TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

"INSPECCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y CONDENSADO EN LA INDUSTRIA PETROLERA"

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Martín Essenfeld.
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Jairo Hernández.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Martínez I.
Félix R.
Para optar al Título
de Ingeniero de Petróleo

Caracas, Junio de 2007

Caracas, Junio de 2007

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería de Petróleo, para evaluar el Trabajo Especial de grado presentado por el Bachiller Félix R. Martínez I., titulado:

"INSPECCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y CONDENSADO EN LA INDUSTRIA PETROLERA"

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Petróleo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Sandro Gasbarri Jurado	Ing. Lisbeth Miranda Jurado
Prof. Martín Essenfeld Tutor Académico	Ing. Jairo Hernández Tutor Industrial

DEDICATORIA

A mi familia, por el apoyo brindado durante toda mi vida, y hacerme la persona que ahora soy. Los quiero.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida, y salud para disfrutarla.

A la Universidad Central de Venezuela, por abrirme las puertas al conocimiento.

A mi Tutor Académico, Profesor Martín Essenfeld, por su asesoría durante todo el período de realización de este trabajo.

A mi Tutor Industrial, Ingeniero Jairo Hernández, por todo el apoyo brindado durante toda mi estadía en la empresa.

A mis padres, Inés Margarita y Félix Eduardo, pase lo que pase, siempre han estado cuando los necesito.

A mi hermana, Verónica Martínez, su presencia en mi vida ha sido fundamental para mi desarrollo como profesional.

A mis amigos de por vida, los del colegio, los de la universidad y los de la cuadra.

A todo el personal de la Empresa Termofluidos, Frank, William, Patricia, Carmen, Jesmari, Claudia, Manuel Pérez, Sr. Manuel, Octavio, Félix, Edher, Nano, gracias por su colaboración.

Martínez I., Félix R.

"INSPECCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y CONDENSADO EN LA INDUSTRIA PETROLERA"

Tutor Académico: Prof. Martín Essenfeld. Tutor Industrial: Ing. Jairo Hernández. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Petróleo. Año 2007, 92 p

Palabras Claves: Trampa, Vapor, Purga, Condensado, Mejorador.

Resumen. El Mejorador de Crudo Extra Pesado de Petrolera AMERIVEN lleva la calidad del crudo desde 8.5° API hasta 26° API, mediante la remoción de carbono en forma de coque, y la disminución de los contaminantes de azufre y nitrógeno. Para que el proceso de refinación de crudo se realice de manera eficiente, es necesario, entre otras cosas, el aporte energético que brinda el calor latente del vapor de agua. Este se logra con un sistema de distribución de vapor y retorno de condensado eficiente. El presente trabajo se realiza con el objetivo de presentar soluciones a los problemas encontrados durante el período de inspección, en el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado del Mejorador de Petrolera AMERIVEN.

ÍNDICE

Pág.

Lista de Tablas …… iiix
Lista de Figuras …….ix
INTRODUCCIÓN ……..... 1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ……..... 2
1.1 Justificación ……. 2
1.2 Objetivos ……..… 2
CAPÌTULO II: MARCO TEÓRICO ……..... 4
2.1 Conceptos básicos - descripción …….....4
2.2 Distribución de vapor ……..…. 5
2.3 Tipos de trampa para vapor ……..….. 11
2.3.1 Grupo termostático …….. 12
2.3.2 Grupo mecánico ……..…. 20
2.3.3 Grupo termodinámico ……..... 29
2.4 Selección de una trampa de vapor ……..... 33
2.5 Dimensionamientos de las trampas para vapor ……..... 38
2.6 Detección de la averías en los purgadores ……..… 41
2.7 Características de la descarga de diferentes trampas …… 47
2.8 Aislamiento ……... 48
2.9 Líneas de acompañamiento (trazas) ……..……. 48
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO …… 52
3.1 Objetivo del Mejorador de Petrolera AMERIVEN…..…… 52
3.2 Descripción de las Áreas del Mejorador de Petrolera AMERIVEN ……..... 53
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA …….. 55
4.1 Tipo de estudio ……..……. 55
4.2 Población y muestra ……... 55
4.3 Técnicas ……..…… 55
4.4 Procedimientos ……..……. 55
4.5 Instrumentos de recolección de datos ……..……56
4.6 Base de cálculo ……... 56

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN …… 58
5.1 Observaciones de campo ……... 58
5.2 Gráficos y tablas ……..…… 62
5.3 Discusión ……..….. 70
5.4 Resultados ……..… 76
CONCLUSIONES ……... 78
RECOMENDACIONES ……. 80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ……. 82
BIBLIOGRAFÍA …….. 83
NOMENCLATURA ……85
ANEXOS …….. 86
ANEXO 1: Inventario de trampas para vapor del Mejorador de Petrolera AMERIVEN según su estado de funcionamiento. 87
ANEXO 2: Instalación correcta de una trampa para vapor con sus accesorios ……... 90
ANEXO 3: Steam Trap Management System …….. 91

LISTA DE TABLAS

Pág

Tabla II.1:	Características de descarga de condensado según tipo de trampas para vapor …….....	47
Tabla V.1:	Trampas para vapor en condición de fuga (pierde vapor)…	61
Tabla V.2:	Trampas para vapor en condición de bloqueo (Anegadas de Condensado) ……...……	62
Tabla V.3:	Estado general de las trampas para vapor …….....	63
Tabla V.4:	Pérdidas de vapor por área inspeccionada en libras por hora (lbs/hr) ……..	77
Tabla #1:	Trampa para vapor en condición: buen estado……	87
Tabla #2:	Trampa para vapor en condición: anegado de condensado ……..	88
Tabla #3:	Trampa para vapor en condición: fuera de servicio ……	88
Tabla #4:	Trampa para vapor en condición: pierde vapor ……...	89

