

RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS EN CERVALLE



Investigación y evaluación de la recuperación de condensados en tubería de vapor de Cervalles
planta de balanceados

Dayanna Villa Restrepo

Corporación Universitaria Minuto de Dios Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

octubre de 2024

RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS EN CERVALLE

Investigación y evaluación de la recuperación de condensados en tubería de vapor de Cervalle
planta de balanceados

Dayanna Villa Restrepo

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Asesor(a)

Edward David Ramírez CastellanosDocente

Corporación Universitaria Minuto de DiosRectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

octubre de 2024

TABLA DE CONTENIDO

Lista de tablas	5
Lista de figuras	6
Lista de anexos	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1 Descripción del problema	13
1.2 La pregunta de investigación	15
1.3 Los objetivos de investigación	15
1.3.1 Objetivo general	15
1.3.2 Objetivos específicos	15
1.4 Justificación de la investigación	16
1.4.1 Beneficios de recuperar condensados.....	16
2. MARCO DE REFERENCIA	18
2.1. Marco de Antecedentes	18
2.2. Marco Teórico	19
2.3. Marco normativo.....	24
3. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Enfoque y alcance de la investigación	26
3.2. Población y muestra	26
3.2.1. Definición de la población.....	26
3.3. Instrumento(s).....	27
3.4. Descripción de procedimientos.....	28
3.5. Análisis de información	29
3.5.1. Recolección de datos	29
3.5.2. Transferencia de datos.....	29
3.5.3. Análisis cuantitativo	30

RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS EN CERVALLE

3.5.4.	Análisis cualitativo.....	30
3.5.5.	Procedimiento de análisis	31
3.6.	Consideraciones éticas	32
3.6.1.	Análisis de consideraciones éticas	32
3.6.2.	Instrumentos de aceptación y autorización.....	33
4.	HIPÓTESIS	35
4.1.3	Justificación de las Hipótesis	35
4.1.	Las variables	36
4.1.1.	Variable(s) independiente(s).....	36
4.1.2.	Variable(s) dependiente(s).....	36
4.1.3	Variable(s) secundarias(s).....	37
4.2	Planteamiento de hipótesis	37
4.2.2	Características de las Hipótesis	38
4.2.3	Importancia de las Hipótesis.....	38
5.	RESULTADOS	39
6.	CONCLUSIONES.....	43
	Anexos	47
	Referencias	57

Lista de tablas

TABLA 1: Cambios registrados de repuestos 2023-2024 12

TABLA 2: Frecuencia de pérdidas de vapor.....41

TABLA 3: Frecuencia de identificación de puntos críticos.....42

TABLA 4: Frecuencia de conocimiento del sistema.....42

TABLA 5:Frecuencia de beneficios económicos.....43

TABLA 6:Frecuencia de resultados de entrevistas.....44

TABLA 7: Resumen total de hallazgos.....44

Lista de figuras

FIGURA 1: Distribución de línea de vapor Cervalles.....	10
FIGURA 2: Estado de paletas de acondicionadores Cervalles.....	13
FIGURA 3: Estado de válvulas reguladoras de Cervalles.....	14
FIGURA 4: Componentes de una caldera.....	20
FIGURA 5: Formación de condensados por causa del flujo de vapor.....	21

Lista de anexos

ANEXO 1: Operalización de variables de investigación.....	28
ANEXO 2: Carta autorización de uso de datos y confidencialidad.....	28
ANEXO 3: Plantilla de entrevista realizada a operarios y técnicos.....	28
ANEXO 4: Plantilla de entrevista realizada a operarios y técnicos.....	29
ANEXO 5: Análisis de resultados en Excel.....	40
ANEXO 6: Retorno de la inversión de la ejecución del proyecto.....	41

RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS EN CERVALLE

RESUMEN

La empresa Cerdos del valle es una planta de producción de alimento balanceado para porcinos la cual utiliza vapor para garantizar el correcto desdoblamiento del almidón en el proceso de peletizado por lo cual se necesita que dicho vapor transite por unas tuberías de acero inoxidable desde la caldera hasta la peletizadora.

La paletización es el proceso mediante el cual se comprime y se moldea la materia prima como maíz y torta de soya en forma de pellet (bola) mediante procedimientos mecánicos de vapor, presión, calor y humedad.

Uno de los inconvenientes que se ha identificado es una falla temprana en los repuestos, en la actualidad se logra evidenciar mediante estadísticas que los repuestos y accesorios de tuberías tales como: válvulas reguladoras de presión de vapor, trampas de vapor, paletas de acondicionadores, rodillos y matrices de peletizado tienden a perder su vida útil en tiempos prematuros.

Palabras clave: Peletizado, Vapor, Presión, Humedad, Condensados

Abstract

Cerdos del Valle company is a balanced feed production plant for pigs which uses steam to guarantee the correct splitting of starch in the pelleting process, which is why said steam needs to pass through stainless steel pipes from the boiler to the pellet mill.

Pelletization is the process by which raw material such as corn and soybean cake is compressed and molded into a pellet (ball) using mechanical procedures of steam, pressure, heat and humidity.

One of the drawbacks that has been identified is an early failure in spare parts. Currently, it is possible to show through statistics that spare parts and pipe accessories such as: steam pressure regulating valves, steam traps, conditioner paddles, rollers and pelletizing matrices tend to lose their useful life prematurely.

Keyword- Pelletized, Steam, Pressure, Humidity, Condensate

Introducción

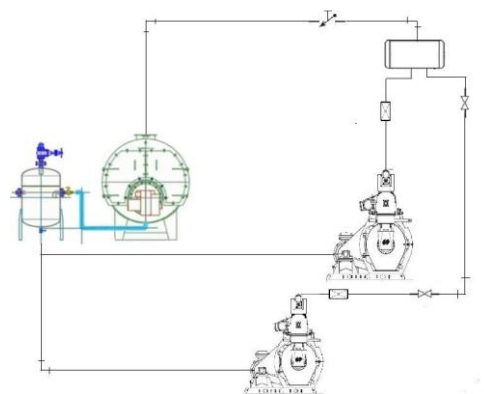
El siguiente proyecto está basado en la necesidad de solucionar el daño de repuestos de tubería de vapor y equipos de la planta de alimento de balanceados debido a retorno de condensados insuficientes que se generan en la misma.

La actividad industrial de la planta consiste en la fabricación de alimento balanceado para cerdos la cual inicia desde el proceso de generación de vapor, a la caldera ingresa agua y carbón y genera vapor el cual circula por tuberías hasta las peletizadoras para que en contacto con la materia prima se realice un proceso de cocción y homogenización del producto y así lograr la textura correcta para que dicha masa tome la forma de pellet(bola)

El proceso que se lleva a cabo en Cervalle inicial en la caldera la cual dirige el vapor por las tuberías hasta la peletizadora 1 y peletizadora 2 como se observa en la figura 1.

Figura 1.

Distribución de línea de vapor de Cervalle



Fuente de elaboración propia

Vapor es agua en estado gaseoso. Si se añade calor al agua, su temperatura aumenta hasta que alcanza un valor a partir del cual ya no puede subsistir como líquido. Cualquier nueva adición de energía provoca que parte del agua hierva y se convierta en vapor.

El vapor ha sido utilizado como vehículo de energía desde la Revolución Industrial por diversas razones (Yunchao et al, 1989):

El vapor posee un elevado poder calorífico por unidad de masa, lo que permite transportar una buena cantidad de energía por unidad de masa.

El vapor tiene un excelente coeficiente de transferencia térmica ($2,3-2,9 \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$), por lo que resulta relativamente fácil que el vapor transfiera su calor a otros puntos del sistema que se encuentren a menor temperatura.

No necesita energía adicional para su transporte, ya que se distribuye desde la propia caldera de generación.

No presenta riesgo de incendio.

Con un sistema de válvulas resulta sencillo el control de la presión y la temperatura del sistema de vapor.

La obtención del vapor es sencilla, basta con calentar agua en el interior de una caldera hasta alcanzar la temperatura y presión adecuadas.

La energía química contenida en el combustible de la caldera se convierte en energía calorífica al quemarse éste. Esta energía se transmite a través de las paredes del hogar de la caldera hasta el agua que contiene. Mediante la adición de dicha energía calorífica, la temperatura del agua aumenta hasta alcanzar el punto de saturación, en el que hierve y se convierte en vapor.

1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El daño prematuro en los repuestos de la tubería de vapor, acondicionadores y peletizadoras han disminuido notablemente la productividad y metas de producción establecidas en la planta de balanceados, adicional a ello se ha visto afectado el presupuesto mensual debido a la corta vida útil que están presentando los mismos.

1.1 Descripción del problema

El inconveniente que se ha identificado es una falla temprana en los repuestos, en la actualidad se logra evidenciar mediante estadísticas que los repuestos y accesorios de tuberías tales como: válvulas reguladoras de presión de vapor, trampas de vapor, paletas de acondicionadores, rodillos y matrices de peletizado tienden a perder su vida útil en tiempos prematuros.

Tabla 1.*Cambios registrados de repuestos 2023-2024*

ELEMENTO/PIEZA DE CAMBIO	MAQUINA (PELET 1 O PELET 2)	AÑO	FECHA DE CAMBIO	FECHA DE FIN VIDA UTIL	FECHA DE FALLA
RODILLOS	PELETIZADORA 1	2023	20/01/2024	10/04/2024	10/03/2024
CAMBIO DE MATRIZ (DADO)	PELETIZADORA 1	2023	10/02/2024	10/06/2024	10/03/2024
CAMBIO DE MATRIZ (DADO)	PELETIZADORA 2	2023	10/03/2024	10/06/2024	18/03/2024
HOUSING	PELETIZADORA 2	2023	11/10/202	23/11/2024	23/11/2023
RODILLOS/RODAMIENTOS	PELETIZADORA 2	2024	14/02/2024	10/05/2024	10/03/2024
CAMBIO DE MATRIZ (DADO)	PELETIZADORA 2	2024	20/01/2024	10/04/2024	10/03/2024
CAMBIO DE MATRIZ (DADO)	PELETIZADORA 2	2024	10/02/2024	10/06/2024	10/03/2024
RODILLOS	PELETIZADORA 2	2024	10/03/2024	10/06/2024	18/03/2024
VALVULA REGULADORA	PELETIZADORA 1	2023	10/10/2023	10/10/2024	12/02/2024
VALVULA REGULADORA	PELETIZADORA 2	2023	10/10/2023	10/10/2024	12/02/2024

Fuente de elaboración propia

Mediante análisis realizados en planta y mantenimientos preventivos y correctivos se ha identificado que las tuberías de vapor se encuentran llenas de condensados (líquido que se forma cuando el vapor pasa de su estado natural a un estado líquido) por lo cual se empiezan a oxidar los repuestos y a presentar fugas de vapor por los empaques y retenes de los accesorios, también se ha logrado evidenciar fuertes vibraciones que mueven toda la estructura de la planta.

Figura 2.

Registros fotográficos de estado de paletas de acondicionadores



Fuente de elaboración propia

Figura 3.

Estado de válvulas reguladoras



Fuente de elaboración propia

1.2 La pregunta de investigación

¿Cómo mitigar el daño prematuro en accesorios y repuestos en tuberías de vapor y equipos de Cerdos del valle?

1.3 Los objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Investigar y analizar el retorno de condensados incluyendo los daños prematuros en repuestos de tuberías de vapor en Cervalle planta de balanceados.

1.3.2 Objetivos específicos

Realizar un análisis ROI (retorno de la inversión) para determinar la viabilidad de ejecución del proyecto y así poder presentar la propuesta ante la gerencia para su aprobación.

Programar un mantenimiento correctivo en la línea de vapor iniciando desde la caldera y finalizando en las peletizadoras con el fin de cambiar los repuestos y accesorios que ya perdieron su vida útil y así poder garantizar su buen funcionamiento para que los condensados puedan retornar nuevamente.

Implementar un cronograma de mantenimiento preventivo para garantizar que los accesorios y repuestos tengan un buen funcionamiento y no sigan ocasionando el no retorno de condensados al tanque de alimentación de la caldera.

1.4 Justificación de la investigación Justificación de la investigación

El ausente retorno de condensados desde las líneas de peletización hacia la caldera provoca que los acondicionadores y las tuberías de vapor se mantengan llenos de agua. Esta acumulación deteriora las paletas de los acondicionadores, las válvulas reguladoras de presión, las trampas de vapor, así como los dados y matrices de las peletizadoras. Como consecuencia, los equipos requieren intervenciones de emergencia debido a daños recurrentes.

El retorno de condensados en sistemas de vapor es fundamental. Este proceso no solo permite

reutilizar agua y calor, sino que también conlleva ahorros significativos en energía, tratamiento químico y reposición de agua, lo que se traduce en importantes reducciones de costos. Además, al implementar un diseño adecuado para los sistemas de retorno, se pueden mejorar las condiciones de trabajo en los procesos.

