



**PROPUESTA PARA LA REPARACIÓN DE FUGAS DE VAPOR EN LA LINEA DE
PRODUCCIÓN DE JUGOS EN POSTOBÓN**

ELABORADO POR:

ERIKA JULIETH PEÑA MARTÍNEZ - INGENIERÍA QUÍMICA

YENNY LILIANA MEDINA VEGA - INGENIERÍA INDUSTRIAL

DIEGO ALEJANDRO MEDRANO MURILLO - INGENIERÍA QUÍMICA

TUTOR:

DIANA PAOLA FIGUEROA HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD EAN

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADO

2023

BOGOTÁ, D.C.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene como propósito identificar, analizar y generar una propuesta para reparar las fugas de vapor en las líneas de producción de la empresa POSTOBÓN. El enfoque del proyecto es seguir la actividad de producción sin detener la operación, garantizando la seguridad de los colaboradores y permitiendo la implementación efectiva de la política de cambio climático y neutralidad de la compañía. Para ello se debe realizar un estudio del problema que se genera en las tuberías, válvulas, reactores, entre otros accesorios o máquinas involucradas en la operación.

ABSTRACT

The purpose of this project is to identify, analyze and generate a proposal to repair steam leaks in the production lines of the company POSTOBON. The focus of the project is to follow the production activity without stopping the operation, ensuring the safety of employees and allowing the effective implementation of the company's climate change policy and neutrality. For this, a study of the problem generated in the pipes, valves, reactors, among other accessories or machines involved in the operation must be carried out.

INTRODUCCIÓN

El proyecto tiene como propósito generar una propuesta para la reparación de las fugas de vapor generadas en las líneas de producción de la compañía POSTOBÓN, teniendo en cuenta varios aspectos como lo son, el seguimiento de la operación, implementación de la política de cambio climático y neutralidad de la compañía y seguridad de los colaboradores. Para ello, se hace el estudio sobre la planta de Gaseosas LUX ubicada en Av. de las Américas #53-09 en la ciudad de Bogotá; se tendrán en cuenta las áreas de jugos pasteurizados, gaseosas y planta de agua.

POSTOBÓN, es la compañía de bebidas líder en Colombia y primera del sector de bebidas certificada carbono neutro por parte del INCONTEC convirtiéndose así en la primera compañía del sector de bebidas en Colombia que mitiga y compensa sus emisiones de carbono. El plan de acción climática de Postobón incluye acciones enfocadas en energía fotovoltaica, movilidad sostenible, economía circular, gestión del recurso hídrico, soluciones basadas en la naturaleza, eficiencia energética, incorporación de tecnologías y el aprovechamiento de la captura de dióxido de carbono por parte de bosques plantados para compensar emisiones (Postobón BIO, más verde, más vida, 2023).

Las fugas de vapor son problemas muy comunes que se presentan en plantas de producción que utilizan la fuente de vapor de agua como energía y suministro de

temperatura para sus diferentes procesos, pueden suceder por error de instalación, falta de mantenimiento, materiales de válvulas, tuberías, reactores o condiciones operativas, entre otros aspectos (TLV Compañía especialista en vapor, 2023).

Es importante que al final de la investigación y la ejecución del proyecto se tenga el conocimiento de las posibles causas de estas fugas, tipos, método de detección y la prioridad con que tratarlas para así poder aplicar los objetivos de manera exitosa (TLV Compañía especialista en vapor, 2023).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Generar una propuesta para la reparación de las fugas de vapor en las líneas de producción de Postobón sin detener la operación, garantizando la seguridad de los colaboradores y permitiendo la implementación efectiva de la política de cambio climático y neutralidad de la compañía.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Reconocer los materiales, proceso y equipos utilizados en la línea de vapor verificando su buen funcionamiento e instalación.
2. Implementar medidas correctivas para abordar las fugas de vapor que se presenten en la línea de producción de Postobón.

3. Diseñar una propuesta de valor que este alineada con la política de cambio climático y neutralidad de la compañía, teniendo en cuenta la salud de los trabajadores e impacto ambiental.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La compañía POSTOBÓN, cuenta con la mayor participación de mercado en la industria de las bebidas no alcohólicas en Colombia, siendo la organización con capital 100% colombiano más grande en ingresos en este sector (Postobón, s.f.). Por tal motivo, el objetivo principal de la investigación se centrará en la estructuración del proceso de manera eficiente de la planta, en relación a la reparación de fugas de vapor en la línea de producción sin pausar la operación, orientándolas hacia la reducción de pérdidas, averías y defectos.

Por lo tanto, algunas organizaciones del sector de alimentos están en la función de ser competitivos en sus procesos con la finalidad de mejorar sus procesos, teniendo en cuenta sus indicadores externos e internos, para así alcanzar un crecimiento y estabilidad en el tiempo; los cuales se basan en el aumento de la productividad a través del mayor aprovechamiento de los recursos disponibles y de la reducción de toda clase de pérdida (Rodríguez et al., 2020).

Para contrarrestar eventualidades no pronosticadas, existen diferentes teorías de Excelencia Operacional, que integran herramientas indispensables de operación y desempeño como Lean Manufacturing y Mantenimiento Productivo Total TPM (Aula 21.,2023). No obstante, algunas empresas cuentan con diversas metodologías para

llevar a cabo los procesos de mantenimiento necesarios, en donde no presentan la evaluación de la gestión del mismo por parte de los empleadores o desarrolladores encargados de los planes de mantenimiento de las entidades, asimismo de la ejecución del control de los activos involucrados en dichos procedimientos, por lo que la aplicación de las herramientas para establecer los activos en el plan de mantenimiento preventivo no termina siendo el adecuado (Urián, M., 2021).

En la actualidad, la planta de Gaseosas Lux cuenta con una sala de calderas para la generación y distribución del vapor en la planta, la cual consta de dos calderas pirotubulares de marca CleaverBrooks, en donde se les da un uso reiterado, puesto que la planta está planificada para trabajar las 24 horas por los 7 días de la semana, generando de esta manera un deterioro o desgaste de los componentes localizados en las líneas de producción a causa de las cargas de trabajo, como el caso de la presencia de fugas de vapor en las tuberías, válvulas. Tal problemática, puede implicar un bajo rendimiento y la ejecución de operaciones inadecuadas, lo que ocasiona un aumento en los costos de producción y mantenimiento. Por ende, es imprescindible brindar solución a la reparación de dichas fugas, con el objetivo de mejorar el desempeño del sistema de generación de vapor, además de proporcionar un ahorro de energía y dinero (Jaimes, 2021).