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 2.1: Instalación incorrecta de purga de condensado..... 7

Figura 2.2: Instalación correcta de purga de condensado..... 7

Figura 2.3: Golpe de ariete ……... 8

Figura 2.4: Instalación incorrecta de derivación de línea de vapor ……... 10

Figura 2.5: Instalación correcta de derivación de línea de vapor …….. 10

Figura 2.6: Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Presión Balanceada ……... 12

Figura 2.7: Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Expansión Líquida ……..... 15

Figura 2.8: Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo Bimetálico ……..…17

Figura 2.9: Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Flotador Libre …….. 21

Figura 2.10: Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Flotador y Palanca ……. 22

Figura 2.11: Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Flotador y Palanca con elemento termostático ……... 23

Figura 2.12: Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Balde Abierto …… 26

Figura 2.13: Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Balde Invertido ……. 27

Figura 2.14: Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo Termodinámico ……..... 29

Figura 5.1: Esquema del Sistema de Traceado ……... 58

Figura 5.2: Fuga de Vapor …….. 59

Figura 5.3: Fuga de Vapor en Manifold ……. 59

Figura 5.4: Anegamiento de condensado en Manifold de Trampas para Vapor ……... 60

Figura 5.5: Porcentaje de trampas por estado general del Mejorador de Petrolera AMERIVEN……..……..... 64
Figura 5.6: Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de Azufre…….. 64
Figura 5.7: Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de Azufre ……... 65
Figura 5.8: Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de COKER …….. 65
Figura 5.9: Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de COKER……. 66
Figura 5.10: Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de CRUDO……... 66
Figura 5.11: Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de CRUDO …… 67
Figura 5.12: Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de Hidroprocesos…… 67
Figura 5.13: Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de Hidroprocesos ……... 68
Figura 5.14: Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de Áreas Externas …… 68
Figura 5.15: Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de Áreas Externas…… 69
Figura 5.16: Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de Servicios Industriales..……... 69
Figura 5.17: Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de Servicios Industriales.…….……... 70
Anexo 2: Instalación correcta de una trampa para vapor con sus accesorios …….. 90
Figura #1: Steam Trap Management System …… 91

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente estudio es evaluar el sistema de distribución de vapor y sus instalaciones, así como también sus equipos asociados y consumo energético; teniendo como enfoque principal el inventario de todos los puntos de drenaje existentes, en el **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**, con el fin de introducir una rutina de mantenimiento preventivo y correctivo de trampas para vapor soportados con el software desarrollado por Spirax Sarco denominado "**Steam Trap Management System" STMS**.

El **STMS** permite establecer coordinadamente rutinas de mantenimiento, aportando una base de datos adecuada, donde se podrá disponer de toda la información correspondiente a las condiciones de la trampa y a los aspectos asociados al sistema de vapor, así como también, la cuantificación de las pérdidas económicas por concepto de trampas fugando vapor y anegadas de condensado.

Para el desarrollo de este trabajo, se han tenido en cuenta las especificaciones de los equipos e instalaciones actuales, así como el levantamiento técnico de datos y demás informaciones complementarias obtenidas en el **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**.

A continuación, se presentan los fundamentos teóricos que sustentan el trabajo de inspección, así como también, las observaciones de campo, las tablas y gráficos, y una sección de análisis de resultados y recomendaciones. Finalmente se incluyen las conclusiones y se anexa toda la información que se considera útil para el mejor aprovechamiento de este trabajo.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 JUSTIFICACIÓN

La optimización del sistema de generación de vapor en el **Mejorador de Petrolera AMERIVEN** es de suma importancia, ya que dicha empresa disfrutará de procesos productivos más eficientes en donde podrá:

- Mejorar el rendimiento energético
- Disminuir los costos de operación y de mantenimiento
- Ahorrar tiempo
- Minimizar los costos de combustible y de agua de alimentación de caldera
- Alargar el tiempo de vida útil de los equipos y componentes
- Garantizar la seguridad de los operarios

Con este estudio, se pudo demostrar como estas mejoras inciden en el ahorro energético, que a su vez se traducirán, al ser implementadas, en beneficios económicos para la empresa.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- Optimizar el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado del **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el sistema de generación de vapor y retorno de condensado de las seis (6) áreas de el **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**.
- Identificar los componentes y equipos existentes en las plantas.
- Extraer datos de las diferentes áreas que conforman los sistemas en estudio.
- Detectar las fallas existentes en las redes de distribución de vapor y de retorno de condensado, a través de la realización de pruebas de campo con la utilización de equipos electrónicos.
- Aplicar el Software Steam Trap Management System (STMS) para la obtención de la información de las condiciones de las trampas para vapor.
- Analizar los resultados arrojados por el software STMS.
- Elaborar cuadros resumen y gráficos que reflejen el estado actual de las estaciones de trampeo.
- Estimar las pérdidas energéticas y económicas que representan las anomalías existentes en los procesos.
- Establecer alternativas de solución y selección de equipos para la optimización del sistema de vapor.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

En razón de que este trabajo se refiere al análisis y optimización de procesos que involucran la generación y distribución de vapor de agua, aquí sólo se hará un listado y descripción muy condensada de los términos básicos relacionados al tema.

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS- DESCRIPCIÓN

2.1.1 Vapor de Agua

Si se añade calor al agua, su temperatura aumenta hasta alcanzar un valor denominado temperatura de saturación. Un aporte adicional de energía, hará que el agua hierva y se convierta en vapor.