Aprovechar eficientemente el condensado reduce la cantidad de calor que la caldera necesita generar para transformar el agua en vapor nuevamente. Reflexionar sobre estos aspectos resalta la importancia de un sistema bien diseñado, que no solo beneficia a la operación, sino que también promueve la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de recursos.

1.4.1 Beneficios de recuperar condensados

El retorno de condensado al tanque de alimentación de la caldera se presenta como una estrategia clave para mejorar la eficiencia de los sistemas de vapor. Este proceso, que implica drenar el condensado líquido de las tuberías y equipos, se vuelve esencial para evitar el riesgo de golpes de ariete. Cuando el condensado se acumula, forma bolsas sólidas de agua que, a diferencia del vapor, no son compresibles. Esta característica puede resultar en daños significativos a repuestos y accesorios, cuando el vapor, arrastrando agua a alta velocidad, impacta en los sistemas.

Además, el condensado es un portador de energía: contiene aproximadamente el 25% de la energía del vapor del que proviene. Desperdiciarlo al enviarlo al desagüe representa un malgasto de recursos valiosos. La mayoría de las plantas de vapor ya reconocen el condensado como un recurso importante.

Reducción de costes de combustible

El retorno del condensado al tanque de alimentación puede traducirse en un ahorro significativo en energía, con potenciales miles de dólares al año. Utilizar este condensado para calentar el agua de alimentación reduce la cantidad de energía que la caldera necesita para convertir agua fría en vapor. Un simple aumento de 6°C en la temperatura del agua de alimentación puede equivaler a un ahorro del 1% en combustible. Esta “energía libre” representa una oportunidad para optimizar recursos.

Ahorro de energía

Los sistemas de recuperación de condensados tienen la ventaja adicional de que el condensado es agua destilada con bajos niveles de sólidos totales disueltos (TDS). Retornar más condensado al tanque de alimentación minimiza la necesidad de purga en la caldera, lo que a su vez reduce la pérdida de energía asociada con este proceso.

Reducción en los costos de agua

No retornar el condensado significa depender de agua de la red para reponer lo que se pierde, generando un gasto adicional. Un sistema de recuperación de condensado permite disminuir considerablemente la factura de agua, al maximizar el uso del recurso.

Reducción de costos de tratamientos químicos

Al reutilizar el máximo posible de condensado, se disminuye la necesidad de productos químicos costosos para el tratamiento del agua, lo que se traduce en un ahorro económico

adicional.

En definitiva, los beneficios de implementar un sistema de recuperación de condensados en calderas son evidentes. La inversión en estos sistemas no solo se justifica por la eficiencia y los ahorros, sino que, en muchos casos, se amortiza rápidamente en comparación con aquellos que continúan enviando condensados al desagüe. Reflexionar sobre estos aspectos nos invita a reconocer la importancia de gestionar de manera consciente nuestros recursos, priorizando la sostenibilidad y la eficiencia en nuestros procesos industriales.

2.MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco de Antecedentes

El aprovechamiento energético constituye uno de los aspectos más importante a nivel industrial y ambiental, en 2002 Cornejo realizó un estudio que llevo por título “análisis y calculo energético de un sistema de vapor en una industria de electrodomésticos” en el cual se destacó como uno de los principales factores la selección de equipos para la implementación del sistema y el dimensionamiento de las tuberías de vapor y condensado. Como resultado se planteó una alternativa de ahorro energético basada en un estudio de perdida de calor para lo cual se recomendó invertir en aislamiento para las tuberías de vapor.

Por otro lado, haciendo énfasis en los sistemas de recuperación de condensado como una de las estrategias claves de aprovechamiento de energía en el 2009 Martínez enfoca su estudio en una

línea de decapado de bobinas laminadas en caliente, para lo cual diseñó sistema que ahorrara agua desmineralizada en los baños de lavado del proceso, haciendo uso de un tanque de almacenamiento de 200 m³ que controlara la alta contaminación ocasionada por la corriente de condensado, el cual permitiera que ésta no se diera en forma inmediata sino que fuera progresiva y ejercer control sobre la misma. Por último, la puesta en marcha de un sistema de recuperación de condensado permite desarrollar el proceso de decapado de forma más eficiente siendo eco amigable en la reducción de consumo de agua desmineralizada, gas natural y representando ahorro desde el punto de vista energético.

El movimiento de ahorro energético y los sistemas de recuperación se encuentran presente en todas las industrias, como lo es el caso de la alimentaria, este caso Suarez en el 2015 propone en su estudio realizar la recuperación de condensados de industrias lácteas haciendo uso de una tecnología de ósmosis inversa con membranas de la gama Duratherm junto con un tratamiento de carbón activado, teniendo como objetivo la producción de agua de calidad para la alimentación de calderas. Entre los resultados obtenidos se encontró el cumplimiento real en las condiciones requeridas para el agua de alimentación, reducción en costos de producción y definición de rutinas de limpieza para mantenimiento y cuidado de los equipos

Un análisis energético realizado por Vargas en el 2016 incorpora la fase de recuperación de condensados como parte imprescindible en la optimización en el sistema de generación y distribución de vapor para la empresa LA IBERICA aplicado e identificándolo como uno de los factores que inciden en la eficiencia energética. El estudio inició enunciando las estrategias del programa de mantenimiento, realizando balances de pérdidas energéticas y costos del sistema a implementar, posteriormente se evalúan los contaminantes en los diferentes combustibles que se utilizan dentro de la producción de vapor y se proponen instalaciones de aislamiento térmico.

Como conclusión de esta investigación se encontró que el sistema de vapor funcionada en su totalidad, pero no cumplían con todas las normas que requieren este tipo de sistemas, se realizaron mantenimientos en pro de la eficiencia energética además de rentabilidad a largo plazo en proceso una vez implementadas las estrategias de ahorro

Realizando un aporte más en esta investigación, en el 2017 se destaca la importancia del correcto dimensionamiento en las tuberías de vapor y condensado en un sistema de recuperación de purgas de fondo de nivel de calderas en una empresa pesquera de Nuevo Chimbote Perú, el estudio fue realizado por Custodio y Solís. La principal tarea consistió en diseñar y seleccionar el recuperador, posteriormente se definen los conceptos fundamentales para establecer el sistema. En los resultados de la evaluación se pudo observar que la implementación de la recuperación se pudo ahorra 17632.40 Gal de R-500/ año, una mejora en el proceso de producción de vapor, mejorando la eficiencia de la planta y dejando el proyecto económicamente rentable para la empres

2.1. Marco Teórico

2.2.1- Conceptos generales

Para el desarrollo del siguiente proyecto se tomarán en cuenta diferentes conceptos que facilitarán el entendimiento del mismo.

2.2.2. ¿Qué es el vapor?

El vapor, como gas que se genera al añadir energía calórica al agua hasta alcanzar su

punto de ebullición, representa una fascinante transformación de la materia. Una vez que se supera este punto, cualquier incremento adicional en la energía convierte el agua en vapor, lo que permite una eficiente transferencia de calor en el ámbito industrial.

Reflexionar sobre este proceso nos lleva a apreciar no solo la física detrás del vapor, sino también su importancia en diversas aplicaciones industriales. Utilizado para calentar diferentes sustancias en múltiples procesos, el vapor se erige como un medio eficaz para optimizar la transferencia de calor, facilitando una amplia gama de operaciones.

Al considerar su eficiencia, es esencial reconocer que el vapor no es solo un recurso, sino una herramienta que, cuando se maneja adecuadamente, puede mejorar significativamente la productividad y sostenibilidad de los procesos industriales. En un mundo donde la eficiencia energética es crucial, el vapor nos invita a pensar en cómo cada forma de energía puede ser aprovechada al máximo, contribuyendo a un uso más consciente y responsable de nuestros recursos.

2.2.3 Tipos de Vapor En la industria

2.2.3.1 Vapor Saturado

Una vez que la ebullición comienza, se observa un fenómeno intrigante: el aumento de temperatura se detiene hasta que el líquido se evapora por completo. Esto nos invita a reflexionar sobre la naturaleza de los cambios de fase y la importancia de la presión constante en este proceso. Durante esta etapa, la temperatura se mantiene estable, lo que nos lleva a considerar el

concepto de vapor saturado. Este estado del vapor, que resulta de un equilibrio delicado entre líquido y gas, se convierte en un recurso invaluable en la industria, utilizado tanto para procesos de calentamiento directo como indirecto. Así, la ciencia detrás de la ebullición no solo es fascinante, sino que también resalta la interconexión entre principios físicos y aplicaciones prácticas en nuestra vida cotidiana

2.2.3.1 Vapor Recalentado

Una vez que se ha alcanzado el vapor saturado, surge una nueva fase interesante: si se continúa añadiendo calor, la presión se mantiene constante, pero la temperatura comienza a incrementarse. Este fenómeno de sobrecalentamiento nos invita a reflexionar sobre cómo el calor adicional transforma el vapor, llevándolo a un estado que se convierte en un recurso crucial en las plantas. En este contexto, el vapor sobrecalentado se transforma en un fluido de fuerza que impulsa la generación de energía eléctrica. Este proceso no solo ilustra los principios termodinámicos en acción, sino que también pone de relieve la forma en que la ciencia y la ingeniería se entrelazan para satisfacer nuestras necesidades energéticas, recordándonos la importancia de comprender los mecanismos detrás de la generación de energía en un mundo cada vez más dependiente de ella.

2.2.3.1 Vapor Flash

El vapor flash se genera en un momento específico: cuando un condensado a alta presión, cuya temperatura supera la de saturación del líquido, se libera a una presión más baja. Este proceso nos lleva a reflexionar sobre el principio de conservación de energía, que establece que la energía total en un sistema cerrado permanece constante. En este caso, la cantidad de energía

presente en el fluido del lado de baja presión debe ser equivalente a la del lado de alta presión. Esta relación no solo es un recordatorio de las leyes fundamentales de la física, sino que también destaca la complejidad de los sistemas térmicos y su eficiencia en la gestión de recursos. Así, el vapor flash se convierte en un ejemplo claro de cómo los principios teóricos se traducen en aplicaciones prácticas, resaltando la importancia de entender los fenómenos físicos que sustentan nuestra tecnología.

2.2.4 ¿Por qué se utiliza el vapor?

El vapor fluye en las líneas de distribución como respuesta a una caída de presión y no necesita bombas para su circulación. El uso del vapor en los sistemas industriales se justifica por varias razones clave que merecen ser reflexionadas:

Abundancia y costo: La producción de vapor se basa en agua, un recurso que es no solo abundante, sino también económico y accesible. Esta disponibilidad permite a las industrias operar de manera eficiente y sostenible.

Controlabilidad: El vapor se caracteriza por su capacidad de ser controlado de manera precisa. Cada nivel de presión se asocia con una temperatura específica, así como con una energía y un volumen determinados. Esta propiedad permite a los ingenieros gestionar los procesos de manera efectiva.

Alto contenido energético: El vapor posee un elevado contenido de energía por unidad de masa, lo que lo convierte en un medio eficiente para transportar y transferir calor. Esto es fundamental en diversas aplicaciones industriales.

Estéril y fácil de manejar: Además de su eficiencia energética, el vapor es estéril, lo que lo hace ideal para procesos donde la contaminación debe ser minimizada. Su distribución y control

son relativamente sencillos, facilitando su implementación en entornos complejos.

Flujo sin necesidad de bombas: El vapor se desplaza a través de las líneas de distribución en respuesta a las caídas de presión, eliminando la necesidad de bombas para su circulación. Esto no solo reduce costos operativos, sino que también simplifica el diseño del sistema.

2.2.5 Sistemas de generación de vapor

Los sistemas de vapor en su configuración poseen gran cantidad de elementos en cuanto a operación y control, dentro de ellos se cuentan: (Armstrong, 1998).

- Calderas.
- Controladores de temperatura y presión.
- Válvulas de seguridad.
- Válvulas reguladoras de flujo.
- Bomba de alimentación.
- Tanque de condensados.
- Trampas de vapor.
- Redes de distribución.
- Equipos consumidores.

Es interesante considerar que el vapor, como fluido gaseoso, se caracteriza por tener una temperatura inferior a su temperatura crítica. Cuando este vapor se enfría, se condensa, convirtiéndose en líquido, conocido comúnmente como "condensados". Estos condensados retienen una cantidad significativa de calor, lo que representa una oportunidad valiosa para

mejorar la eficiencia del sistema. Este calor puede ser realimentado a la caldera, siempre y cuando se desgasifique adecuadamente para eliminar gases disueltos como el oxígeno (Sisteagua, 2011). Este proceso de reutilización del calor no solo optimiza el rendimiento energético, sino que también subraya la importancia de la gestión eficiente de los recursos en un entorno industrial cada vez más consciente de la sostenibilidad.