La idea de verificar el proceso y proponer a POSTOBÓN una idea de mejora es de reducir las pérdidas de vapor de agua que estén asociadas con daños en las tuberías del proceso, fallas en la producción, daños en la maquinaria entre otras. Por ello, para alcanzar estos propósitos se debe plantear una gestión autónoma de diversas labores de mantenimiento mediante la participación activa de los operarios garantizando el

aumento de productividad, como el de facilitar el trabajo diario de los empleados (Ramos, N., 2018).

Planteamiento del problema

¿De qué manera se pueden reparar las fugas de vapor en una de las líneas de producción de Postobón sin detener la operación?

JUSTIFICACIÓN

El proyecto presentado nace como solución a la problemática operacional y ambiental que presenta una línea de producción de POSTOBÓN. De tal manera se busca reparar las fugas de vapor en la línea de producción sin detener la operación, garantizando la seguridad de los colaboradores y permitiendo la implementación efectiva de la política de cambio climático y neutralidad de la empresa, lo anterior está fundamentado en la necesidad de subsanar los problemas de tiempos donde la operación debe detenerse, impactos ambientales negativos y pérdidas económicas que se generan.

La empresa POSTOBÓN establece que los procesos con mayor frecuencia de pérdida de vapor son los saneamientos, esterilizaciones, jarabes.

Se plantea la propuesta de mejora la cual es conveniente para la empresa POSTOBÓN, debido a que permite mejorar los tiempos de producción, evitar retrasos en las entregas de producto, aislar y disminuir pérdidas de vapor de agua y ayudar a la

gestión de fugas de vapor, mitigando impactos ambientales y posibles daños a los trabajadores.

Por otro lado, el vapor es uno de los métodos de energía más empleados en la industria, en donde su producción se desarrolla fundamentalmente por el calentamiento de agua, a través de la combustión de ciertos elementos: como Diesel, etc., mediante generadores de vapor (Rodas, 2021; Flores, 2005).

“El uso de vapor en la industria está muy generalizado. Los datos provenientes de la industria indican que el promedio del uso de energía generada a partir del vapor industrial podría llegar a alcanzar entre el 35% y 40% del uso energético de las instalaciones. Por lo tanto, es muy importante optimizar estos sistemas y minimizar sus costos operativos” (UPME, 2018).

En determinados procesos industriales, el vapor se usa como fuente de energía, en donde, el vapor se transporta desde la caldera a un lugar definido mediante una red de distribución o sistema de tuberías, en la cual se emplea para ejercer una labor en un específico proceso (Jaimes, 2021).

Por ello, es de suma importancia el diagnóstico del sistema de distribución de vapor y accesorios, además de la realización del mantenimiento preventivo y correctivo de las trampas de vapor para evitar inconvenientes de condensado, a su vez de sobre costo generado por las fugas de vapor (Jaimes, 2021).

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

En las actividades de producción en plantas, como la industria de bebidas, se emplean diversos fluidos, a saber, varios gases, aire y vapor. Tales industrias, con el tiempo pueden presentar deterioro del sistema de tuberías y del sistema de recipientes, los cuales se originan por las labores de producción en las plantas, generando la aparición de fugas de fluidos en estos sistemas. Dichas fugas de fluido desperdician energía, ocasiona gastos en las actividades de producción, además de suscitar algún accidente. Por ello, determinar con exactitud la parte de la planta en la que se está generando la fuga de fluido, además del respectivo mantenimiento, es de suma importancia en relación al ahorro de energía, costos y seguridad (Tomoaki, 2021).

El sistema de generación de vapor consta de dos calderas pirotubulares de marca CleaverBrooks, una de ellas tiene una presión máxima de 150 PSI y la otra cuenta con un motor soplador de 40 HP. Tales calderas requieren de un mantenimiento, el cual es de gran importancia para que la producción se realice sin ninguna dificultad o en el ámbito de no presentar algún paro imprevisible por baja presión o baja temperatura (Flores, 2005).

Asimismo, las tuberías son de material metálico-acero, en donde, para una optimización de la red de vapor, es indispensable la identificación de las tuberías, y de acuerdo a la norma ANSI/ASME A13.1, se sugiere identificar el vapor de agua con el color azul, por ende, las tuberías que conducen fluidos deben estar señalados con la

dirección del mismo, además de un código de colores acorde al tipo de producto transportado (Rodas, 2021).

Por consiguiente, las fugas en el sistema ocasionan una serie de inconvenientes tanto en el rendimiento como en lo económico, por tal motivo, es indispensable mantener el sistema en óptimas condiciones, a través de un mantenimiento preventivo, con la finalidad de evitar la propagación constante de fugas, como la inspección de las válvulas de control para determinar si operan en óptimas condiciones, asimismo la realización de limpieza en toda la instalación, también se debe revisar la red de distribución de vapor para establecer si se presentan pérdidas en uniones, válvulas, etc., para así comunicar las averías al departamento de mantenimiento para la eventual reparación necesaria. Al igual estas medidas se deben integrar, con un plan correctivo sobre la concientización a los operarios de la importancia del mantenimiento de la planta para su idóneo funcionamiento (Flores, 2005; Rodas, 2021).

Por ende, se plantea emplear el sellado mecánico en la reparación de fugas de vapor de la entidad Postobón, el cual consiste de dos superficies anulares de rozamiento que están empujándose una contra otra. El fluido a ser sellado penetra entre ambas superficies de rozamiento formando una película de lubricación, la cual fluye entre las superficies constantemente. Por ello, la presión a sellar se reduce linealmente a través de las superficies de rozamiento. Estos sellos mecánicos son fabricados de materiales que sean resistentes a la abrasión, temperatura, presión y ataques químicos (Burgmann, 2004).