2.1.2 Vapor Saturado

Es un vapor formado por agua totalmente evaporada.

2.1.3 Vapor Sobresaturado

Es un vapor que se encuentra a cualquier temperatura **por encima** de la del vapor saturado.

2.1.4 Calidad del Vapor

Es la proporción de vapor seco presente en el vapor considerado.

2.1.5 Entalpía Específica del Vapor

Es la suma de la entalpía específica del agua saturada ó calor sensible y la entalpía específica de evaporación ó calor latente.

2.1.6 Entalpía Específica del Agua Saturada

Es la energía que contiene 1 Kg de agua líquida a la temperatura de ebullición, también se le conoce como calor sensible.

2.1.7 Entalpía Específica de Evaporación

Es la energía necesaria para convertir 1 Kg de agua líquida en vapor. También se le conoce como calor latente.

2.2 DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

2.2.1 Fundamentos de la Distribución de Vapor

2.2.1.1 *Líneas de Distribución*

En cualquier tubería para el transporte de vapor, parte del mismo se condensará a causa de las pérdidas de calor por radiación. Por tanto, debe preverse la purga de ese condensado. Si esto no se realiza de forma efectiva, aparecerán problemas de corrosión y golpe de ariete. Además, el vapor se volverá húmedo, pues recoge gotas de agua, reduciendo así su potencial de transferencia de calor. Bajo condiciones extremas, si se permite la acumulación de agua condensada, la sección de la tubería disponible para el paso del vapor se ve reducida, de manera que la velocidad efectiva del vapor superará los límites recomendados.

Siempre que sea posible, la tubería de distribución debe montarse con un descenso no inferior a 40 mm por cada 10 m, en la dirección del flujo. Hay una buena razón para ello. Si la tubería asciende en la **dirección** del flujo, el condensado descenderá por gravedad, en sentido opuesto a la dirección del vapor, el cual puede ir a una velocidad de hasta 80 Km/h, arrastrando el agua. Esto no permitiría el drenaje del condensado e incrementaría la humedad en el vapor, lo cual es perjudicial para el proceso de su transporte.

2.2.1.2 *Puntos de Purga*

Las ventajas de elegir el tipo de trampa más apropiada para una determinada aplicación serán en vano si el condensado no puede encontrar fácilmente el camino hacia la trampa. Por esta razón, debe considerarse cuidadosamente el tamaño y la situación del punto de purga.

También se debe tomar en cuenta qué le ocurre al condensado en una tubería de vapor cuando se produce una parada y todo el flujo cesa. Este condensado circula en la dirección descendente de la tubería, por efecto de la fuerza de la gravedad, y se acumulará en los puntos bajos del sistema. Las trampas deberán, por lo tanto, montarse en los puntos más bajos. En cualquier caso, la cantidad de condensado que se forma en una línea de gran tamaño bajo condiciones de puesta en marcha, es suficiente para hacer necesaria la instalación de puntos de purga cada 30 m a 50 m, así como en los puntos bajos del sistema.

Durante el funcionamiento normal, el vapor puede fluir por la tubería de distribución a velocidades de hasta 145 Km/h, arrastrando condensado consigo. En la figura 2.1 se muestra esquemáticamente una tubería que conecta la parte inferior de una línea de vapor con una estación de trampeo. Aunque la tubería tiene una capacidad suficiente, es poco probable que recoja gran parte del condensado que fluye a alta velocidad por la tubería de distribución. Tal disposición no resultaría efectiva. En la figura 2.2 se

muestra una solución más recomendable para evacuar el condensado. Se coloca una conexión T en la tubería, la cual actúa como un pozo de goteo. Todo el condensado caerá al pozo y recorrerá el camino hasta llegar a la estación de trampeo donde se desalojará todo el condensado producido.

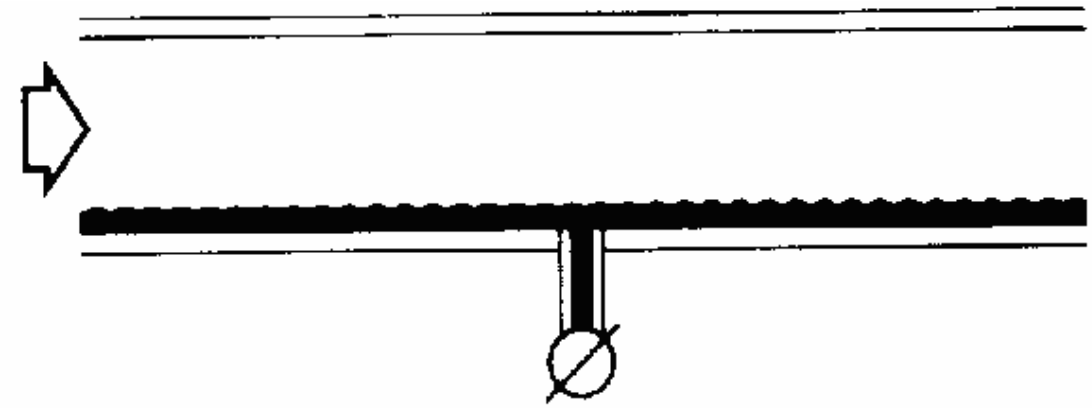

Fig. 2.1 Instalación incorrecta de purga de condensado [1]