El condensado de vapor, generalmente considerado como agua de alta pureza y a temperaturas moderadamente elevadas, plantea una interesante reflexión sobre la eficiencia en el uso de recursos en sistemas industriales. La recuperación del máximo volumen posible de condensado para su reutilización en la caldera no solo es una estrategia inteligente desde el punto de vista económico, sino que también implica un compromiso con la sostenibilidad. Este retorno de condensados permite ahorrar no solo calor y agua de reposición, sino también los productos químicos necesarios para el tratamiento del agua, así como reducir el consumo de combustible en la caldera.

No obstante, esta práctica se enfrenta a un dilema crítico: la posibilidad de que el agua de alimentación de la caldera se contamine con condensado no apto para su reutilización. Este riesgo requiere la implementación de un sistema de control automático para desechar el condensado contaminado, asegurando así la calidad del agua en el sistema. Este balance entre la maximización de recursos y la garantía de la calidad nos invita a reflexionar sobre la importancia de mantener estándares elevados en los procesos industriales, donde cada decisión impacta tanto en la eficiencia operativa como en la sostenibilidad ambiental

2.2.6¿Qué es una caldera?

La caldera, en su esencia, es una máquina diseñada para convertir la energía química de los

combustibles en calor, un proceso fundamental en muchas industrias y hogares. Este calor, que se transfiere a un fluido, permite no solo calentar agua sanitaria, sino también calefaccionar espacios, todo a través de un ingenioso intercambio térmico. Al considerar el fluido utilizado, ya sea agua o algún otro fluido térmico, se abre un abanico de posibilidades que nos invita a reflexionar sobre la versatilidad y la importancia de estos sistemas en nuestra vida cotidiana.

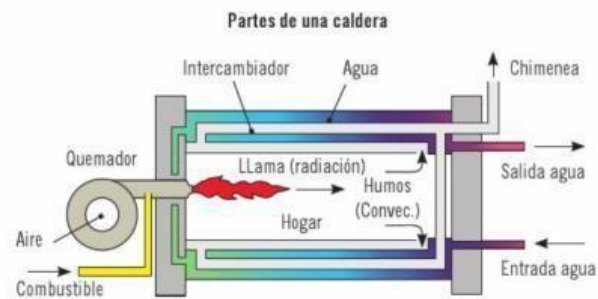
Componentes de una caldera

Quemador: es el elemento principal de la caldera; el quemador se encarga de realizar la mezcla del combustible con el comburente, cercanos a la combustión estequiométrica, para obtener el mayor rendimiento posible de la combustión.

Cámara de combustión: también llamada hogar es el elemento de mayor volumen en el interior de la caldera, en este habitáculo se produce la reacción de combustión.

Escape de humos: la combustión genera desechos que en su mayoría son humos y gases, los cuales se vierten hacia el exterior mediante un conducto que une la cámara de combustión con la chimenea.

Intercambiador de calor: es el elemento encargado de realizar la transferencia de energía térmica, resultante de la combustión, con el fluido térmico. El intercambiador es un dispositivo que debe estar correctamente diseñado para reducir al máximo posible las pérdidas térmicas por intercambio de calor (Entrena, 2014)

Figura 4:*Componentes de una caldera*

2.2.7 Funcionamiento de una caldera

Las calderas, en su esencia, son dispositivos versátiles que desempeñan un papel crucial tanto en la climatización de espacios como en la producción de vapor para diversas industrias. Su funcionamiento, que se basa en la combustión de un combustible para generar calor, destaca la importancia de la eficiencia en la transferencia de este calor a un fluido. Esta capacidad de adaptación a diferentes necesidades, ya sea para calentar un ambiente o para accionar maquinaria, subraya la relevancia de las calderas en nuestra vida cotidiana y en el funcionamiento industrial.

2.2.8 Recuperación de condensados

2.2.8.1 Formación de condensados

El condensado, como subproducto de la transferencia de calor en un sistema de vapor, encierra una dualidad fascinante: representa tanto una pérdida como una oportunidad. Su formación se debe a la inevitable pérdida de energía a través de procesos como la radiación y la conducción, así como a la transferencia de calor en equipos que utilizan vapor, como turbinas e

intercambiadores de calor. Esta dinámica nos invita a reflexionar sobre la naturaleza del calor y la energía, y cómo estos fenómenos están interrelacionados en el funcionamiento de los sistemas industriales.

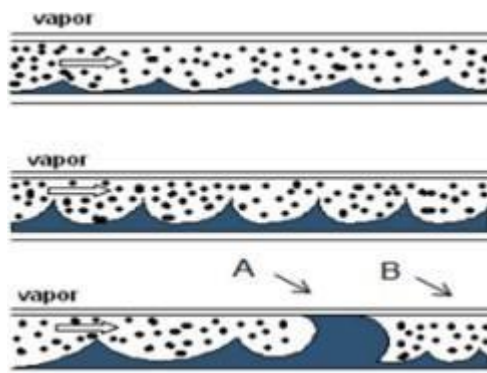
El hecho de que el condensado deba ser removido y reutilizado en la alimentación de las calderas resalta su importancia como recurso valioso. Conservando aproximadamente el 25% de la energía que la caldera utiliza para producir vapor, este subproducto se convierte en un activo significativo en la gestión energética de una instalación. Aquí, el condensado no solo es un residuo, sino que se transforma en agua pura, un recurso esencial que puede ser reintegrado al ciclo del sistema.

2.2.8.2 Efectos del condensado en los sistemas de vapor

La presencia de condensado en un sistema de vapor, aunque a menudo subestimada, puede acarrear serias consecuencias operativas. En las líneas de distribución, su acumulación en el fondo de las tuberías no solo interfiere con el flujo normal, sino que puede desencadenar fenómenos indeseables como los golpes de ariete. Este efecto se produce cuando el vapor, a altas velocidades, transporta el condensado a lo largo de la tubería, creando una onda que, al crecer, puede bloquear el flujo de vapor, lo que resulta en interrupciones y potenciales daños al sistema.

Figura 5:

Formación de ondas de condensado por causa del flujo de vapor.



2.2.8.1 Importancia energética del retorno de condensado

La recuperación de condensados en un sistema de vapor representa una estrategia crucial para la eficiencia y sostenibilidad en la generación de vapor. Este proceso no solo se traduce en un ahorro significativo de combustible, sino que también reduce los costos operativos, y las razones detrás de esto son claras.

En primer lugar, el condensado generalmente retorna a temperaturas que oscilan entre 70 y 90 °C, lo que significa que contiene una cantidad considerable de energía térmica. Si esta energía no se aprovecha, se requiere un mayor consumo de combustible para calentar el agua de alimentación hasta alcanzar la misma temperatura. Este simple hecho pone de manifiesto cómo la gestión del condensado puede influir directamente en los costos operativos.

Además, al perder el condensado, el sistema debe recurrir a agua de reposición que, al ser

esencialmente agua pura, implica un tratamiento adicional. Este tratamiento conlleva gastos operativos adicionales y aumenta el costo del agua en sí misma, un factor que no debe ser subestimado.

Otro aspecto a considerar es que el agua de alimentación que sustituye al condensado no recuperado suele contener impurezas. Esto provoca un incremento en el régimen de purga y, por ende, en las pérdidas de calor asociadas a esta purga. Este ciclo de ineficiencia puede resultar costoso y perjudicial para el sistema en general.

Autores pueden ayudar al dialogo de los resultados

1. Meyer, J.

Obra: *Termodinámica de sistemas de vapor (2015).*

Contenido: Este libro detalla los principios termodinámicos aplicados a sistemas de vapor, incluyendo la generación, el uso y la optimización de vapor en procesos industriales.

Aplicación: Puedes utilizar sus conceptos para explicar el comportamiento del vapor en tus resultados, especialmente en términos de eficiencia térmica y energía.

2. Duncan, T.

Artículo: "Recuperación de energía de sistemas de vapor" en *Ciencia e ingeniería de la energía (2017).*

Contenido: Este estudio presenta métodos innovadores para la recuperación de energía en sistemas de vapor, analizando tecnologías que permiten mejorar la eficiencia general del sistema.

Aplicación: Compara tus hallazgos sobre la recuperación de condensados con las tecnologías que Duncan discute, destacando similitudes o diferencias en la eficiencia energética.

3. Armstrong, J.

Obra: *Gestión eficaz del sistema Steam (1998).*

Contenido: Proporciona directrices sobre cómo gestionar sistemas de vapor de manera eficiente, cubriendo aspectos desde la generación hasta la distribución y el control.

Aplicación: Utiliza sus recomendaciones para evaluar las prácticas que has observado en tu estudio y determinar su efectividad.

4. Parker, L.

Artículo: "Vapor sobrecalentado: beneficios y aplicaciones" en Revista de ingeniería energética (2019).

Contenido: Este artículo explora las ventajas del vapor sobrecalentado, incluidas sus aplicaciones en diferentes sectores industriales.

Aplicación: Puedes discutir cómo el uso de vapor sobrecalentado en tus resultados se compara con las aplicaciones descritas por Parker.

5. Rodríguez, M.

Artículo: "Seguridad del sistema de vapor: peligros y medidas de control" en Revista de ciencia de seguridad (2021).

Contenido: Analiza los riesgos asociados con el uso de sistemas de vapor y propone medidas de control para mitigar estos riesgos.

Aplicación: Relaciona tus hallazgos sobre la seguridad en sistemas de vapor con las recomendaciones de Rodríguez, analizando si se implementan adecuadamente en tu contexto.

6. Baxter, L.

Obra: *Eficiencia Energética en Sistemas de Vapor (2020).*

Contenido: Este libro cubre las mejores prácticas y tecnologías para mejorar la eficiencia

energética en sistemas de vapor.

Aplicación: Evalúa tus métodos en relación con las estrategias sugeridas por Baxter, lo que puede ofrecerte ideas para mejoras.

7. Levine, A.

Artículo: "Impactos ambientales de los sistemas de vapor" en Ciencia y tecnología ambientales (2016).

Contenido: Estudia cómo los sistemas de vapor impactan el medio ambiente y discute prácticas para minimizar estos efectos.

Aplicación: Usa este enfoque para contrastar tus hallazgos sobre la sostenibilidad de los sistemas de vapor y el retorno de condensados.

8. Entrena, J.

Obra: *Tecnología y mantenimiento de calderas (2014).*

Contenido: Proporciona una visión técnica sobre el diseño, funcionamiento y mantenimiento de calderas, enfocándose en la eficiencia térmica.

Aplicación: Relaciona los componentes y el funcionamiento de las calderas en tu estudio con las prácticas recomendadas por Entrena.

2.3 Marco normativo

El desarrollo de la investigación debe cumplir con los criterios de seguridad de planta, seguridad y salud en el trabajo y estándares de ingeniería por lo cual la normativa legal que se encuentra asociadas al marco legal de la investigación es:

ASME: American Society of Mechanical Engineers, Boiler and pressure Vessel Code (código

de calders y recipientes a presión de la ASME) necesario para establecer las dimensiones de los equipos a diseñar entre los parámetros permisibles.

ISO 9001: Necesaria para tener en cuenta la mejora de la calidad de los procesos en la empresa e integrar el nuevo diseño.

NBIC: National Board Inspección Code. Código de inspección utilizado por el inspector de los equipos sometidos a presión.

ISO 14001: Busca mantener a la empresa comercialmente exitosa sin pasar por alto sus responsabilidades medioambientales al cual ayudara el diseño, reduciendo el vertimiento o estancamiento de aguas al medio a altas temperaturas.

APA 7EDI: American Psychological Association Norma Técnica Colombiana para la presentación del presente trabajo.

3. METODOLOGÍA

La correcta aplicación de la metodología de investigación fue fundamental para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en el estudio sobre el sistema de recuperación de condensados en la planta de balanceados de Cervalles. Esta investigación se enmarcó dentro de un enfoque cuantitativo y experimental, que permite medir de manera objetiva la eficiencia del sistema actual y evaluar posibles mejoras.

La metodología se compuso de dos herramientas principales: encuestas y entrevistas, diseñadas para recolectar información tanto cuantitativa como cualitativa. Las encuestas se dirigieron a los operarios para captar su percepción y experiencia respecto al sistema, mientras que las entrevistas se llevaron a cabo con expertos y personal técnico para profundizar en

aspectos críticos y sugerencias de optimización.

La operacionalización de las variables fue un componente clave en esta fase, ya que permitieron definir claramente los conceptos a estudiar y establecer indicadores precisos que faciliten su medición. Esta claridad aseguró que los datos recolectados fueran relevantes y útiles para el análisis posterior.

A través de esta metodología, se esperó obtener información valiosa que no solo permitió evaluar el sistema actual de recuperación de condensados, sino que también proporcionó recomendaciones prácticas para su mejora, contribuyendo a la eficiencia energética y a la reducción de costos operativos en la planta.

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

El enfoque de la investigación fue de tipo **cuantitativo** y **experimental**, ya que se buscó medir de forma objetiva la eficiencia del sistema actual de recuperación de condensados y compararlo con mejoras o modificaciones potenciales. El alcance del proyecto incluyó:

El análisis del sistema de tuberías de vapor en la planta de balanceados de Cervalles.