En cuanto al empleo de material para las caras, estos deben cumplir con ciertos lineamientos como el bajo coeficiente de rozamiento, suficiente dureza para soportar la abrasión y tener un mínimo desgaste, alta conductividad térmica para eliminar el calor generado por el rozamiento, bajo coeficiente de expansión térmica para reducir los esfuerzos mecánicos y alto módulo de elasticidad para reducir las deformaciones. Entre los materiales habitualmente utilizados en la fabricación de las caras de los sellos mecánicos están los carbones artificiales, metales, carburos, óxidos metálicos. (Burgmann, 2004).

Asimismo, se deben tener en cuenta los siguientes factores que influyen en la cantidad de fuga como las condiciones de las caras del sello; rugosidad, paralelismos y perpendicularidad de las superficies de rozamiento; condiciones del equipo, a saber, las vibraciones; forma de operación del equipo bien sea continua o intermitente; características físicas y químicas del fluido a sellar; diseño del sello; además de los cuidados durante el ensamble, la instalación y puesta en operación (Burgmann, 2004).

Por tal motivo, se plantea un sellado mecánico bipartido (véase figura 1), en donde el sistema es tipo bisagra, el cual es rápido y eficiente para eliminar la fuga en tuberías desde presiones positivas, tal sistema está compuesto por dos cañas revestidas internamente con un tipo especial de elastómero de acuerdo a las condiciones de operación. Por ende, se plantea esta clase de sellado, mediante elementos

secundarios de material elastómero empleando el monómero de etileno propileno dieno (EPDM), con el objetivo de que la planta pueda seguir operando (Burgmann, 2004).

A su vez, se observa el uso de sellos mecánicos completamente bipartidos (véase figura 2), cuyos elementos de sellado secundario son cortados y posteriormente unidos con adhesivo especial o a través de vulcanización en frío durante el ensamble. Del mismo modo, las caras de materiales frágiles son partidas por la mitad para posteriormente ser adicionadas con un adhesivo especial (Burgmann, 2004).

Nos obstante, para el planteamiento del sello mecánico bipartido, también se ha tenido en cuenta el sello doble en cartucho (véase figura 3), en la cual todos los aros tóricos (O-Rings) son estáticos o en su defecto se mueven sobre superficies no metálicas, no desgastables, compuesta por caras internas de la rotativa y estacionaria, en donde los anillos del sello alivian los esfuerzos dinámicos, los cuales entran en contacto sobre una sección transversal angosta para baja generación de temperatura (Chesterton, 2002).

Se propone realizar la adquisición o elaboración del mecanismo de sellado bipartido con material elastómero (EPDM), para permitir disminuir la pérdida de vapor de agua, teniendo en cuenta el diámetro de la tubería de las trampas de sala y tetra pak que son las zonas críticas en cuanto a pérdidas por vapor en la línea de producción de jugos.

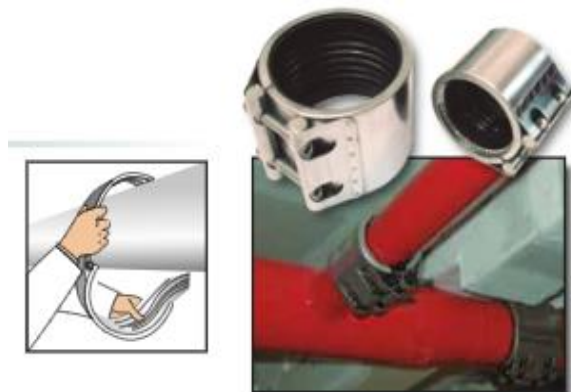
Adicional se plantea tener un complemento tipo pinza que sujete el mecanismo de sellado permitiendo que el trabajador no se encuentre expuesto a la fuga de vapor que proviene desde la caldera a altas temperaturas (véase figura 4).

La idea del mecanismo propuesto es que después de detectada la fuga de vapor, se sujete con la pinza el mecanismo de sellado, la cual cumple la función de sostener la herramienta que se pondrá en las tuberías permitiendo al trabajador tener una distancia prudente y fuera del área de impacto del vapor de agua.

Posteriormente se procede a poner el mecanismo de sellado en las tuberías que presenten fugas de vapor de la línea de producción de jugos, ya que el material de las tuberías al ser acero inoxidable genera una adecuada abrasión con el elastómero EPDM y se complementa con la presión ejercida por la herramienta de sellado bipartido permitiendo un sellado oportuno en el área afectada.

Se debe tener en cuenta que la pinza no es un producto adecuado para la necesidad actual que presentan las líneas de producción en Postobón, por lo cual se debe realizar una simulación de la herramienta tipo pinza extensor que permita sujetar de manera efectiva el mecanismo de sellado y cumpla con las condiciones adecuadas de seguridad y duración de los materiales, se dispone de un ejemplo de la herramienta (véase figura 4).

Figura 1. Herramienta de sellado de fugas de vapor



Nota. Sistema Bipartido tipo Bisagra [Figura] por Sealco, s.f., Cisealco (<https://docplayer.es/6145729-Sellado-de-fugas-en-vivo.html>)

Figura 2. Mecanismo interno de la herramienta de sellado



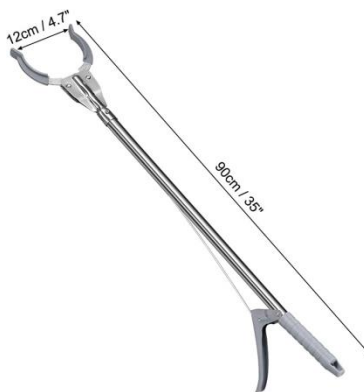
Nota. Sello completamente bipartido [Figura] por Burgmann, 2004, México (<https://es.slideshare.net/edingonzalez3192/principios-sellos-mecanicos>)

Figura 3. Mecanismo interno y externo de la herramienta de sellado de vapor



Nota. Sello mecánico [Figura] por Pedro Sánchez R. S.A.S, s.f., PSR (<https://www.pesara.com.co/sellado-de-fluidos/>)

Figura 4. Herramienta de acople para sujetar la herramienta de sellado de vapor



Nota. Pinza para recoger objetos de acero inoxidable [Figura], por Amazon, s.f., (<https://www.amazon.com/-/es/uxcell-recoger-objetos-inoxidable-35-0/dp/B07WGSX8LQ>)

MARCO DE REFERENCIA

Uno de los mayores problemas a los que se enfrentan la gran mayoría de las empresas son los imprevistos, que pueden surgir al tener una compañía de alto rendimiento, ya que es muy complicado tener que parar la producción, antes de lo previsto, para realizar los trabajos de mantenimiento necesarios para seguir manteniendo el rendimiento de su negocio al máximo nivel; por ello, la reparación de fugas de vapor en una línea de producción es muy importante, ya que trae consigo beneficios como reducción de costos por paros no programados, cuidado del medio ambiente, ahorro de tiempo, dinero y energía, permite mantener la seguridad de la planta, pero más importante la seguridad del personal (TAPA FRUGAS, s.f.)