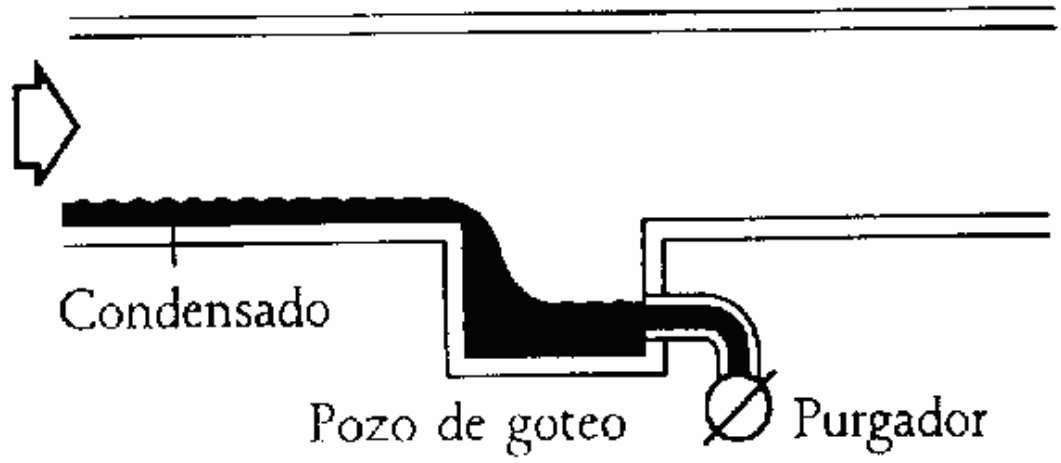

Fig. 2.2 Instalación correcta de sistema de purga de condensado [1]

2.2.1.3 *Golpe de Ariete y Sus Efectos*

El golpe de ariete se produce cuando el condensado, en lugar de ser purgado en los puntos bajos del sistema, es arrastrado por el vapor a lo largo de la tubería como se muestra en la figura 2.3, y se detiene bruscamente al impactar contra algún obstáculo del sistema. Las gotas de condensado acumuladas a lo largo de la tubería, forman con el tiempo una bolsa continua de agua líquida que será arrastrada a lo largo de la tubería a la velocidad del vapor. Estas velocidades pueden ser de 30 Km/h o más. Este tapón de agua es denso y poco compresible. Además, cuando se desplaza a una velocidad elevada, tiene una energía cinética considerable.

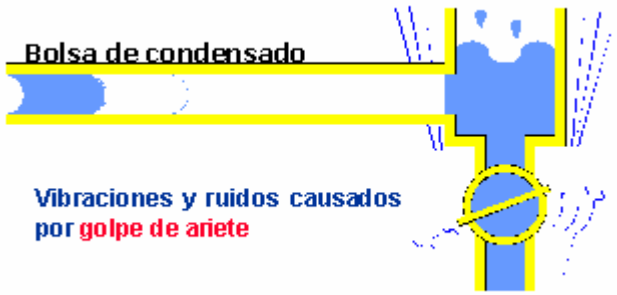

Fig. 2.3 Golpe de Ariete

Cuando se obstruye su paso, a causa de una T en la tubería o una curva, la energía cinética se convierte en un golpe de presión. Las leyes de termodinámica establecen que la energía ni se crea ni se destruye: se transforma. Normalmente se produce un ruido de golpe, que puede ir acompañado de un movimiento en la tubería y altas vibraciones. En casos serios, los accesorios pueden incluso romperse con un efecto casi explosivo, con la consecuente pérdida de vapor vivo en la rotura, creando una situación peligrosa. Afortunadamente, el golpe de ariete se puede evitar si se toman las medidas oportunas para que no se acumule el condensado en la tubería. Evitar golpes de arietes es una mejor alternativa que intentar contenerlo, exigiendo materiales y limitando la presión de los equipos. Las fuentes de problemas de golpe

de ariete suelen estar en los puntos bajos de la tubería. Las áreas o situaciones problemáticas son:

- Pandeo en línea.
- Uso incorrecto de reductores concéntricos y filtros. Por este motivo, en las líneas de vapor es preferible montar filtros con cesta horizontal.
- Purga inadecuada en las líneas de vapor.

La incidencia de los golpes de ariete será mayor si se forman bolsas o tapones de condensado en los puntos bajos del sistema de distribución de vapor, en zonas donde haya pandeo y donde estén mal utilizados los reductores concéntricos. Con el fin de minimizar las posibilidades de golpe de ariete, las líneas de vapor deben instalarse con una pendiente en la dirección del flujo y con puntos de drenaje a intervalos regulares y en los puntos bajos. Después de las trampas debe instalarse una válvula de retención que impida el paso de condensado en sentido inverso, lo cual inundaría las tuberías cuando se produjera una parada.

2.2.1.4 *Conexiones de Derivaciones*

Las derivaciones transportarán el vapor más seco, siempre que las conexiones tomen el vapor de la parte **superior** de la tubería principal. Si la toma es lateral, o peor aún, de la parte inferior (como se muestra en la figura 2.4) transportarán el condensado, comportándose como un pozo de goteo. El resultado de esta situación, generalmente es un vapor muy húmedo que llega a los equipos. La válvula de la figura 2.5 debe instalarse tan cerca como sea posible de la derivación, para así evitar que el condensado se deposite en el ramal cuando se producen paradas largas del sistema de transporte.