La identificación de puntos de pérdida de condensados.

Evaluación de los beneficios de la implementación de un sistema de recuperación de condensados.

El estudio abarcará tanto aspectos técnicos como económicos, evaluando la viabilidad de recuperar los condensados en términos de ahorro energético y de costos.

3.2 Población y muestra

3.2.1. Definición de la población

Para este proyecto de investigación, se usaron diversos instrumentos de recolección de información con el fin de obtener datos precisos y relevantes sobre la recuperación de condensados en la planta de balanceados de Cervalles. Los instrumentos seleccionados permitirán tanto el análisis técnico como la recolección de opiniones de expertos y operadores.

Entrevistas a Operadores y Técnicos

Objetivo: Obtener información cualitativa sobre el estado actual del sistema de vapor y las percepciones de los operadores sobre su eficiencia y áreas problemáticas.

Estructura: Semiestructurada. Se diseñarán preguntas abiertas y cerradas que permitan explorar la experiencia operativa y la percepción del personal sobre las trampas de vapor, fugas de condensado y eficiencia del sistema.

Categorías: Funcionamiento del sistema, percepción sobre las fugas, operatividad de las trampas de vapor, y conocimientos técnicos.

Variables: Percepción de eficiencia del sistema, frecuencia de mantenimiento, puntos de fallo frecuentes.

Formato: Físico o digital (grabación de audio con transcripción posterior).

Cuestionarios para Técnicos y Operadores

Objetivo: Recoger información estructurada sobre las prácticas operativas y el estado técnico del sistema de vapor desde la perspectiva de quienes lo manejan.

Estructura: Preguntas cerradas (5 puntos) para evaluar la percepción sobre la operación del sistema y preguntas de opción múltiple.

Categorías: Mantenimiento de trampas de vapor, gestión de condensados, frecuencia de paradas por fallas.

Variables: Frecuencia de fallas, tiempo de operación del sistema, eficiencia percibida, cantidad de condensados recuperados.

Formato: Físico y digital (plataforma web o Google Forms).

3.3 Instrumento(s)

Las herramientas de recolección de información parte desde la operacionalización de variables de investigación ya que es el proceso mediante el cual se definen y estructuran las variables que se utilizarán en un estudio, facilitando su medición y análisis. Este proceso es crucial para transformar conceptos abstractos en indicadores concretos que se puedan observar y cuantificar en el Anexo 1

Adicional a ello se utilizó un formato validación de confiabilidad de datos aplicada al personal seleccionado para responder dicha entrevista y cuestionario. Anexo 2

3.4 Descripción de procedimientos

Para la aplicación de los instrumentos de recolección de información en la investigación sobre la recuperación de condensados en la tubería de vapor de la planta de balanceados de Cervalles, se siguieron los siguientes pasos detallados:

Entrevistas a Operadores y Técnicos

Tiempo: Cada entrevista tuvo una duración aproximada de 30 a 45 minutos.

Lugar: Las entrevistas se realizaron en la sala de reuniones de la planta, en un ambiente cómodo y tranquilo para los participantes.

Autorizaciones: Se contó con el **permiso formal del área de recursos humanos** para entrevistar a los operadores durante su jornada laboral. Además, se requerirá la firma de un **consentimiento informado** por parte de los entrevistados, garantizando la confidencialidad de la información.

Procedimientos: Las entrevistas serán semiestructuradas, por lo que se contó con un guion de preguntas que se ajustará según las respuestas obtenidas. Se registrarán mediante notas escritas.

Capacitaciones: No se requirió capacitación específica para los entrevistados, pero se instruirá al equipo investigador en técnicas de entrevista para garantizar la objetividad y la neutralidad en la recopilación de respuestas. Anexo 3

Cuestionarios para Técnicos y Operadores

Tiempo: El llenado del cuestionario tuvo una duración aproximada de 15 a 20 minutos.

Lugar: Los cuestionarios fueron aplicados durante los descansos de los operadores y técnicos, o en un espacio determinado por la supervisión del área.

Autorizaciones: Se solicitó la **autorización del jefe de planta** para realizar los cuestionarios en horario laboral, asegurando que no se interrumpa la operación normal.

Procedimientos: Se entregaron cuestionarios impresos o se enviarán digitalmente (según disponibilidad) a los operadores. Una vez completados, se recogerán en físico o mediante la plataforma web utilizada. Se asegurará el anonimato de las respuestas.

Capacitaciones: No se requiere capacitación para los operadores, pero se incluirán instrucciones claras en el encabezado del cuestionario para asegurar su correcta comprensión.

Anexo 4

3.5 Análisis de información

El procesamiento y análisis de la información recolectada en esta investigación se llevaron a cabo de manera sistemática, utilizando herramientas informáticas y software adecuados para garantizar la fiabilidad y validez de los resultados.

3.5.1 Recolección de datos

Encuestas: Las encuestas fueron diseñadas y administradas a través de Google Forms. Esta plataforma permite la recolección eficiente de respuestas y facilita la organización de los datos en tiempo real.

Entrevistas: Las entrevistas se realizaron de forma presencial, lo que permitió una interacción

directa y la recopilación de información cualitativa detallada.

3.5.2 Transferencia de datos

Una vez finalizada la recolección de datos:

Datos de las encuestas: Las respuestas recopiladas en Google Forms se exportaron automáticamente a una hoja de cálculo de Google Sheets. Desde allí, se exportaron a un archivo de Excel para un análisis más profundo.

Datos de las entrevistas: Las respuestas obtenidas de las entrevistas se transcribieron manualmente y se ingresaron en Excel para su análisis.

3.5.3 Análisis cuantitativo

Para el análisis de los datos cuantitativos provenientes de las encuestas:

Herramientas Informáticas: Se utilizó Microsoft Excel como herramienta principal para el procesamiento de datos. Excel permite realizar cálculos, organizar la información y crear gráficos.

Medidas Estadísticas: Se aplicaron estadísticas descriptivas, como frecuencias, porcentajes y

promedios, para resumir la información. También se utilizarán gráficos, especialmente diagramas de torta, para visualizar las respuestas de manera clara y comprensible.

3.5.4 Análisis cualitativo

Para los datos obtenidos de las entrevistas:

Se realizó un análisis de contenido, donde se identificarán patrones y temas recurrentes en las respuestas. Esto ayudará a extraer conclusiones significativas sobre las percepciones y recomendaciones de los entrevistados.

3.5.5 Procedimiento de análisis

Importación de Datos: Los datos de encuestas se importaron a Excel y se organizaron en tablas.

Limpieza de Datos: Se revisaron y limpiaron los datos, eliminando entradas incompletas o errores.

Análisis Descriptivo: Se calcularon las frecuencias y porcentajes de las respuestas a cada pregunta.

Visualización: Se crearon diagramas de torta para representar gráficamente las proporciones de las respuestas, facilitando la interpretación de los resultados.

Análisis de Entrevistas: Las respuestas transcritas se analizaron para identificar tendencias, categorías y recomendaciones clave.

Este enfoque integral aseguró que la información recolectada se analice de manera rigurosa, proporcionando resultados útiles y aplicables que guiarán futuras mejoras en el sistema de recuperación de condensados en la planta de balanceados de Cervalles. Anexo 5

3.6 Consideraciones éticas

Las consideraciones éticas son fundamentales en cualquier investigación, especialmente cuando se involucra a personas y organizaciones. En este proyecto, se aplicarán los principios éticos definidos por Uniminuto y por la comunidad científica en general, garantizando el respeto y la protección de la población objeto de investigación.

3.6.1 Análisis de consideraciones éticas

Consentimiento Informado

Se obtendrá el consentimiento informado de todos los participantes antes de su inclusión en el estudio. Se les proporcionará información clara y comprensible sobre el propósito de la investigación, los procedimientos involucrados, y los posibles riesgos y beneficios. Los participantes tendrán la opción de retirar su consentimiento en cualquier momento sin ninguna repercusión.

Confidencialidad y Anonimato

Se garantizará la confidencialidad de los datos recolectados. La información personal de los participantes será tratada de manera confidencial y se anonimizará en los informes y publicaciones. Solo se presentarán datos agregados que no permitan la identificación de los individuos.

Integridad y Veracidad

Se llevará a cabo un análisis honesto y transparente de los datos recolectados. Los resultados se presentarán de manera que reflejen con precisión la realidad observada, evitando la manipulación de datos o la interpretación sesgada.

Responsabilidad Social

Se considerará el impacto social de la investigación en la comunidad y en la organización. Los resultados y recomendaciones del estudio se compartirán con los participantes y las partes interesadas, promoviendo el uso responsable de la información para la mejora de procesos y el bienestar de la comunidad.

Cumplimiento de Normativas

Se cumplirá con todas las normativas y directrices éticas establecidas por Uniminuto y las entidades reguladoras pertinentes. Esto incluye la aprobación del protocolo de investigación por un comité de ética, cuando sea necesario.

Respeto por la Dignidad Humana

Se respetará la dignidad de todos los participantes, asegurando que su participación sea voluntaria y libre de coerción. Se fomentará un ambiente de respeto y colaboración durante la recolección de datos.

3.6.2 Instrumentos de aceptación y autorización

se presenta un formato de consentimiento informado que se utilizará para obtener la autorización de los participantes en la investigación sobre el sistema de recuperación de condensados en la planta de balanceados de Cervalles.

Introducción

Se le invita a participar en una investigación que tiene como objetivo evaluar la eficiencia del sistema de recuperación de condensados en la planta de balanceados de Cervalles. Su participación es completamente voluntaria y puede retirarse en cualquier momento sin ninguna repercusión.

Descripción de la Investigación

Participará en una encuesta y, si lo desea, en una entrevista sobre su experiencia y conocimiento del sistema de recuperación de condensados. Las encuestas se realizarán de manera anónima a través de una plataforma digital, y las entrevistas serán presenciales.

Riesgos y Beneficios

No se anticipan riesgos significativos asociados con su participación. Su contribución es valiosa para mejorar el sistema y optimizar los procesos en la planta. Los resultados se compartirán con los participantes y las partes interesadas.

Confidencialidad

Toda la información que proporcione será tratada de manera confidencial. Sus respuestas serán anonimizadas y solo se presentarán datos agregados en los informes.

Consentimiento

Al firmar este documento, usted confirma que ha leído y comprendido la información proporcionada y que acepta participar en esta investigación.

4. HIPÓTESIS

En el contexto de esta investigación, que es de tipo cuantitativo y experimental, se plantean hipótesis para guiar el análisis y la interpretación de los datos recolectados. Las hipótesis se formulan como afirmaciones que pueden ser probadas a través de la recolección y el análisis de datos, lo que permite establecer relaciones entre las variables de estudio.

4.1.1 Hipótesis Principal

Hipótesis 1 (H1): La implementación de un sistema mejorado de recuperación de condensados aumentará la eficiencia en la recuperación de condensados en la planta de balanceados de Cervalte.

4.1.2 Hipótesis Secundarias

Hipótesis 2 (H2): Los operarios tienen un bajo conocimiento sobre el sistema actual de recuperación de condensados, lo que contribuye a la ineficiencia en su operación.

Hipótesis 3 (H3): La percepción de los operarios sobre la eficiencia del sistema de recuperación de condensados es negativa, lo que afecta su disposición a utilizar el sistema adecuadamente.

Hipótesis 4 (H4): La identificación y solución de puntos críticos de pérdida de condensados resultará en una reducción significativa de costos operativos en la planta.

4.1.3 Justificación de las Hipótesis

El planteamiento de estas hipótesis permitirá establecer un marco de referencia para la investigación. A través de la recolección de datos de las encuestas y entrevistas, se podrán validar o refutar estas afirmaciones, proporcionando información valiosa sobre la situación actual del sistema de recuperación de condensados y las posibles áreas de mejora.

Al final del análisis, se espera que los resultados no solo confirmen o desmientan las hipótesis planteadas, sino que también ofrezcan recomendaciones prácticas para optimizar el sistema en la planta.

4.2 Las variables

En esta investigación, se establecen varias variables que permiten explorar la relación entre el sistema de recuperación de condensados y su eficiencia. A continuación, se presentan las variables identificadas en función de las hipótesis planteadas.

4.2.1 Variable(s) independiente(s)

Conocimiento del Sistema de Recuperación de Condensados

Definición: Se refiere al nivel de comprensión y familiaridad que tienen los operarios con respecto al funcionamiento del sistema de recuperación de condensados.

Indicadores: Resultados de la encuesta sobre conocimiento; formación previa en el uso del sistema, y experiencia laboral en la planta.

4.2.2 Variable(s) dependiente(s)

Eficiencia en la Recuperación de Condensados

Definición: Se refiere a la cantidad de condensados recuperados en comparación con la cantidad de vapor utilizado en el proceso, así como la reducción de pérdidas asociadas.