Por otro lado, hay que tener en cuenta como se distribuye el vapor y en que ubicación o línea, ya que este sistema de distribución de vapor es un enlace importante entre la fuente generadora del vapor y el usuario. La fuente generadora del vapor puede ser una caldera o una planta de cogeneración. Esta, debe proporcionar vapor de buena calidad en las condiciones de caudal y presión requeridas, y debe realizarlo con las mínimas pérdidas de calor y atenciones de mantenimiento (Sarco, s.f.).

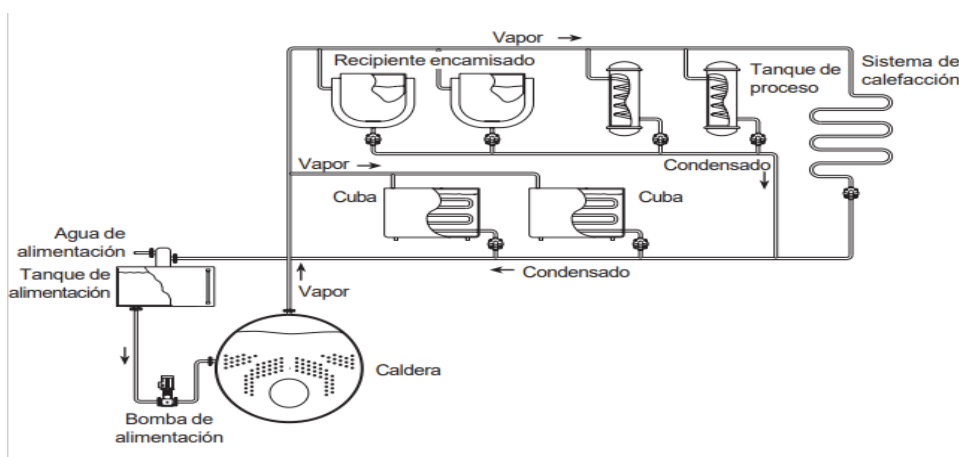
Es imprescindible que desde un principio, se comprenda el circuito de vapor básico, o más bien, el 'circuito de vapor y condensado'. El flujo de vapor en un circuito es debido a la condensación del vapor, que provoca una caída de presión. Esto induce el flujo del vapor a través de las tuberías. El vapor generado en la caldera debe ser conducido a través de las tuberías hasta el punto en que se requiere esta energía calorífica.

Inicialmente habrá una o más tuberías principales que transporten el vapor de la caldera en la dirección de la planta de utilización del vapor. Otras tuberías derivadas de las primeras pueden transportar el vapor a los equipos individuales. Cuando la válvula de salida de la caldera está abierta, el vapor pasa inmediatamente de la caldera a las tuberías principales. La tubería está inicialmente fría y, por tanto, el vapor le transfiere calor. El aire que rodea las tuberías está más frío que el vapor y en consecuencia, la tubería transfiere calor al aire (Sarco, s.f.).

En la *Figura 5* se muestra cómo funciona o el fundamento de un circuito de vapor. El vapor generado en la caldera debe ser conducido a través de las tuberías. Otras tuberías derivadas de las primeras pueden transportar el vapor a los equipos individuales. La tubería está inicialmente fría y, por tanto, el vapor le transfiere calor. El aire que rodea las tuberías está más frío que el vapor y en consecuencia, la tubería transfiere calor al aire. El condensado que resulta, va a parar a la parte inferior de la tubería y es arrastrado a lo largo de ésta por el flujo de vapor y por la gravedad, debido al gradiente en la conducción de vapor que normalmente disminuirá en la dirección del flujo de vapor. Deberá entonces purgarse el condensado de los puntos bajos de la tubería de distribución. Después, el flujo de vapor que proviene del sistema de distribución entra a la planta y de nuevo entra en contacto con superficies más frías. Entonces el vapor cede su energía para calentar el equipo y continúa transfiriendo calor al proceso y condensando en agua. En este momento hay un flujo continuo de vapor desde la caldera para satisfacer la carga conectada y para mantener este suministro deberá generarse más vapor. Para hacerlo, será necesario alimentar la caldera con más combustible y bombear más agua a su interior para reemplazar el agua que ha

sido evaporada. El condensado formado tanto en la tubería de distribución como en los equipos de proceso, es agua ya caliente y preparada para la alimentación de la caldera. Aunque es importante evacuar el condensado del espacio del vapor, se trata de un elemento demasiado valioso como para permitirnos desaprovecharlo. El circuito de vapor básico debe completarse con el retorno del condensado al tanque de alimentación de la caldera, siempre que sea factible (Sarco, s.f.).

Figura 5. Circuito de vapor típico



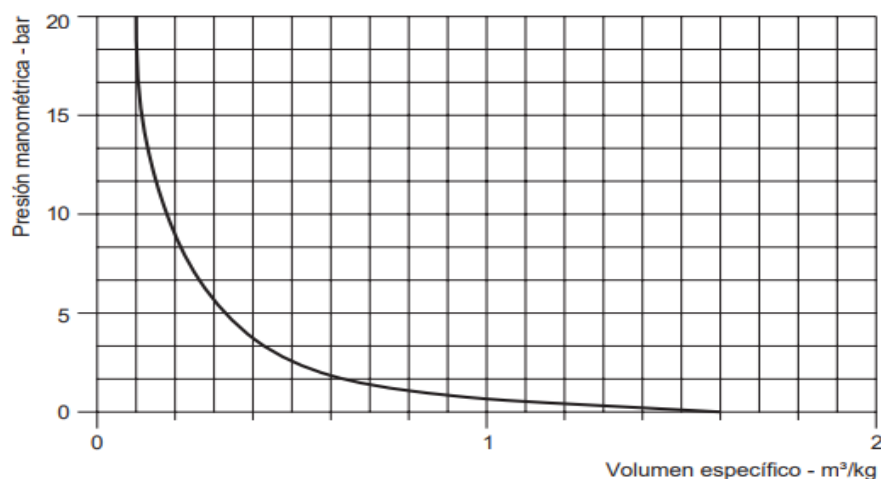
Nota. Circuito de vapor típico [Figura], por spirax sarco, s.f.,

(<https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Distribucion+del+vapor.pdf/fca09a6d-70ab-da86-5d9d-f19321638315>)

Se debe tener en cuenta que la presión es un factor importante a la hora de la evaluación de fugas de vapor ya que la presión a la que el vapor debe distribuirse está parcialmente determinada por el equipo de la planta que requiere una mayor presión y debe recordarse que el vapor perderá una parte de su presión al pasar por la tubería, a causa de la resistencia de la tubería al paso del fluido, y a la condensación por la cesión de calor a la tubería (Sarco, s.f.).