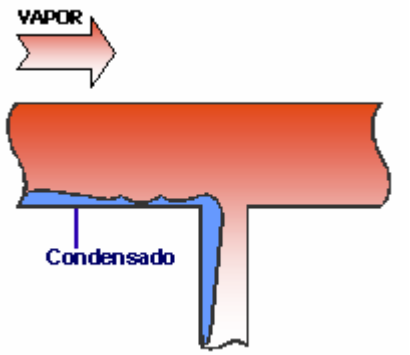

Fig. 2.4 Instalación incorrecta de derivación de línea de vapor [2]

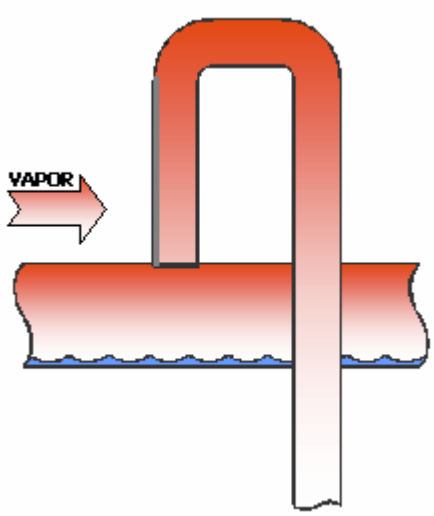

Fig. 2.5 Instalación correcta de derivación de línea de vapor [2]

En las derivaciones a equipos también hay puntos bajos. Lo más común es colocar un punto de purga cerca de una válvula de aislamiento o una válvula de control. El condensado se acumula delante de la válvula cerrada, y se introducirá con el vapor cuando la válvula se abra de nuevo. Consecuentemente, es aconsejable colocar un punto de purga con una trampa en ese lugar.

2.2.1.5 *Elevación del Terreno y Purga*

No es inusual que una línea de distribución discurra por un terreno con inclinación ascendente y no sea posible mantener el nivel de la tubería, con lo que el condensado se ve obligado a correr hacia abajo, a contracorriente con el vapor. Es prudente asegurarse que el tamaño de la tubería sea suficiente, en el tramo ascendente, para no reducir la velocidad a menos de 15 m/s. Asimismo, la distancia entre puntos de purga debe reducirse a no más de 15 m. El objetivo es evitar la película de condensado en la parte inferior de la tubería, que iría aumentando en espesor hasta el punto en que el vapor arrastre gotas de condensado.

2.3. TIPOS DE TRAMPAS PARA VAPOR

Hay cuatro grupos principales de trampas para vapor:

Grupo Termostático

Este tipo identifica el vapor y el condensado mediante la diferencia de temperatura, la cual opera sobre una válvula termostática. El condensado debe enfriarse por debajo de la temperatura del vapor antes de ser eliminado.

Grupo Mecánico

Las trampas de este tipo funcionan por la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado. El movimiento de una boya o una cubeta actúa sobre la válvula.

Grupo Termodinámico

Este grupo de trampas funcionan por la diferencia de velocidad entre el vapor y el condensado. La válvula consiste en un disco que cierra con la alta velocidad del vapor y abre con la baja velocidad del condensado.

Grupos Diversos

Este grupo reúne las trampas que no pueden ser colocadas en una de las clasificaciones anteriores.

2.3.1 Grupo Termostático

2.3.1.1 *Trampas del Tipo de Presión Balanceada*

La figura 2.6 muestra esquemáticamente el elemento esencial de un purgador de presión equilibrada. Se trata de una cápsula, o elemento termostático, llena de un líquido con punto de ebullición algo inferior al del agua.

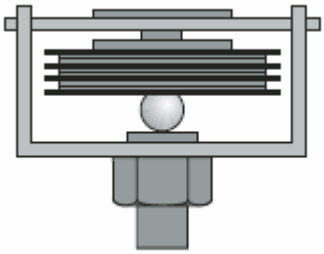

Fig. 2.6 Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Presión Balanceada [3]

Cuando el conjunto está frío, el elemento esta contraído, y la bola de cierre no se apoya sobre el asiento. En esta situación, el aire es expulsado con facilidad del sistema. El condensado frío que sigue al aire descarga de la misma manera. A medida que el condensado se va calentando se va transfiriendo calor a la mezcla alcohólica

que llena el elemento. Antes de que el condensado alcance la temperatura de la mezcla alcohólica, dicho condensado alcanza su punto de ebullición. Tan pronto como empieza a hervir, se produce vapor de alcohol que hace aumentar la presión interna del elemento. Esta presión es superior a la que hay en el cuerpo del purgador, con lo que la lámina superior tiende a acercarse a la inferior llevando la bola hacia el asiento en el que se apoya. La trampa ha cerrado, con lo cual el vapor que sigue al condensado no puede escapar. Cuando el condensado que llena al cuerpo de la trampa se enfría por radiación, también lo hace la mezcla alcohólica del interior del elemento. Con ello disminuye la presión que mantiene la válvula cerrada. Las dos láminas vuelven a separarse y la válvula abre. El condensado mas frío se descarga y se puede reiniciar el ciclo.

La presión de trabajo no afecta la operación de la trampa, puesto que lo que actúa, y se mantiene prácticamente constante, es la diferencia entre la presión interior y la exterior del elemento termostático, la cual sólo es función de la diferencia de temperatura entre el vapor y el condensado.

Si se pretende que la trampa abra a una temperatura muy poco por debajo de la de saturación, por inercia en la transmisión de calor, cerraría cuando ya se estuviera perdiendo vapor.

Como es conocido, la temperatura del vapor aumenta con la presión, con lo cual la trampa de presión balanceada se ajusta automáticamente a cualquier variación de presión. Cuanto mayor sea la presión de vapor, mayor será la presión en la zona del elemento termostático que provoca el cierre de la trampa.