Indicadores: Porcentaje de condensados recuperados, costos operativos antes y después de la implementación de mejoras, y satisfacción de los operarios con el sistema.

4.2.3 Variable(s) secundarias(s)

Percepción de Eficiencia del Sistema

Definición: Opinión de los operarios sobre la efectividad del sistema actual de recuperación de condensados.

Indicadores: Resultados de la encuesta sobre satisfacción y eficiencia percibida (escala del 1

al 5).

Identificación de Puntos Críticos de Pérdida

Definición: Reconocimiento de las áreas donde se producen pérdidas significativas de condensados.

Indicadores: Número de puntos críticos identificados, frecuencia de problemas reportados.

4.3 Planteamiento de hipótesis

La hipótesis se formula como una proposición que establece una relación entre variables y proporciona una explicación tentativa sobre el fenómeno investigado. En este estudio sobre el sistema de recuperación de condensados en la planta de balanceados de Cervalte, las hipótesis planteadas se derivan del planteamiento del problema, la revisión literaria existente y la experiencia del investigador.

4.3.1 Redacción de las Hipótesis

Hipótesis Principal (H1): La implementación de un sistema mejorado de recuperación de condensados aumentará la eficiencia en la recuperación de condensados en la planta de balanceados de Cervalte.

Hipótesis Secundarias:

Hipótesis 2 (H2): Los operarios tienen un bajo conocimiento sobre el sistema actual de recuperación de condensados, lo que contribuye a la ineficiencia en su operación.

Hipótesis 3 (H3): La percepción de los operarios sobre la eficiencia del sistema de

recuperación de condensados es negativa, lo que afecta su disposición a utilizar el sistema adecuadamente.

Hipótesis 4 (H4): La identificación y solución de puntos críticos de pérdida de condensados resultará en una reducción significativa de costos operativos en la planta.

4.3.2 Características de las Hipótesis

Proposición de Valor de Verdad: Cada hipótesis es redactada de tal manera que puede ser evaluada en términos de verdadero o falso. Esto permite que los resultados de la investigación puedan validar o invalidar cada afirmación.

Prueba Empírica: Las hipótesis están diseñadas para ser probadas a través de la recolección y análisis de datos. Utilizando herramientas como encuestas y entrevistas, se podrán recopilar evidencias que apoyen o refuten las proposiciones planteadas.

4.3.3 Importancia de las Hipótesis

El resultado de la investigación no solo contribuirá a aprobar o invalidar las hipótesis, sino que también ofrecerá un marco de referencia para mejorar el sistema de recuperación de condensados. Sea cual sea el resultado, la validez de la investigación no se verá afectada; en cambio, se enriquecerá el conocimiento sobre el tema, proporcionando aportes prácticos para la optimización de procesos en la planta.

5. RESULTADOS

Este apartado presenta los hallazgos y resultados del trabajo de campo realizado en la investigación sobre el sistema de recuperación de condensados en la planta de balanceados de Cervalte. La información se organiza de acuerdo con los objetivos específicos planteados al inicio del estudio, reflejando de manera clara los datos recolectados sin incluir conclusiones o sugerencias.

5.1 Análisis del Sistema de Tuberías de Vapor

Durante la evaluación del sistema de tuberías de vapor en la planta, se llevó a cabo una inspección exhaustiva de las instalaciones. Se identificaron varios puntos críticos que contribuyen a la pérdida de condensados.

Hallazgo 1: La pérdida de un 20% del vapor es significativa y puede tener un impacto económico considerable. Esto no solo implica un aumento en los costos operativos debido a la generación de vapor adicional para compensar la pérdida, sino que también refleja una falta de eficiencia en el sistema. Una evaluación más profunda de las causas de estas fugas, así como la implementación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, podría reducir estas pérdidas y mejorar la eficiencia general.

Hallazgo 2: Las tuberías más antiguas, con un diámetro de 2 pulgadas, mostraron signos de corrosión, lo que incrementa la pérdida de calor y, por ende, de condensados. La corrosión en las

tuberías más antiguas no solo aumenta la pérdida de calor, sino que también representa un riesgo potencial para la integridad estructural del sistema. Este hallazgo sugiere la necesidad de una evaluación más detallada de la vida útil de estas tuberías y considerar su reemplazo o rehabilitación. Además, la inversión en tuberías de mayor calidad o en recubrimientos protectores podría amortiguar la corrosión y mejorar la durabilidad del sistema a largo plazo

Hallazgo 3: La ausencia de aislamiento en ciertas secciones de las tuberías es un factor crítico que contribuye a pérdidas energéticas. Esta situación no solo afecta la eficiencia del sistema de vapor, sino que también puede llevar a un aumento en la temperatura del ambiente circundante, con implicaciones en la seguridad y el confort de los trabajadores. Implementar un programa de aislamiento adecuado podría resultar en ahorros significativos en el consumo de energía, así como en una mejora de las condiciones de trabajo.

Recomendaciones Generales

Mantenimiento Proactivo: Desarrollar un plan de mantenimiento regular que incluya inspecciones periódicas y reparaciones inmediatas para minimizar las fugas.

Actualización de Equipos: Considerar la inversión en tuberías y materiales más resistentes a la corrosión y el desgaste.

Aislamiento Eficiente: Implementar un programa de aislamiento térmico en las secciones desprotegidas para maximizar la eficiencia del sistema.

Capacitación del Personal: Capacitar al personal en la identificación y prevención de problemas relacionados con el sistema de vapor.

Análisis de Costos-Beneficios: Realizar un análisis financiero para evaluar el retorno de

inversión de las mejoras sugeridas, con el fin de justificar las inversiones necesarias.

Tabla 2.

Frecuencias perdidas de vapor

Causa de pérdida	Descripción	Frecuencia
Fugas	Pérdida de vapor por fugas de tuberías	1
Corrosión	Tuberías de 2 in con signos de corrosión	1
Falta aislamiento	Secciones sin aislamiento que causan pérdidas térmicas	1
Total		3

Fuente de elaboración propia

5.2 Identificación de Puntos de Pérdida de Condensados

La investigación incluyó la identificación de los principales puntos de pérdida de condensados a través de entrevistas con operarios y la observación directa.

Hallazgo 4: La identificación de cinco áreas críticas donde ocurren fugas, principalmente en uniones y válvulas, indica un fallo potencial en el diseño o mantenimiento de estas partes del sistema. Las fugas en uniones y válvulas son problemáticas no solo por la pérdida de condensados, sino también por la posible afectación en la presión y temperatura del vapor, lo que puede afectar la eficiencia del sistema y provocar problemas operativos. Un análisis de las condiciones de estas áreas y el uso de tecnologías de sellado más efectivas podrían ser medidas

valiosas para mitigar estas fugas.

Hallazgo 5: El hecho de que un 30% de las pérdidas de condensados se produzcan durante los procesos de arranque y parada sugiere que hay deficiencias en los procedimientos operativos. Esto puede indicar que las transiciones entre estados de operación no están siendo manejadas adecuadamente, lo que puede llevar a una gestión ineficiente del vapor y a una pérdida innecesaria de recursos. La revisión y optimización de estos procedimientos son cruciales para minimizar pérdidas durante estas fases críticas.

Recomendaciones Generales

Inspección y Mantenimiento de Juntas y Válvulas: Realizar un programa de inspección más exhaustivo en las uniones y válvulas identificadas. Considerar la utilización de materiales de sellado más duraderos y técnicas de instalación que minimicen la posibilidad de fugas.

Optimización de Procedimientos de Arranque y Parada: Desarrollar procedimientos estandarizados para el arranque y la parada que incluyan mejores prácticas para controlar la presión y temperatura del sistema, minimizando así las pérdidas de condensados.

Capacitación del Personal: Ofrecer capacitación específica a los operarios sobre el manejo eficiente del sistema durante las transiciones, enfocándose en la importancia de minimizar las fugas y cómo hacerlo.

Monitoreo y Control en Tiempo Real: Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real que permita detectar fugas inmediatamente y ajuste los procedimientos operativos según sea necesario.

Análisis de Datos Históricos: Evaluar datos históricos de operaciones para identificar patrones de pérdidas y ajustar las prácticas operativas basándose en evidencias concretas.

Tabla 3.

Frecuencia identificación de puntos críticos

Tipo de pérdida	Descripción	Frecuencia
Áreas críticas	Identificación de 5 áreas con fugas en uniones y válvulas	1
Pérdidas durante arranque	30%de pérdidas ocurren durante arranque y parada	1
Total		2

Fuente de elaboración propia

5.3 Evaluación de los Beneficios de la Implementación de un Sistema de Recuperación de Condensados

Se realizaron encuestas a 11 operarios sobre su conocimiento y percepción del sistema de recuperación de condensados.

Hallazgo 6: Aunque el 100% de los encuestados indica que están completamente informados sobre el funcionamiento del sistema de recuperación, este hallazgo puede ser engañoso. La percepción de estar "completamente informado" no garantiza que el conocimiento sea profundo o que se aplique efectivamente en situaciones operativas. Esto sugiere la necesidad de evaluar más a fondo el tipo de información que se está proporcionando y cómo se está utilizando en la práctica.

Hallazgo 7: El hecho de que un 55% de los operarios considere que la falta de formación afecta negativamente la eficiencia del sistema resalta una desconexión entre el conocimiento percibido y la aplicación práctica. Esta situación puede derivar en errores operativos y en una mala gestión de los recursos, lo que podría contribuir a las pérdidas de condensados y a otros problemas operativos. Es fundamental abordar esta brecha de conocimiento para optimizar la eficiencia del sistema.

Recomendaciones Generales

Evaluación del Conocimiento: Implementar evaluaciones regulares para medir el verdadero nivel de comprensión del sistema de recuperación entre los operarios. Esto puede incluir pruebas prácticas y teóricas.

Programas de Capacitación Continua: Desarrollar un programa de formación continua que no solo aborde los aspectos técnicos del sistema, sino que también incluya mejores prácticas operativas y resolución de problemas. Incluir sesiones prácticas para reforzar el aprendizaje.

Mentoría y Apoyo: Establecer un sistema de mentoría donde operarios más experimentados puedan guiar a los nuevos o menos experimentados, facilitando un aprendizaje más eficaz en el entorno real.

Retroalimentación Activa: Fomentar un ambiente donde los operarios puedan expresar sus inquietudes y sugerencias sobre el sistema. Utilizar esta retroalimentación para ajustar los programas de capacitación y mejorar los procedimientos.

Documentación Accesible: Asegurarse de que haya materiales de referencia claros y accesibles sobre el funcionamiento del sistema de recuperación. Esto puede incluir manuales,

guías rápidas y videos tutoriales.

Los resultados de las encuestas se analizaron y se representaron en diagramas de torta, mostrando la distribución de las respuestas y la percepción general sobre el sistema. Anexo 5

Tabla 4.

Frecuencia de conocimiento del sistema

Aspecto	Descripción	Frecuencia
Informados sobre el sistema	100% de encuestados informados	1
Falta de formación	55% de operarios creen que afecta eficiencia	1
Total		2

Fuente de elaboración propia

5.4Análisis Económico de la Recuperación de Condensados

Se llevó a cabo un análisis económico preliminar para evaluar los beneficios potenciales de la recuperación de condensados.

Hallazgo 8: La estimación de que un sistema mejorado podría recuperar hasta el 70% del condensado perdido representa una oportunidad significativa para aumentar la eficiencia operativa y reducir costos. Esta recuperación no solo implica beneficios económicos inmediatos, sino también un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental al disminuir el desperdicio de

recursos. La implementación de tecnologías avanzadas y prácticas de mantenimiento proactivas podría maximizar este potencial de recuperación.

Hallazgo 9: Con un costo de implementación de \$48,959,622 y un retorno de inversión estimado en menos de un año, la propuesta es financieramente atractiva. Este análisis sugiere que la inversión no solo es justificable, sino que podría resultar en ahorros considerables a largo plazo. Además, la mejora en la eficiencia podría liberar recursos para otras áreas de la planta, mejorando así la competitividad general.

Recomendaciones Generales

Análisis Detallado de Costos y Beneficios: Realizar un análisis exhaustivo que incluya no solo los costos de implementación, sino también los ahorros proyectados y otros beneficios operativos. Esto puede ayudar a comunicar claramente la viabilidad del proyecto a la dirección y a los stakeholders.

Desarrollo de un Plan de Implementación: Elaborar un plan detallado que incluya cronogramas, recursos necesarios y responsables para la implementación del sistema de recuperación. Asegurarse de que todas las partes interesadas estén alineadas y comprometidas.

Piloto del Sistema: Considerar la posibilidad de realizar un proyecto piloto en una sección del sistema de recuperación de condensados antes de una implementación completa. Esto permitirá evaluar el rendimiento y realizar ajustes antes de una implementación a gran escala.

Monitoreo y Evaluación: Establecer indicadores de rendimiento clave (KPI) para monitorear la eficacia del nuevo sistema una vez implementado. Esto ayudará a asegurar que se logren las

metas de recuperación del condensado y permitirá hacer ajustes si es necesario.

