramiento del suministro de las autoclaves	Consiste en optimizar un sistema existente del traslado de vapor desde la caldera hasta la autoclave, conservando sus parámetros de presión y temperatura evitando pérdidas por transferencia de calor utilizando forros térmicos	Esta variable se mide de acuerdo a que la autoclave presenta un funcionamiento estable debido a que tiene constantemente vapor por su parámetro de diseño y pasando los procesos de esterilización ingresando vapor dentro de las especificaciones del fabricante	➤ Temperatura	➤ Nominal
			➤ Flujo masico	➤ Razón
			➤ Calidad y humedad de vapor	
			➤ Presión de vapor	
			➤ Caudal	

Anexo 2: Cuadro de suministro de consumo energético

Componentes	Consumo Energético (kW)	Horas de funcionamiento diario	Consumo Diario (kWh)	Consumo Mensual (kWh)
Calderines	12	24	288	8640
Aislamiento térmico	5	24	120	3600
Válvulas y Control	10	12	120	3600
Sistema de Monitoreo	2	24	48	1440
Calefacción Auxiliar	15	8	120	3600
Iluminación	1	12	12	360
Total	45	104	708	21240



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CELADA PADILLA JAMES SKINNER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de distribución de vapor para sustituir generador de las autoclaves de esterilización del hospital regional Las Mercedes- Chiclayo", cuyos autores son HERRERA ANTO ALEXANDER MIGUEL, PASCO MELENDEZ ERICK FABRICIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 29 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CELADA PADILLA JAMES SKINNER DNI: 16782335 ORCID: 0000-0002-5901-2669	Firmado electrónicamente por: CPADILLAJ el 11-12- 2023 20:06:57

Código documento Trilce: TRI - 0672742