En la Figura 6 se puede observar el comportamiento del vapor a alta y baja presión con respecto al volumen de la tubería. Se evidencia que el vapor a alta presión ocupa menos volumen por kilogramo que el vapor a baja presión. Por tanto, si el vapor se genera en la caldera a una presión muy superior a la requerida por su aplicación, y se distribuye a esta presión superior, el tamaño de las tuberías de distribución será mucho menor para cualquier caudal.

Figura 6. Vapor saturado seco



Nota. Vapor saturado seco-relación presión/volumen específico [Figura], por spirax sarco, s.f.,
<https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Distribucion+del+vapor.pdf/fca09a6d-70ab-da86-5d9d-f19321638315>

Si las fugas equivalen a un porcentaje apreciable de la generación del vapor, en momentos de alto consumo, causan disminución de la presión, que puede afectar procesos que requieren alta temperatura (CII, s.f.). Muchas veces hay fugas que no representan gran parte de pérdida en cuanto a costos, pero sin importar el tamaño de la fuga está causando pérdida de energía al medio ambiente (CII, s.f.).

Hay dos métodos para identificar fugas, uno es en función del orificio, es decir, visualmente son detectadas, pero hay otras que se ven en función de las condiciones operacionales, ya que Postobón al ser una planta tan automatizada se pueden revisar las condiciones y monitorear este tipo de fallas en el sistema (CII, s.f.).

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Se identifica que el proyecto presenta restricciones respecto a la seguridad de los trabajadores, debido a que no se pueden ver expuestos a daños o perjuicios, cumplimiento de la política ambiental de POSTOBÓN teniendo en cuenta el impacto ambiental que pueden generar los residuos por pérdida, implementación, diseño o adquisición de nuevas herramientas de sellado de vapor, detención en la línea de producción de jugos ya que afecta el proceso y los tiempos estipulados.

El sello mecánico, es un dispositivo de sellado que impide el escape de todos los tipos de fluidos, sean gases o líquidos, de un recipiente cerrado hacia su exterior, a lo largo de un eje o árbol rotatorio, el cual se extiende a lo largo de una carcasa o cubierta (Figueroa, s.f.).

Los sellos mecánicos sellan mediante la interacción de las caras sellantes, las cuales se mantienen unidas a causa del esfuerzo ejercido por resortes o fuelles en la parte posterior de una de estas caras. Por ende, en la parte interna de las dos caras se forma una película lubricante que reduce la temperatura y forma una barrera que evita la fuga de producto a la atmósfera (predictiva21, s.f.).

Por ello, para la correcta operación de un sello mecánico, es primordial que se forme entre las caras de contacto una película de lubricación, la cual se ocupa de lubricar y enfriar las caras del sello, por ende, es fundamental mantener su estabilidad si se desea que el sello opere satisfactoriamente. Aunque, en la mayoría de las ocasiones el líquido que forma la película no presenta las condiciones ideales para lubricar y enfriar, por lo cual, el calor friccional puede aumentar generando un flasheo entre las caras, originando desgaste de las caras e incrementando el riesgo de falla del sellado mecánico (Acevedo, 2011).

Por lo tanto, para que la película de lubricación interfacial se adecúe correctamente, es fundamental instalar sistemas para extraer el calor que se produce en las caras de contacto del sellado mecánico, mediante las inyecciones de fluido lubricante desde fuentes externas (Acevedo, 2011).

El sello mecánico presenta ciertas ventajas en relación con las empaquetaduras como:

- Produce un sellado de forma semi-hermético.
- Elimina los ajustes manuales periódicos.
- Genera menos pérdidas de energía que las empaquetaduras, en donde estudios realizados por usuarios y fabricantes se estableció que un sello mecánico consume aproximadamente la sexta parte de energía consumida por las empaquetaduras en un servicio similar.
- Limitan la fuga de producto hacia la atmósfera (predictiva21, s.f.).

Asimismo, manifiesta las siguientes desventajas:

- Son complejos.

- El valor de adquisición es relativamente alto.
- La imposibilidad de ajustarlos para controlar las fugas si fallan (predictiva21, s.f.).

Por otro lado, los sellos mecánicos están designados para funcionar hasta 750 °F (400°C), del mismo modo, existen para temperaturas más elevadas. No obstante, cuanto más frío se pueda mantener el líquido de lavado, más durará el sello y habrá menos posibilidades de mantenimiento (Figuroa, s.f.).

De acuerdo con estadísticas conseguidas en las refinerías que utilizan en sus procesos vapor de agua, las fallas de sellos mecánicos representan el 75% del total de fallas mecánicas de las bombas centrífugas. Por lo tanto, es de suma importancia el diseño o arreglo mecánico ideal a la aplicación propuesta. Asimismo, el costo de un sello mecánico representa un valor importante de los accesorios, además de los costos de operación y mantenimiento (predictiva21, s.f.).

Del mismo modo, es primordial la selección de los materiales idóneos para las condiciones de funcionamiento, con el objetivo de alcanzar una larga duración del sello, en donde se destaca el diseño, las condiciones de funcionamiento y la lubricación del sello. Adicionalmente, se debe tener en cuenta la presión y la temperatura, las cuales intervienen en el diseño de los sellos (Figuroa, s.f.).