Capacitación Específica: Proporcionar formación a los operarios sobre el nuevo sistema para maximizar su efectividad desde el primer día. Asegurarse de que todos los involucrados comprendan cómo operar y mantener el nuevo sistema.

Tabla 5.

Frecuencia beneficio económico

Beneficio	Descripción	Frecuencia
Recuperación potencial	Recuperación hasta del 70% del condensado perdido	1
Costos implementación	Estimación \$48,959,622	1
Total		2

Fuente de elaboración propia

Este análisis se documentó en tablas que presentan un desglose detallado de costos y beneficios. Anexo 6.

5.5 Resultados de las Entrevistas

Las entrevistas a personal técnico y operarios proporcionaron información cualitativa valiosa.

Hallazgo 10: La necesidad de capacitaciones periódicas resalta que, aunque el conocimiento sobre el sistema puede ser inicialmente alto, este debe ser actualizado y reforzado constantemente. La formación continua es clave para adaptarse a las nuevas tecnologías, procedimientos y mejores prácticas. Esto no solo mejorará la competencia del personal, sino que también contribuirá a una cultura de mejora continua dentro de la planta.

Hallazgo 11: La comunicación deficiente entre los equipos de operación y mantenimiento puede ser un factor crítico que agrave problemas operativos y de eficiencia. Cuando los equipos no están alineados, la identificación y resolución de problemas se vuelven más lentas y complicadas, lo que puede resultar en mayores pérdidas de condensados y un funcionamiento ineficiente del sistema.

Recomendaciones Generales

Establecimiento de un Programa de Capacitación Continua: Desarrollar un plan de capacitación que incluya sesiones regulares sobre el funcionamiento del sistema, procedimientos de mantenimiento y resolución de problemas. Esto puede incluir talleres, cursos en línea y prácticas en el lugar.

Implementación de Reuniones Interdepartamentales: Fomentar reuniones periódicas entre los equipos de operación y mantenimiento para discutir problemas comunes, compartir conocimientos y establecer un canal de comunicación abierto. Esto puede facilitar la identificación de problemas y acelerar su resolución.

Protocolos de Comunicación: Crear protocolos claros de comunicación que especifiquen cómo deben abordarse los problemas entre los equipos. Esto puede incluir un sistema de informes y seguimiento de incidencias que permita a ambos equipos estar al tanto de las situaciones críticas.

Formación en Trabajo en Equipo: Incluir en las capacitaciones aspectos relacionados con trabajo en equipo y comunicación efectiva. Esto puede mejorar la colaboración y la confianza

entre los equipos, facilitando una resolución de problemas más eficiente.

Sistema de Retroalimentación: Implementar un sistema de retroalimentación donde los operarios y el personal de mantenimiento puedan compartir experiencias y sugerencias sobre cómo mejorar la comunicación y los procesos operativos.

Tabla 6.

Frecuencia resultada de entrevistas

Tema	Descripción	Frecuencia
Capacitaciones	Importancia de capacitaciones periódicas	1
Comunicación	Deficiencia en comunicación entre operación y mantenimiento.	1
Total		2

Fuente de elaboración propia

Los hallazgos presentados en este apartado ilustran claramente la situación actual del sistema de recuperación de condensados en la planta de balanceados de Cervalles, así como los desafíos identificados y las oportunidades de mejora. A través de la recolección de datos cuantitativos y cualitativos, se ha logrado un panorama completo que servirá como base para futuras recomendaciones y acciones a implementar. Al contextualizar estos resultados dentro de un marco teórico y conceptual, se busca enriquecer el análisis conectando los datos obtenidos con las teorías y principios previamente establecidos en el área de gestión de sistemas de vapor, eficiencia energética y optimización de procesos industriales.

Impacta negativamente en el rendimiento operativo, sino que también aumenta los costos energéticos. De hecho, según principios básicos de termodinámica aplicada a sistemas de vapor, la corrosión y la falta de aislamiento térmico son causas comunes de pérdidas de calor, lo cual concuerda con los problemas observados en las tuberías antiguas de 2 pulgadas.

Contextualización Teórica: Al contextualizar estos resultados dentro de un marco teórico y conceptual, se busca enriquecer el análisis conectando los datos obtenidos con las teorías y principios previamente establecidos en el área de gestión de sistemas de vapor, eficiencia energética y optimización de procesos industriales. Según principios básicos de termodinámica, la eficiencia de un sistema de vapor se ve gravemente afectada por fenómenos como la corrosión y la falta de aislamiento térmico, que son causas comunes de pérdidas de calor. Esta afirmación se alinea con los problemas observados en las tuberías antiguas de 2 pulgadas, donde la corrosión no solo incrementa la pérdida de calor, sino que también compromete la integridad estructural del sistema.

Impacto en la Eficiencia Energética: La combinación de pérdidas de vapor por fugas, la falta de aislamiento y la corrosión en las tuberías se traduce en un rendimiento operativo disminuido y un aumento en los costos energéticos. De acuerdo con la teoría de la eficiencia energética, cualquier intervención que reduzca estas pérdidas no solo mejorará la sostenibilidad del proceso, sino que también resultará en ahorros significativos. Por lo tanto, la implementación de un sistema mejorado de recuperación de condensados podría contribuir de manera notable a la eficiencia operativa y a la reducción de costos.

Oportunidades de Mejora: En este contexto, los hallazgos sobre la capacitación y la comunicación entre los equipos son igualmente críticos. La literatura sobre gestión del conocimiento sugiere que una formación continua y una comunicación efectiva son esenciales para optimizar el rendimiento en entornos industriales. Esto significa que abordar las deficiencias en la formación y en la comunicación no solo es un paso hacia la mejora del sistema de recuperación de condensados, sino también un enfoque integral que fortalecerá la cultura organizacional y fomentará la innovación.

Tabla 7.

Resumen total de hallazgos

Categoría	Frecuencia total
Perdidas de vapor	3
Identificación de puntos críticos	2
Conocimiento del sistema	2
Beneficios económicos	2
Resultado de entrevistas	2
Total General	11

Fuente de elaboración propia

El proceso de identificación de puntos de pérdida de condensados (Hallazgos 4 y 5) también puede relacionarse con teorías de optimización de procesos industriales. La literatura sugiere que un sistema de mantenimiento proactivo y una correcta implementación de los procesos de

arranque y parada son críticos para minimizar pérdidas. Aquí se observa que los operarios reportaron un porcentaje significativo de pérdidas durante estos momentos, lo que resalta la necesidad de mejorar los protocolos operativos.

En cuanto al análisis económico de la recuperación de condensados (Hallazgos 8 y 9), la teoría económica de inversiones en eficiencia energética respalda el enfoque del retorno de inversión a corto plazo. Los costos estimados para implementar un sistema mejorado de recuperación de condensados, junto con el potencial de recuperar el 70% del condensado perdido, se alinean con estudios que sugieren que las inversiones en sistemas de recuperación suelen ser rentables en periodos cortos, especialmente cuando se trata de optimizar el uso del vapor y reducir las pérdidas energéticas.

Finalmente, los resultados de las entrevistas (Hallazgos 10 y 11) revelan aspectos importantes relacionados con la gestión del conocimiento y la comunicación interna dentro de las organizaciones industriales. Las teorías sobre el capital humano y la gestión del conocimiento destacan la necesidad de una formación continua para que los operarios sean capaces de manejar de manera eficiente sistemas complejos como el de recuperación de condensados. La deficiencia en la comunicación entre equipos de operación y mantenimiento sugiere una falta de integración organizativa que podría abordarse mediante estrategias de gestión del cambio y mejora de la comunicación interna.

Estos elementos enriquecen el análisis al conectar los hallazgos empíricos con marcos teóricos que ofrecen una mayor comprensión de los problemas identificados y sugieren líneas de acción basadas en principios probados en la práctica industrial y la gestión de recursos energéticos.

6. CONCLUSIONES

Pérdidas significativas de condensados por deficiencias en el sistema de tuberías: Se evidenció que un 20% del vapor generado se pierde debido a problemas relacionados con fugas, corrosión de las tuberías y falta de aislamiento térmico. Este hallazgo subraya la necesidad de mejorar el mantenimiento y la infraestructura del sistema de tuberías para reducir las pérdidas energéticas y optimizar el uso del vapor en la planta.

Identificación de puntos críticos en el proceso operativo: Se detectaron áreas específicas, como uniones y válvulas, donde se concentran las fugas de condensados. Además, se observó que un 30% de las pérdidas ocurren durante los arranques y paradas de los sistemas, lo que resalta la necesidad de revisar y optimizar los procedimientos operativos para reducir estas pérdidas.

Falta de capacitación y comunicación como barreras para la eficiencia: Aunque todos los operarios estaban informados sobre el funcionamiento del sistema de recuperación de condensados, más de la mitad expresó que la falta de capacitación adecuada afecta negativamente su capacidad de operar eficientemente el sistema. Además, la falta de comunicación efectiva entre los equipos de operación y mantenimiento agrava los problemas

operativos, sugiriendo una necesidad de mejorar los canales de coordinación y la formación continua del personal.

Viabilidad económica de la implementación de mejoras: El análisis económico reveló que implementar un sistema de recuperación de condensados podría permitir la recuperación de hasta el 70% del condensado perdido, con un retorno de inversión en menos de un año. Este resultado respalda la viabilidad financiera de realizar las inversiones necesarias para optimizar el sistema y reducir los costos operativos en el mediano y largo plazo.

Potencial para mejorar la eficiencia energética de la planta: Al abordar los problemas de pérdida de condensados y optimizar el sistema de recuperación, la planta tiene un alto potencial para mejorar su eficiencia energética. Esto no solo conllevaría una reducción en los costos de energía, sino también un impacto positivo en la sostenibilidad y reducción de la huella de carbono de la operación industrial.

La investigación ha permitido identificar áreas clave de mejora tanto en el sistema de tuberías como en los procedimientos operativos y de formación del personal, lo que abre la oportunidad de implementar medidas correctivas que optimicen el rendimiento del sistema de recuperación de condensados. Además, los beneficios económicos y energéticos de estas mejoras son claros, lo que refuerza la importancia de avanzar en su implementación para lograr una operación más eficiente y sostenibles

Implementar un programa integral de mantenimiento preventivo: Con el fin de reducir las pérdidas de condensados y mejorar la eficiencia del sistema de vapor, se recomienda implementar un mantenimiento preventivo periódico para las tuberías, uniones y válvulas. Este programa debería incluir la inspección regular de los puntos críticos de fugas, la renovación de tuberías corroídas y la instalación de un aislamiento térmico adecuado en todas las secciones expuestas.

Optimización de los procedimientos operativos en arranque y parada: Dado que un 30% de las pérdidas de condensados ocurre durante el arranque y la parada de los sistemas, es esencial optimizar estos procedimientos. Se recomienda desarrollar protocolos operativos más eficientes y realizar simulaciones o pruebas para identificar las mejores prácticas en estas etapas críticas.

Capacitación continua del personal operativo y de mantenimiento: Para garantizar una correcta operación del sistema de recuperación de condensados y minimizar pérdidas, es necesario establecer programas regulares de formación y actualización para los operarios. Además, se debe fomentar la capacitación cruzada entre los equipos de operación y mantenimiento para mejorar la comunicación y la resolución de problemas.

Implementación inmediata del sistema de recuperación de condensados: Basado en el análisis económico y el rápido retorno de inversión estimado, se recomienda avanzar con la implementación del sistema de recuperación mejorado. Este paso permitirá aprovechar el

potencial de recuperación del 70% del condensado, generando ahorros significativos y mejorando la eficiencia energética.

Monitoreo y evaluación continua del sistema: Después de la implementación de las mejoras, se debe establecer un sistema de monitoreo continuo que evalúe el desempeño del sistema de recuperación de condensados. Esto permitirá identificar posibles desviaciones o problemas emergentes a tiempo y aplicar correcciones rápidas, asegurando un funcionamiento óptimo.

Estudios comparativos en plantas industriales similares: Sería valioso que futuras investigaciones realicen estudios comparativos en otras plantas industriales que utilicen sistemas de vapor, para evaluar cómo diferentes enfoques de recuperación de condensados impactan en la eficiencia energética y el ahorro de costos. Esto permitiría identificar mejores prácticas a nivel industrial y adaptar soluciones innovadoras a distintas condiciones operativas.

Investigación en nuevas tecnologías de recuperación de energía: A medida que avanza la tecnología, es recomendable que futuras investigaciones exploren la viabilidad y el impacto de implementar tecnologías más avanzadas en la recuperación de condensados, como sistemas automatizados o equipos de recuperación de última generación. Estudiar el costo-beneficio y la eficiencia energética de estas innovaciones podría abrir nuevas oportunidades para mejorar los sistemas existentes.