Ventajas de las Trampas del Tipo de Presión Balanceada

Las trampas termostáticas de presión balanceada son pequeñas, livianas y tienen una gran capacidad en comparación con su tamaño. La válvula está completamente abierta en el arranque, permitiendo libremente la descarga de aire y proporcionando la

salida de condensado cuando es más necesario. Este tipo de trampa no está expuesta a congelarse a menos que haya luego un aumento del volumen del condensado que pueda inundar el purgador cuando no hay suficiente vapor.

La trampa termostática de presión balanceada se autoajusta a variaciones en la presión del vapor, hasta el valor máximo de su diseño.

Su mantenimiento es fácil, el elemento y la válvula de asiento se pueden reemplazar y reponer en pocos minutos sin sacar la trampa de la línea de operación.

Desventajas de las Trampas de Tipo de Presión Balanceada

La mayor robustez del elemento termostático en relación a los que se habían utilizado antes (fuelle de bronce o de acero inoxidable) hacen que no presenten grandes inconvenientes frente a condensados corrosivos y que puedan tolerar golpes de ariete de pequeña magnitud y vapor ligeramente recalentado. En ambos casos, lo que sucede es que las dos láminas se pegan y resisten con cierta facilidad sin llegar a deformaciones permanentes.

Como todos los purgadores termostáticos, el de presión balanceada no abre hasta que la temperatura del condensado está un cierto número de grados por **debajo** de la del vapor (la diferencia de temperatura exacta es función de la mezcla alcohólica usada en el elemento). Esto es una desventaja si hay que usar la trampa para una aplicación en la que no se puede tolerar el anegado del espacio destinado a vapor.

2.3.1.2 *Trampas del Tipo de Expansión Líquida*

Una trampa popular de expansión líquida es la que se muestra esquemáticamente en la figura 2.7. Opera por la expansión y contracción de un termostato lleno de líquido, el cual responde a la diferencia de temperatura entre el vapor y el condensado.

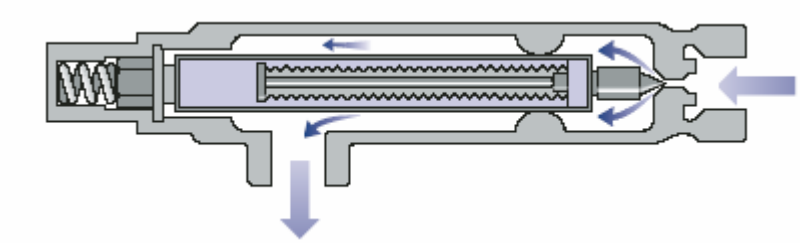

Fig. 2.7 Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Expansión Líquida [4]

Cuando no hay vapor, el aire y el condensado salen a través de la válvula abierta. El elemento termostático está lleno de aceite, el cual está en contacto con el pistón de movimiento libre. En un extremo de la varilla central del pistón se fija la válvula. Cuando la temperatura del condensado que pasa a través de la trampa aumenta, el calor se transmite al aceite, con lo que se expande. Esta expansión actúa sobre el pistón, y la válvula es empujada lentamente hacia su asiento, reduciendo progresivamente el flujo de condensado. El purgador se regula para que cierre completamente antes de que salga vapor.

Si se forma condensado de un modo continuo y a velocidad constante, la válvula quedará en una posición fija, para así permitir la salida de este condensado. Si la cantidad de condensado aumenta, llenará la tubería previa a la válvula y la enfriará. Este enfriamiento contraerá el aceite y la válvula retrocederá de su posición, permitiendo salir un volumen mayor de condensado. Por el contrario, si llega menos condensado a la trampa, la misma estará a mayor temperatura debido a la proximidad del vapor. Esta mayor temperatura causará la expansión del aceite, y la abertura del orificio de la válvula se reducirá consecuentemente. Estas trampas se pueden ajustar mediante la tuerca, acercando o alejando la válvula de su asiento, para que cierre a la temperatura deseada (dentro del margen de presión de la trampa) en función de las necesidades del equipo que debe ser drenado. Normalmente el ajuste de descarga es de 100°C o menor.

Ventajas de las Trampas del Tipo de Expansión Líquida

Las trampas de expansión líquida se pueden ajustar para descargar a muy bajas temperaturas. Esta característica puede reducir el consumo de vapor en aplicaciones en las que se puede tolerar un cierto anegamiento del espacio destinado a vapor.

Igual que la trampa de presión balanceada, la de expansión líquida está totalmente abierta cuando se enfría, produciendo una descarga de aire correcta y una descarga de condensado máxima en los arranques. Es un tipo de trampa que no se puede congelar a menos que quede llena de condensado por un aumento de nivel en la tubería de salida.

Este tipo de trampa se puede utilizar con vapor sobrecalentado y puede soportar vibraciones y golpes de ariete.

Desventajas de las Trampas del Tipo de Expansión Líquida

Si la presión del vapor en el purgador está sujeta a variaciones importantes y rápidas, el elemento no responde a los cambios tan rápidamente como la trampa de presión balanceada, puesto que descarga a una temperatura constante independientemente de la presión.

El tubo flexible del elemento se puede ver afectado por condensado corrosivo. Puesto que la trampa de expansión líquida descarga condensado a temperatura de 100°C o inferior, no debe ser utilizado en aplicaciones que requieran una eliminación inmediata del condensado.

2.3.1.3 *Trampas del Tipo de Expansión Metálica*

El principio de operación de este tipo de trampa es muy similar al tipo de expansión líquida. La diferencia es que el movimiento de la válvula se obtiene por la expansión de una varilla metálica, en lugar de un elemento lleno de aceite.