Por lo tanto, es adecuado tener en cuenta que se necesita contar con una herramienta de largo alcance para sujetar el mecanismo de sellado bipartido, teniendo en cuenta que los trabajadores no pueden encontrarse expuestos de

manera directa a las altas temperaturas que emanan los vapores de agua que circulan por la tubería.

El API (Interfaz de programación de aplicaciones), simultáneamente con ANSI (American National Standards Institute), ASME (the American Society of Mechanical Engineers) e ISO (International Organization for Standardization), desarrolló unos sistemas de protección de sellos identificados con números a los que posteriormente se les adhirieron letras, conocidos como planes de sellado API, con la finalidad de la protección a los diversos arreglos de sellos mecánicos encontrados en la industria (Acevedo, 2011).

Adicional, se puede evidenciar la importancia del sistema de sellado aplicable a una máquina rotatoria, en la cual tiene una gran incidencia en su viabilidad y proceso general, puesto que se debe tener en cuenta desde el inicio de su desarrollo la factibilidad y no al final durante el diseño de la máquina, dado que al ocurrir un fuga o en su defecto llegue a fallar el sello se deja al descubierto su funcionalidad, en donde el sello debe ser capaz de soportar la presión del fluido ya sea líquido o gas presente dentro de la máquina a razón de estar expuesto a la presión atmosférica (Burgmann, 2004).

Por lo tanto, en la aplicación del sello mecánico se debe tener en cuenta ciertos parámetros de operación como lo es el fluido a sellar, la presión, temperatura, velocidad de rotación de las caras, además de los requerimientos técnicos relacionados con el equipo y las instalaciones (Burgmann, 2004).

Asimismo, para proteger el medio ambiente se deben emplear sellos mecánicos en arreglo doble presurizados, en donde operan con un fluido buffer limpio, cuyas propiedades lubricantes son compatibles con el fluido del proceso y no peligroso para el ambiente, a una presión mayor (2 o 3 bar) en relación a la que actúa en la cavidad para el sello en el equipo (Burgmann, 2004).

Aparte, en la elección del sello mecánico se considera el costo de instalación, el costo de funcionamiento a largo plazo y las condiciones operativas anticipadas entre ellas calor, vibración y presión, adicional a esto, se tiene en cuenta el empleo del adecuado personal técnico para el mantenimiento con la suficiente disponibilidad para las respectivas reparaciones (COFLUIN, 2021).

METODOLOGÍA

En este proyecto se busca proponer una idea de mejora a la línea de producción de jugos de la empresa POSTOBÓN, que sufre de fugas de vapor en sus tuberías constantemente, procurando cumplir con los lineamientos ambientales de la empresa y seguridad de sus trabajadores.

Es posible el desarrollo de la propuesta de mejora mediante el uso de una metodología descriptiva cualitativa, la cual permitió llevar a cabo la recolección de información por medio de una visita técnica en la empresa POSTOBÓN, dando el aval para realizar preguntas a las personas que operan, supervisan y dirigen las líneas de producción, los

cuales suministraron los datos necesarios para el planteamiento de la solución a la problemática descrita (concepto,2023).

Se hizo uso del método de investigación hipotético deductivo para el planteamiento de mejora en la línea de producción de jugos, el cual consiste en partir de una explicación inicial, para luego obtener conclusiones particulares de ella, que luego serán a su vez comprobadas experimentalmente. (concepto,2023).

Se tomaron como base estas metodologías y métodos de investigación teniendo en cuenta que la información debía ser proporcionada directamente por la empresa POSTOBÓN, por la tanto se contaba con ciertas limitantes para la recolección datos de manera experimental.

El proyecto comienza por una etapa de estudio del proceso, en la cual se determinan las variables operacionales del sistema a evaluar esto con la finalidad de poder obtener una serie de datos, los cuales permitirían conocer de manera adecuada todo el proceso que se lleva a cabo en la línea de producción. Como etapa posterior a la de estudio, sigue la etapa de evaluación, en la cual se plantea una idea de mejoramiento para la línea de producción sin afectar los tiempos de proceso, la salud de los colaboradores y el impacto ambiental que puede generar una posible fuga de vapor.

Posterior a la etapa de evaluación, sigue la etapa de validación, en la cual se busca validar la viabilidad del planteamiento de mejora haciendo una simulación en AUTODESK que tienen como finalidad verificar como se va a mejorar la pérdida de vapor de agua en una línea de producción. Por último, en la etapa de presentación se

muestra la mejora a implementar a la empresa POSTOBOÓN, los cuales validan la viabilidad y posibilidad de implementación real de la idea propuesta.

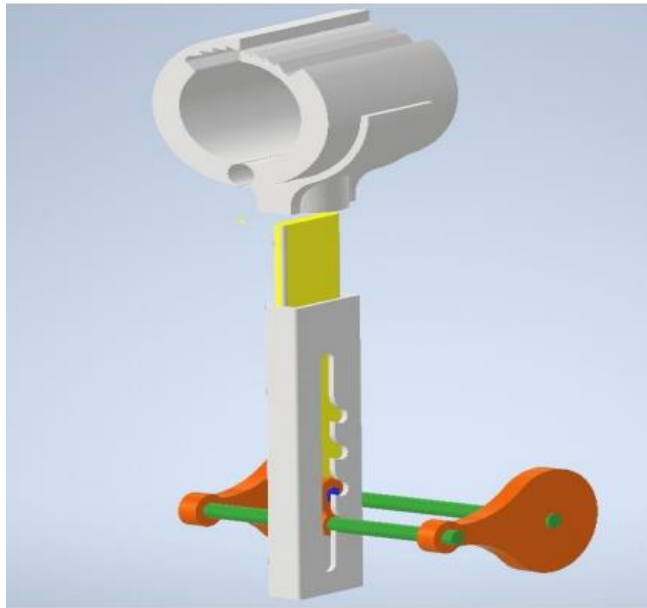
PROTOTIPO

Se realizó una simulación del prototipo en el programa AUTODESK, el cual permitió consolidar todas las ideas enfocadas al cumplimiento de los objetivos sugeridos por la empresa POSTOBÓN, teniendo en cuenta una solución efectiva a la problemática que se presenta actualmente en la empresa.

El prototipo consiste en un mecanismo bipartido con un recubrimiento interno de un elastómero, el cual permite disminuir y retener la pérdida de vapor al tener contacto directo con la tubería.