Análisis de impacto ambiental y sostenibilidad: Aunque esta investigación se centró en los

aspectos operativos y económicos, futuras investigaciones podrían profundizar en el análisis del impacto ambiental de la mejora del sistema de recuperación de condensados. Evaluar la reducción en emisiones de carbono y el uso eficiente de recursos energéticos contribuiría a reforzar el enfoque sostenible de las operaciones industriales.

Investigación en metodologías de capacitación para operarios: Dado que uno de los desafíos identificados fue la falta de capacitación adecuada, futuras investigaciones podrían centrarse en desarrollar y evaluar metodologías de formación específicas para operarios y técnicos en plantas industriales. La investigación podría explorar qué enfoques formativos (como el uso de simuladores, aprendizaje colaborativo, etc.) resultan más efectivos para garantizar un conocimiento profundo y actualizado del sistema.

Estudios a largo plazo sobre el retorno de inversión en sistemas de recuperación de energía: Aunque este trabajo presenta un análisis preliminar del retorno de inversión, sería recomendable

que futuras investigaciones realicen estudios a largo plazo que evalúen el impacto financiero y operativo de las mejoras implementadas en un período extendido, considerando fluctuaciones en el costo de la energía y otros factores económicos.

En conjunto, estas recomendaciones ofrecen un marco para seguir avanzando en la optimización de sistemas de recuperación de condensados y fomentan la continuidad de la investigación en este campo, ayudando a otras industrias a replicar y mejorar sus procesos, contribuyendo a una operación más eficiente y sostenible

Anexos

Anexo 1

Objetivos específicos	Variables	Indicador	Ítems de pregunta	Tipo de ítems
Programar un mantenimiento correctivo en la línea de vapor iniciando desde la caldera y finalizando en las peletizadoras con el fin de cambiar los repuestos y accesorios que ya perdieron su vida útil y así poder garantizar su buen funcionamiento para que los condensados puedan retornar nuevamente.	Buen funcionamiento	Paros por mantenimiento en las líneas de vapor	¿Qué tan efectivo considera que es el sistema actual de recuperación de condensados? ¿Está familiarizado con el proceso de recuperación de condensados?	Preguntas tipo escala de Likert; Preguntas cerradas con opciones y única respuesta
Implementar un cronograma de mantenimiento preventivo para garantizar que los accesorios y repuestos tengan un buen funcionamiento y no ocasionando el no retorno de condensados al tanque de alimentación de la caldera.	Cronograma mantenimiento	Cumplimiento de ejecución	¿Qué mejoras sugeriría para optimizar el proceso de recuperación de condensados? ¿Ha recibido suficiente apoyo técnico para resolver problemas relacionados con la recuperación de condensados? ¿Con qué frecuencia participa en la recuperación de condensados?	Preguntas tipo escala de Likert; preguntas abiertas; Preguntas cerradas con opciones y única respuesta
Realizar un análisis ROI (retorno de la inversión) para determinar la viabilidad de ejecución del proyecto y así poder presentar la propuesta ante la gerencia para su aprobación.	Retorno de la inversión	Presupuesto mensual	¿Existen herramientas o equipos que cree que deberían actualizarse o mejorarse? ¿Cuál es su opinión sobre la importancia de la recuperación de condensados para la planta?	Preguntas abiertas

Anexo 2

AUTORIZACIÓN PARA ENTREVISTA Y CUESTIONARIO

Yo, xxx identificado(a) con cédula No. xxx de xxx, mediante el presente documento, de manera libre y espontánea y cumpliendo a lo establecido en la Ley 1581 de 2012 de protección de datos personales, autorizo a xxx con cc xxx, para que se usen mis datos y respuestas en la siguiente entrevista con fines académicos.

En constancia firmo la presente en xxx del cauca a los 26 días del mes septiembre del año 2024

Cordialmente,

Anexo 3

INFORMACIÓN FECHA: HORA: ENTREVISTADOR: ENTREVISTADO: CARGO: CONSENTIMIENTO INFORMACIÓN PREGUNTAS ESTRUCTURADAS 1. ¿Puede describir su experiencia en la planta y su rol específico? 2. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando con el sistema de vapor?	INTRODUCCIÓN: "Buenos días/tardes, [Nombre del entrevistado]. Gracias por participar en esta entrevista." El objetivo es recopilar información sobre el proceso de recuperación de condensados en la planta, a fin de identificar oportunidades de mejora. Toda la información compartida será confidencial y utilizada únicamente para fines de investigación.

EXPLICACIÓN	
SOBRE EL PROCESO DE CONDENSADOS	Por favor, firme este documento que asegura su consentimiento para participar
1. ¿Cómo se lleva a cabo actualmente la recuperación de condensados? 4. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta en este proceso?	RESPUESTAS

EFICIENCIA Y MEJORAS 2. ¿Ha notado algún problema recurrente en la recuperación de condensados? 3. ¿Qué cambios recomendaría para mejorar la eficiencia del sistema? EXPERIENCIAS PREVIAS 1. ¿Ha participado en capacitaciones o mejoras relacionadas con este proceso? 2. ¿Cómo se comunica el equipo sobre los problemas en la recuperación de condensado?	
CIERRE Gracias por su tiempo y por compartir su experiencia NOTAS • Espacio para anotar observaciones y respuestas relevantes	
HORA FINAL: FIRMA ENTREVISTADOR: FIRMA ENTREVISTADO:	

Anexo 4

Formulario de pedido

Preguntas Respuestas 11 Configuración

Cuestionario para técnicos y operarios sobre la recuperación de condensados

B I U  

Cuestionario para la aplicación de los instrumentos de recolección de información en la investigación sobre la recuperación de condensados en la tubería de vapor de la planta de balanceados de Cervalle, se seguirán los siguientes pasos detallados.

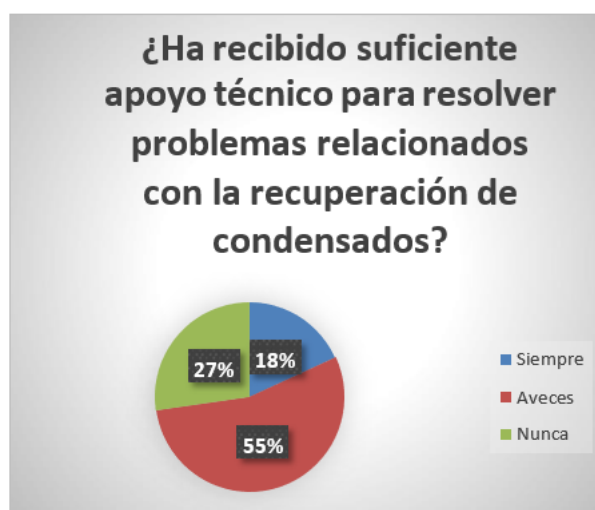
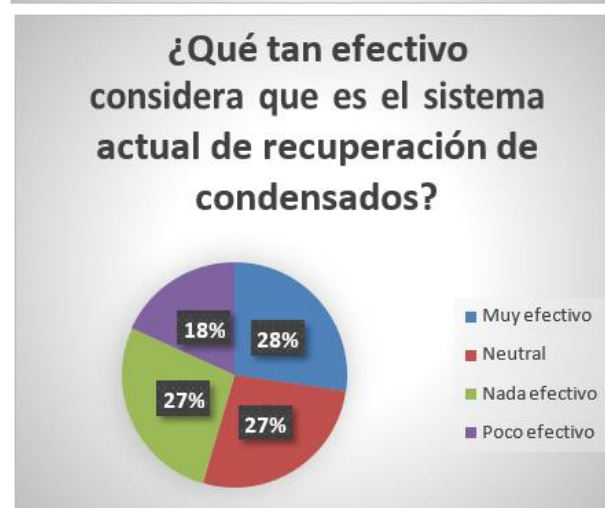
Por favor, complete el siguiente cuestionario de manera anónima. Sus respuestas serán utilizadas únicamente con fines de investigación y se mantendrán en estricta confidencialidad

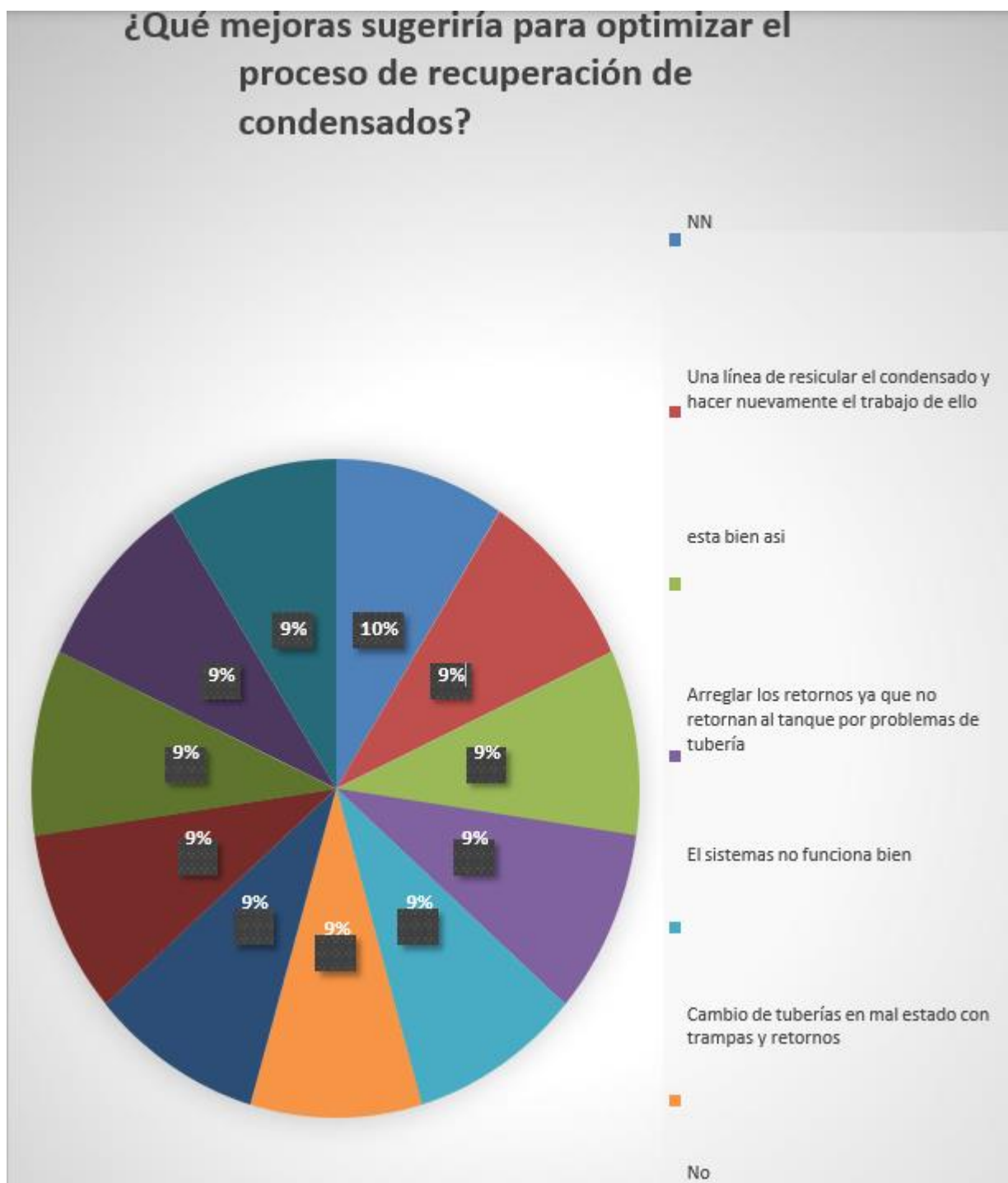
11 respuestas [Ver en Hojas de cálculo](#)