La cantidad de movimiento que se obtiene por variación de un grado de temperatura en una varilla metálica es mucho menor que en el caso del aceite. Por esta razón, las trampas del tipo de expansión metálica no son tan flexibles en su operación como las del tipo de expansión líquida. Con el fin de obtener un movimiento apreciable, la varilla metálica debería tener un metro de longitud. El desmesurado tamaño de la trampa resultante ha provocado que no se utilice.

2.3.1.4 *Trampas del Tipo Bimetálico*

En este tipo de trampa, el movimiento de la válvula se obtiene por el pandeo de una lámina compuesta por dos metales que se dilatan una cantidad diferente cuando se calientan. Si dos láminas delgadas o dos discos de dos metales, convenientemente elegidos, se unen y a continuación se aumenta la temperatura, toman una forma curva como se ilustra esquemáticamente en la figura 2.8.

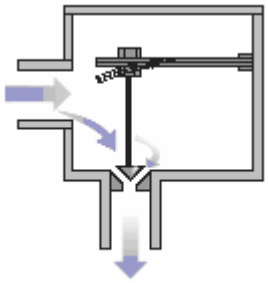

Fig. 2.8 Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo Bimetálico [5]

El metal que más se expande ocupa la parte externa de la curva. Cuando se enfría, se recupera la posición inicial.

La figura 2.8 muestra una trampa de vapor que utiliza una sola placa bimetálica. Un extremo de la misma está fijado al cuerpo de la trampa, mientras que el otro está conectado a la válvula. Aire y condensado pasan libremente a través de la válvula abierta, hasta que el elemento bimetálico se aproxima a la temperatura del vapor. Cuando la alcance, el extremo libre se curvará hacia abajo y cerrará la válvula. La trampa continuará cerrada hasta que el cuerpo se llene de condensado, suficientemente frío, que permita al elemento bimetálico recuperar la posición inicial y abrir la válvula. Hay que tener en cuenta dos puntos importantes respecto a esta trampa bimetálica: En primer lugar, el bimetal se curva a cierta temperatura fija, de tal manera que la trampa abre y cierra a una temperatura determinada independientemente de las presiones del vapor (y por tanto de sus temperaturas) en la planta. En la práctica esto se cumple sólo aproximadamente por cuanto hay una influencia de la presión sobre la válvula.

En segundo lugar, cuando la válvula de la figura 2.8 apoya en su asiento, la presión de vapor en el interior del purgador actúa para mantenerla cerrada contra el esfuerzo del bimetal. Mientras que el bimetal no encuentra ninguna oposición para cerrar la válvula, cuando se expande por calentamiento, tiene más dificultades para abrir de nuevo una vez ya cerrado. **Esto significa que el condensado debe enfriarse considerablemente antes de que la válvula pueda abrir, con el anegado parcial que ello provoca**. Además, puesto que la fuerza ejercida por un simple elemento bimetálico es bastante pequeña, se debe utilizar una cantidad importante de bimetal, lo que implica lentitud en la reacción frente a cambios de temperatura tanto para abrir como para cerrar la válvula. Para dar suficiente movimiento a la válvula, al bimetal se le da la forma de una lámina larga a la que se le dan a su vez diferentes curvaturas, con el objeto de reducir el espacio necesario para contenerla.

Cuando por ejemplo, esta trampa va conectada a un sistema de vapor con una presión relativa de 7 bar y se ajusta para que la válvula cierre en el instante en que el vapor llega al elemento, el condensado alcanza la trampa, y se acumula en el cuerpo, ya que

no puede escapar al encontrar la válvula cerrada. La transferencia de calor de la trampa al aire que la rodea provoca que el condensado y el bimetal se **enfríen** gradualmente hasta que el elemento se contraiga y abra la válvula, permitiendo la salida de condensado. Cuando el vapor alcanza nuevamente la trampa, el elemento se dilata, la válvula se cierra, y se repite el ciclo. Sin embargo, si el equipo produce una cantidad constante de condensado, la trampa podrá tomar una posición que le permita una descarga continua de condensado a una temperatura por debajo de la de saturación del vapor a 7 bar relativos. Con este ejemplo, se comprende que la operación de la trampa será satisfactoria siempre que haya una longitud de tubo **antes de la misma,** enfriando así el condensado sin anegar el espacio destinado al vapor.

Ventajas de las Trampas del Tipo Bimetálico

Las trampas bimetálicas generalmente son pequeñas en tamaño y, sin embargo, tienen una gran capacidad de descarga de condensado. La válvula está completamente abierta cuando la trampa esta fría, lo cual le da una capacidad de drenaje del aire y del condensado en los arranques, que es cuando más se necesita.

Con un diseño adecuado del cuerpo y una descarga libre de condensado a la salida, este tipo de trampa no se congela aún trabajando a la intemperie. Los cuerpos de algunas trampas bimetálicas se diseñan para que no sufran ningún daño en el caso de que se produzcan congelamientos.

Las trampas bimetálicas se pueden construir de tal forma que resistan golpes de ariete, condensados corrosivos, presiones elevadas y vapor sobrecalentado.

Los elementos bimetálicos pueden trabajar en un rango amplio de presión sin necesidad de variar el orificio de la válvula, aunque se puede necesitar ajuste en la posición de la misma. Si la válvula está a la salida del orificio del asiento, actuará como retención y evitará flujo inverso a través de la trampa.

El condensado se descarga a una temperatura **por debajo** de la del vapor, lo cual significa que parte de la entalpía de saturación de agua se puede transferir al equipo, siempre que se pueda tolerar el anegado de una parte del espacio destinado al vapor.