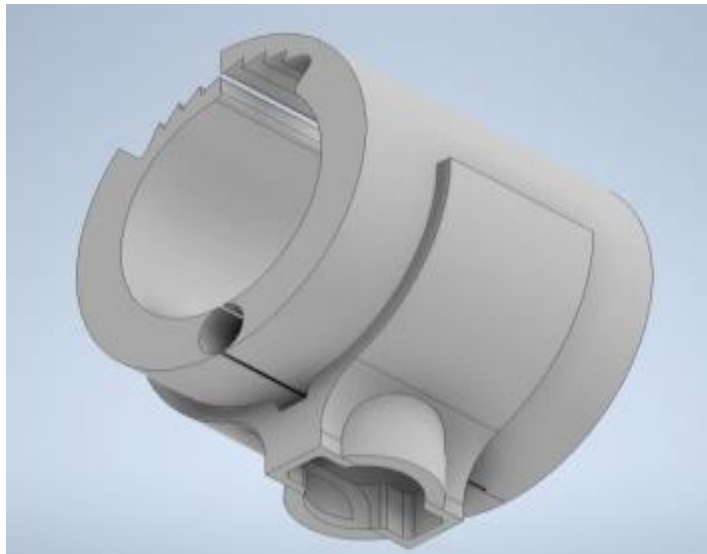
El mecanismo bipartido está ligado a un brazo extensor que funciona generando presión al mecanismo por medio del movimiento de un fluido al interior del mecanismo, que permite a la herramienta quedar a presión en la tubería.

Figura 7. Mecanismo de cierre de fugas de vapor completo



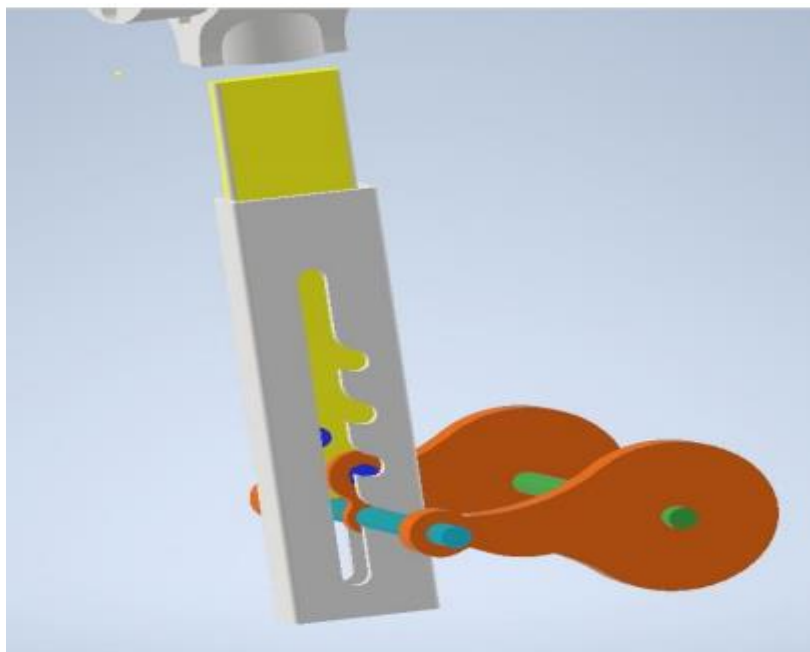
Nota. Prototipo [Figura], por elaboración propia

Figura 8. Mecanismo bipartido de cierre de fugas de vapor



Nota. Prototipo [Figura], por elaboración propia

Figura 9. BRAZO EXTENSOR DE CIERRE DE FUGAS DE VAPOR



Nota. Prototipo [Figura], por elaboración propia

ANÁLISIS DE COSTOS

Para la fabricación del producto de sellado mecánico bipartido se determinaron los costos directos-variables (véase Tabla 1) de la materia prima relacionada con la manufactura, entre ellos el material de una placa de cerámica de Carburo de Silicio empleadas para las caras rotatorias y estacionaria, además del elastómero (EPDM) como sello secundario y de las piezas metálicas de acero inoxidable para el respectivo ensamble, en la cual se establecieron a todos estos materiales una investigación del precio y calidad de venta en el mercado para el correspondiente análisis de costos de la fabricación del producto.

Del mismo modo, se determinó el valor del costo del uso por maquinado y ensamble en el proceso de fabricación del producto de las piezas mecanizadas, en donde se emplearan máquinas CNC con el objetivo de obtener precisión y calidad superficial de acuerdo al diseño del producto, iniciando por el corte del material solicitado teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de montaje. Adicional en relación a las máquinas se estableció el costo empleado de energía por cada una de estas para la elaboración de un producto.

Por otro lado, otro costo a tener en cuenta es la mano de obra en la elaboración del sellado, estableciendo el desarrollo de dos productos por hora, a su vez, se determinó el planteamiento de un costo de inversión como capital de inicio de trabajo de acuerdo al costo que implica fabricar un producto en relación a la compra del material, mano de obra y empleo de máquinas.

Adicional, en la consideración del valor del precio del producto, se realizó un análisis de los sistemas de sellado en el mercado con la finalidad de establecer la mejor opción de acuerdo a la especificaciones técnicas y costos, en donde se determinó el valor del producto de \$93000 con un margen de rentabilidad de 4,35%.