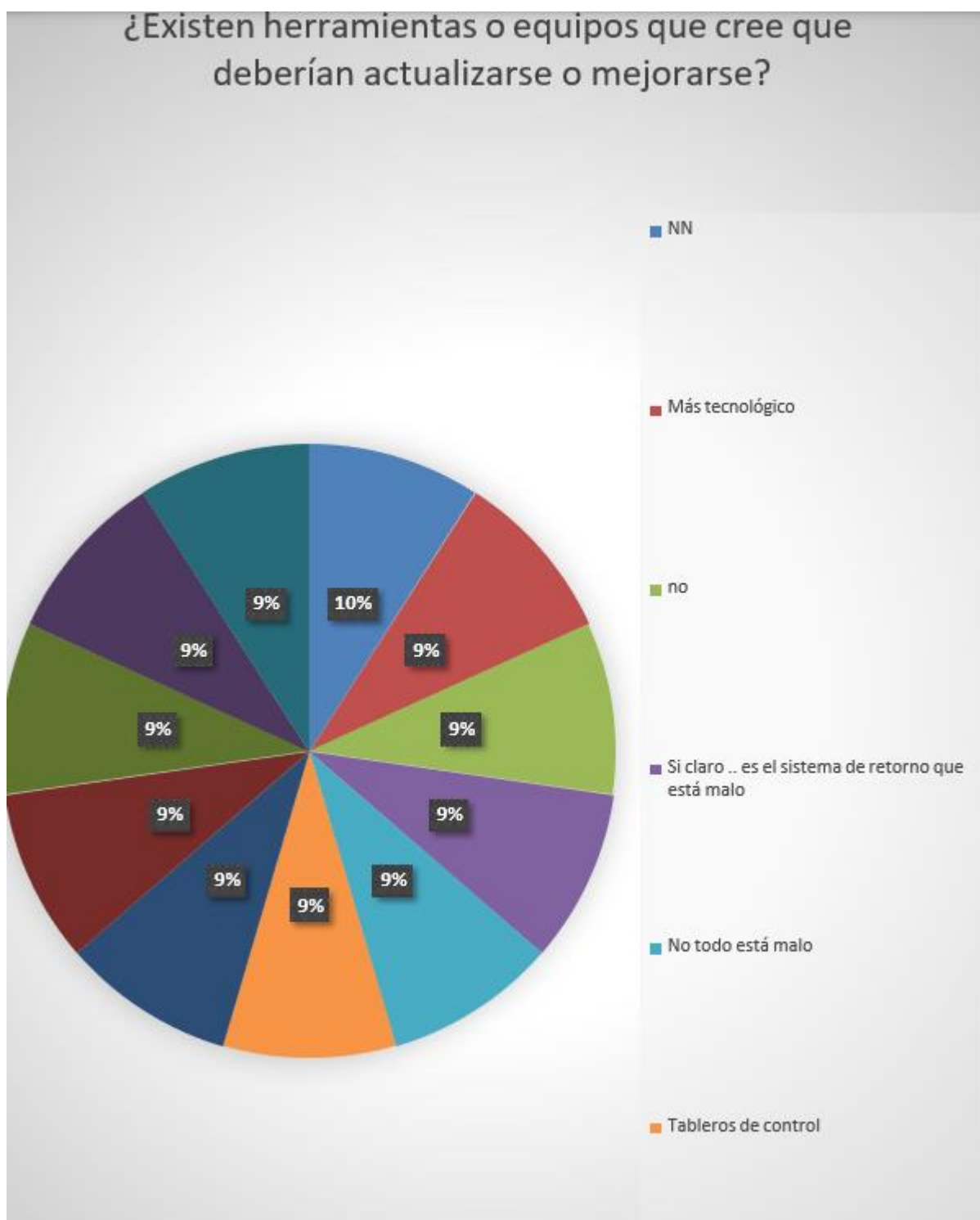
Se aceptan respuestas ☒

Resumen Pregunta Individual

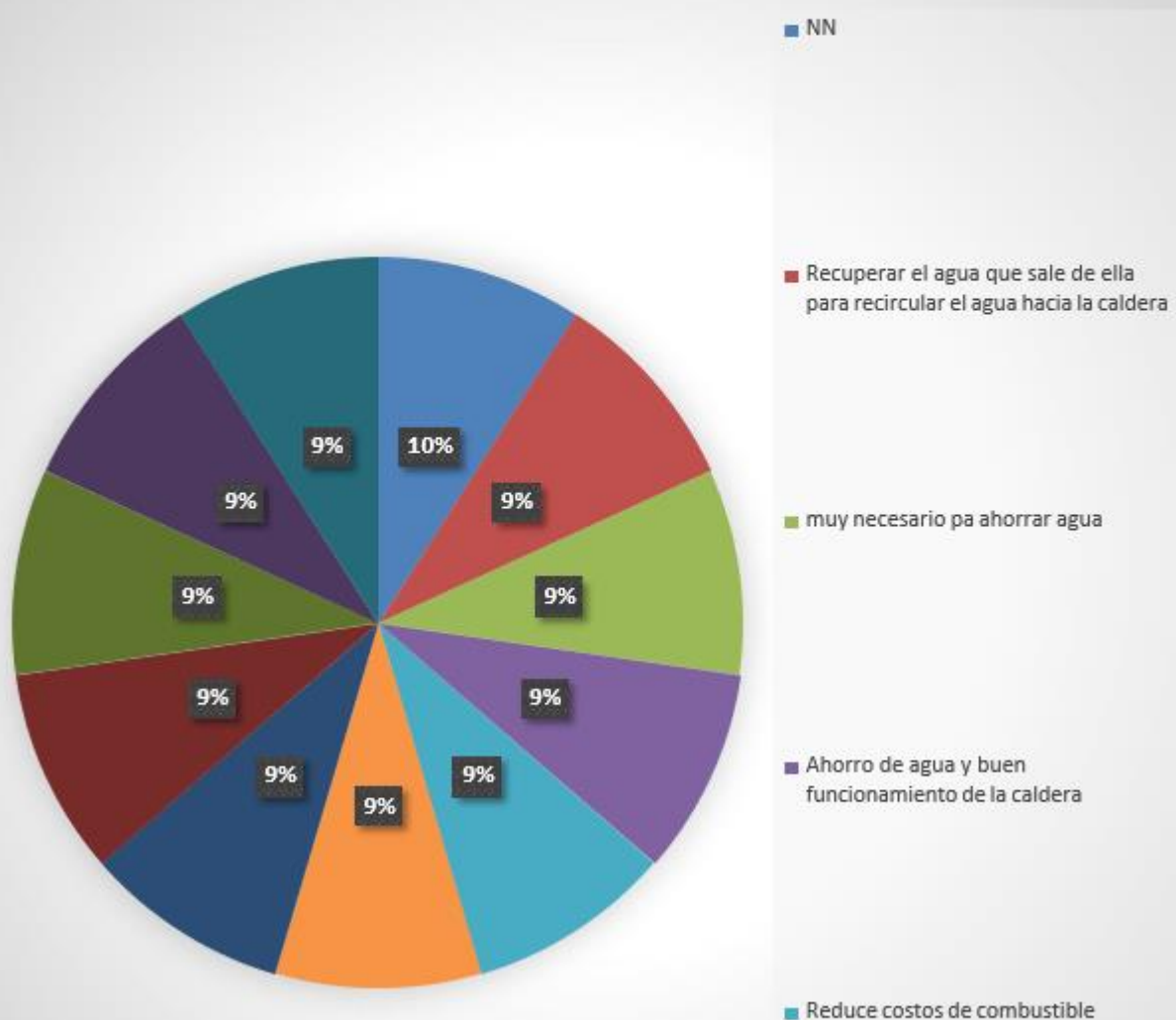
Anexo 5







¿Cuál es su opinión sobre la importancia de la recuperación de condensados para la planta?



Anexo 6

COSTO DE INVERSIÓN PARA EJECUTAR EL PROYECTO			
Inversiones fijas	valor unitario	Cantidad	Monto total
Válvula tipo globo 3/4" para 150 psi	\$ 118,499	8	\$ 947,992
Cheque de retorno tipo globo 3/4" para 150 psi	\$ 65,000	6	\$ 390,000
Universalacero al carbón 3/4 snc 40	\$ 27,013	10	\$ 270,130
Filtros inox 3/4"	\$ 49,000	4	\$ 196,000
Tubo 3/4 snc 40 x 6 metros	\$ 113,699	2	\$ 227,398
Tubo 1" snc 40 x 6 metros	\$ 129,998	1	\$ 129,998
Reducción copa 1 3/4" acero al carbón snc 40	\$ 11,100	4	\$ 44,400
Tee 3/4" snc 40 acero al carbón	\$ 13,500	4	\$ 54,000
Unión cuplín 1" snc 80	\$ 32,000	1	\$ 32,000
Válvula de seguridad para vapor 1" para 150 psi	\$ 509,917	1	\$ 509,917
Reducción copa 1 1/2" acero al carbón snc 40	\$ 8,600	2	\$ 17,200
Trampa balde 3/4" roscada	\$ 980,000	1	\$ 980,000
Válvula cierre rapido acero al carbón 1/4"	\$ 70,000	1	\$ 70,000
Válvula compuerta acero al carbón 2" para 800	\$ 564,060	1	\$ 564,060
Trampa termodinámica 3/4" roscada	\$ 2,295,000	1	\$ 2,295,000
Niple rosca seguridad 3/4" acero al carbón	\$ 11,500	20	\$ 230,000
Niple 3/4" x 2 1/2" acero al carbón snc 40	\$ 4,000,000	10	\$ 40,000,000
Niple 3/4" x 3" acero al carbón snc 40	\$ 3,400	10	\$ 34,000
Universal 2" acero al carbón snc 40	\$ 25,200	1	\$ 25,200
Codo 1" acero al carbón roscada	\$ 24,600	4	\$ 98,400
Universal 1" acero al carbón	\$ 22,700	3	\$ 68,100
Rollo teflón	\$ 12,900	25	\$ 322,500
Tarro shellac	\$ 201,000	4	\$ 804,000
Reducción copa de 3/4" x 1/2" acero al carbón	\$ 9,950	2	\$ 19,900
Niple rosca seguridad 1" acero al carbón snc 40	\$ 8,700	5	\$ 43,500
Niple rosca seguridad 1/2" acero al carbón	\$ 4,400	5	\$ 22,000
Trampa filtro de 3/4" para vapor rosacada	\$ 539,927	1	\$ 539,927
Niple 3/4" x 4" acero al carbón snc 40	\$ 4,000	6	\$ 24,000
Total inversiones fijas			\$ 48,959,622

Referencias

John Payne, Wolter Rattink, (1991) libro de peletizado, Una guía para el personal de producción en la industria de piensos compuestos.

Charles Stark Carlos A. Campabadal Acondicionamiento, peletizado, enfriamiento

Bundin K., Gasteiger G. (1993); Proceso de puesta en marcha de un sistema intercambiador de calor para generación de vapor

M Martínez Herranz (2011) sistemas de recuperación de condensados

Chemtreat (2023) Devolver el condensado a las calderas de vapor resulta en costos.

Spirax sarco Distribucion del vapor.

Armstrong. (1998). Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados: Evaluación y selección de trampa de vapor. [Manual].

Bohórquez, G. R. D. (2013). Auditoria energética al circuito de vapor y condensado de una planta de la elaboración de café liofilizado. Espol. Fimcp, Guayaquil. 184

Sarco, S. (23 de 02 de 2018). Spirax Sarco. Recuperado de Spirax Sarco

Asme (1880): Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos, Código de calderas y recipientes a presión

Iso 9001 (2015): Organización Internacional de Normalización

Iso 1401 (2018): norma aceptada internacionalmente que establece cómo implementar un sistema de gestión medioambiental

ASME. (2017). Código de calderas y recipientes a presión. Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos.

ISO 50001:2018. Sistema de gestión de la energía. Organización Internacional de Normalización.

Suarez García, Adrián (2015). recuperación de condensados de industrias lácteas mediante tecnología de membranas.

Vargas león, Maria. (2016) análisis de la eficiencia energética aplicado al mantenimiento del sistema de generación y distribución de vapor para la empresa “la ibérica”.

Martínez Hernández, Miriam. (2009) Sistema de Recuperación de Condensados de una Línea de Decapado de Bobinas Laminadas en Caliente.

cornejo zuñiga, Fabricio A. (2002) Análisis y Calculo Energético de un Sistema de vapor para una industria de Electrodoméstico

López, M., & García, A. (2020). "Eficiencia en la recuperación de condensados en sistemas de vapor". Revista de Ingeniería Energética, 15(2), 45-58.

Morales, T., & Fernández, J. (2022). "Análisis de pérdidas de vapor en plantas industriales", 28(1), 32-41.

González, L. (2023). Estudio de la eficiencia energética en sistemas de vapor en la industria

alimentaria. Tesis de maestría, Universidad de Uniminuto

Meyer, J. (2015). Termodinámica de los sistemas de vapor. Este libro ofrece una visión completa de los sistemas de vapor en la industria, incluyendo su generación y aplicaciones.

Cannon, A. (2012). Ingeniería de vapor y desarrollo de locomotoras. Proporciona información sobre la evolución de las tecnologías de vapor y su relevancia en diferentes industrias.

Duncan, T. (2017). "Recuperación de energía de sistemas de vapor". Ingeniería y ciencias de la energía. Este artículo explora las tecnologías para la recuperación de energía en sistemas de vapor, resaltando la importancia del retorno de condensados.

Baxter, L. (2020) Gestión eficaz del sistema de vapor. Enfocado en cómo optimizar el uso del vapor y la eficiencia energética, con datos sobre el retorno de condensados.

Levine, A. (2016). "Impactos ambientales de los sistemas de vapor". Ciencia y tecnología ambientales. Este estudio aborda el impacto ambiental de los sistemas de vapor y la importancia de su manejo adecuado.

Rodriguez, M. (2021). "Seguridad del sistema de vapor: peligros y medidas de control". Revista de ciencias de la seguridad. Proporciona un análisis de los riesgos asociados al uso de vapor en la industria.