Tabla 1. Análisis de Costos

PRODUCTO O SERVICIO	Sello Mecánico Bipartido			
DESCRIPCIÓN	VAOLR UNITARIO	UNIDADES	VALOR TOTAL	TIPO DE COSTO
Caras Rotatorias y estacionaria: Cerámica de Carburo de Silicio	\$110,528.00	\$30,905.59	\$61,811.18	Directo, Variable
Elastómeros: EPDM	\$22,123.00	\$300.00	\$600.00	Directo, Variable
Piezas Metálicas: Acero Inoxidable 316	\$36,075.00	\$360.75	\$721.50	Directo, Variable
Resorte: Elgiloy	\$698.00	\$698.00	\$5,584.00	Directo, Variable
Pinza para objetos inoxidable	\$20,500.00	\$20,500.00	\$20,500.00	Directo, Variable
Mecanizado CNC	\$142,117.00	\$71,058.50	\$71,058.50	Directo, Variable
Corte y doblado de piezas	\$6,180.00	\$3,090.00	\$3,090.00	Directo, Variable
Mecanizado en torno y fresadora	\$24,700.00	\$12,350.00	\$12,350.00	Directo, Variable
Trabajos de soldadura	\$12,300.00	\$6,150.00	\$6,150.00	Directo, Variable
Ensamble	\$14,800.00	\$7,400.00	\$7,400.00	Directo, Variable
Mano de obra	\$4,833.00	\$2,416.50	\$2,416.50	Directo, Fijo
Energía Mecanizado CNC	\$773.49	\$4,254.20	\$4,254.20	Directo, Variable
Energía corte y doblado	\$773.49	\$2,127.10	\$2,127.10	Directo, Variable
Energía torno y fresadora	\$773.49	\$4,640.94	\$4,640.94	Directo, Variable
Energía Soldadura	\$773.49	\$1,624.33	\$1,624.33	Directo, Variable
Capital de Trabajo	\$200,000.00	\$200,000.00	\$200,000.00	Indirecto
SUMATORIA DE COSTOS			\$404,328.24	
MARGEN DE RENTABILIDAD			4.35%	
PRECIO DE VENTA			\$93,000.00	

Nota. Análisis de costos [Tabla], por elaboración propia

CONCLUSIONES

- Se presenta una propuesta de mejora en cuanto a la reparación de fugas de vapor de las líneas de producción de POSTOBÓN, que cumplen con los requisitos y dan cumplimiento a la política de cambio climático y neutralidad de la compañía.

- Se determina que la propuesta presentada prioriza la seguridad de los trabajadores permitiendo arreglar los problemas de fugas de vapor en la línea de producción de jugos sin alterar la salud de los trabajadores.
- Se proyectó que, con la implementación de la propuesta de mejora, hay una disminución en los costos por pérdidas de vapor de agua, mantenimientos correctivos, paradas de emergencia de planta, aumento en los tiempos de producción, entre otros.
- Se identifica que, con la propuesta de mejora, hay una disminución en las pérdidas de vapor en la línea de producción de jugos.

REFERENCIAS

- Acevedo, I. (2011). *Diagnóstico de condición de infraestructura de planes de sellado y selección de acciones de mejoramiento*.
<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062777.pdf>
- Burgmann. (2004). *Sellos mecánicos Principio de operación, tipos y aplicaciones*.
<https://es.slideshare.net/edingonzalez3192/principios-sellos-mecanicos>
- Chesterton. (2002). *Sellos simples 155 y doble 255 en cartucho*.
https://chestertondocs.chesterton.com/Rotating/sb155255_ES.pdf
- CII. (s.f.). AHORRO POR REDUCCIÓN DE FUGAS DE VAPOR. Obtenido de
<http://www.pesic.org/wp-content/uploads/2018/05/4-Ahorro-por-Reduccion-de-Fugas-de-Vapor.pdf>
- COFLUIN. (2021). *Sellos mecánicos por componentes y tipo cartucho ¿cuál es la diferencia?* <https://cofluin.com/sellos-mecanicos-de-componentes-y-tipo-cartucho-cual-es-la-diferencia/>
- Figueroa. (s.f.). *Seminario de sellado de fluidos*. Recuperado el 23 de abril de
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17106/1/ProyectoFigueroa.pdf>
- Flores, E. (2005). *Mejoramiento de la línea de vapor de una empresa embotelladora de bebidas carbonatadas*. Universidad de San Carlos.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0452_M.pdf
- Jaimes, R. (2021). *Estudio técnico y de optimización del sistema de generación y distribución de vapor en la planta de gaseosas Hipinto S.A.S Piedecuesta*.
https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/15408/2021_Tesis_Jaimes_Blanco_Robin_Leonardo.pdf?sequence=1
- Postobón BIO, más verde, más vida. (08 de 03 de 2023). Obtenido de
https://www.postobon.com/sites/default/files/fcomunicado_de_prensa_carbono_neutralidad.pdf

Postobón. (s.f.). *Quiénes somos*. Recuperado el 12 de marzo de <https://www.postobon.com/la-compania/quienes-somos>

Predictiva21. (s.f.). *Sellos mecánicos*. Recuperado el 23 de abril de <https://predictiva21.com/15-3-sellos-mecanicos/>

Ramos, N. (2018). *Modelo operativo en líneas de envasado de una planta cervecera basado en herramientas de excelencia operacional*. Universidad del Norte. <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/9237/000133168.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodas, D. (2021). *Propuesta para optimización de la red de vapor en la producción textil de planta 2 Tennat, S.A. Guatemala*. Universidad de San Carlos. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/16669/1/Diego%20Francisco%20Rodas%20Trujillo.pdf>

Rodríguez, C., Rodríguez, C., Donato, Y. (2020). *Propuesta de mejora para disminuir las pérdidas de producción en las líneas de elaboración de papa freída en una empresa alimenticia colombiana*. Universidad de Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/4425/Rodr%C3%ADguez%20Mart%C3%ADnez%20Cesar%20David%202020..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sarco, S. (s.f.). *DISTRIBUCIÓN DEL VAPOR*. Recuperado el 23 de abril de <https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Distribucion+del+vapor.pdf/fca09a6d-70ab-da86-5d9d-f19321638315>

TAPA FRUGAS. (s.f.). Obtenido de <https://www.tapafugas.com/eliminacion-de-fugas-y-mantenimiento-industrial/>

CONCEPTO DE METODOS DE INVESTIGACIÓN. (s.f.). Obtenido de <https://concepto.de/metodos-de-investigacion/>

TLV Compañía especialista en vapor. (08 de 03 de 2023). Obtenido de <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/preventing-steam-leaks.html#:~:text=La%20fuga%20interior%20ocurre%20cuando,eso%20son%20odif%C3%ADciles%20de%20encontrar>

- Tomoaki, Y. (2021). *Sistema de gestión de datos de fugas de fluidos*. Oficina Española de Patentes y Marcas. <https://patentimages.storage.googleapis.com/1b/21/14/4ef91516bae851/ES2839250T3.pdf>
- UPME. (2018). *Manual de optimización de sistemas de vapor industrial*. https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Manual_sistemas_vapor.pdf#search=calderas%20de%20vapor
- Urián, M. (2021). *Propuesta de un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo*. Universidad ECCI. <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/2394/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>