El mantenimiento de este tipo de trampa no presenta problemas, puesto que las partes internas se pueden reemplazar sin separar el cuerpo de la línea.

Desventajas de las Trampas del Tipo Bimetálico

En general, las trampas bimetálicas no responden con rapidez a los cambios de caudal o presión, puesto que el bimetal tiene una reacción relativamente lenta a las variaciones de temperatura.

Como el condensado se descarga a una temperatura por debajo de la del vapor, habrá anegamiento del espacio destinado al vapor a menos que haya un tramo de tubería de enfriamiento suficientemente largo entre el equipo y la trampa. En general, el uso de trampas bimetálicas no es aconsejable en plantas de procesos en las que la eliminación inmediata de condensado es vital para alcanzar los máximos rendimientos.

Si hay contra-presión en la descarga de la trampa, el condensado deberá enfriarse más de lo normal antes de que abra la válvula. Se deberá ajustar la trampa teniendo en cuenta esta condición.

2.3.2 Grupo Mecánico

2.3.2.1 *Trampas del Tipo de Flotador Libre*

El ejemplo más simple de la trampa de flotador libre es como se muestra esquemáticamente en la figura 2.9. Cuando el condensado entra en el purgador a

través de “A” el nivel de agua aumenta y el flotador “B” se levanta de su punto de reposo “C”. Esto permite al condensado pasar libremente a través del orificio de la válvula “D”. Si el flujo de condensado disminuye, también lo hace el nivel de agua en el purgador y el flotador comienza a tapar la salida “D”.

Cuando se ha descargado todo el condensado, el flotador cierra completamente el orificio, evitando cualquier pérdida de vapor. La acción del flotador permite una descarga continua en función de la cantidad de condensado que llega a la trampa.

Ventajas de las Trampas del Tipo de Flotador Libre

La trampa de flotador libre necesita poco mantenimiento puesto que son pocas las partes que pueden dañarse.

Desventajas de las Trampas del Tipo de Flotador Libre

La figura 2.9 muestra que la salida “D” está más abajo que la entrada “A”. Esto proporciona un sellado con agua que impide la salida del vapor. Este sellado tiene un efecto negativo, puesto que impide la salida de aire del sistema a través de la válvula principal. Por esta razón, se debe instalar una válvula manual para la purga de aire.

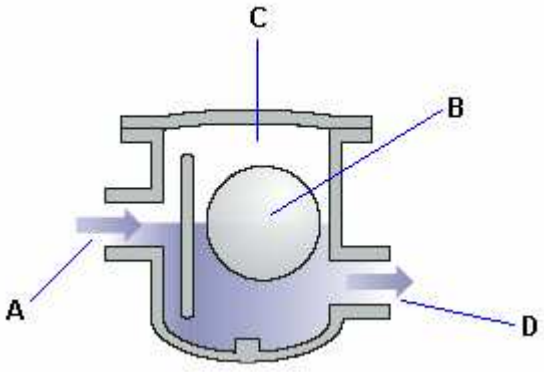

Fig. 2.9 Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Flotador Libre [6]

Otra desventaja, es que puede ser difícil obtener un buen asiento con el flotador, de tamaño importante, con respecto al pequeño orificio de salida.

2.3.2.2 *Tipo de Flotador y Palanca*

La figura 2.10 muestra esquemáticamente una trampa de flotador y palanca. El condensado entra al cuerpo de la trampa a través de la entrada “A”, y el flotador “B” sube a medida que aumenta el nivel del agua. La palanca “C” une el flotador de la válvula de salida “D”, la cual abre gradualmente a medida que el flotador sube. La posición de la válvula varía de acuerdo con el nivel del agua en el cuerpo de la trampa, dando una descarga continua de condensado para cualquier caudal que no sea superior a la capacidad máxima de la trampa.

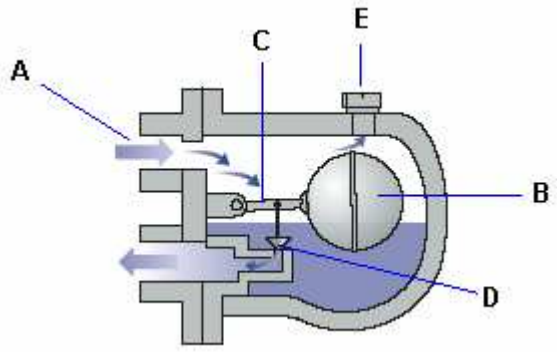

Fig. 2.10 Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Flotador y Palanca [7]

Si la carga de condensado disminuye y el vapor llega a la trampa, el flotador bajará hasta su posición inferior, apoyando la válvula firmemente en su asiento, impidiendo la salida del vapor.

El mayor inconveniente de esta trampa es que el aire no puede salir a través de la válvula principal en el arranque. A menos que se instale algún medio para eliminar este aire, el condensado no podrá llegar a la trampa, que se bloqueará. A veces se

instala una válvula manual “E” en la parte alta de la trampa, pero esta solución tiene la desventaja de que requiere operación manual cada vez que deja de llegar vapor a la trampa.

Una mejor solución es la que se muestra en la figura 2.11. El mecanismo del flotador es el mismo, pero la válvula manual ha sido reemplazada por un elemento automático “E”, de eliminación de aire. La válvula “F” está totalmente abierta cuando la trampa está fría, con lo que el aire descarga perfectamente en el arranque. Tan pronto como el vapor llega a la trampa, el elemento “E” se dilata y empuja la válvula “F” contra su asiento “G”, con lo cual el vapor no puede escapar. Si durante a operación entra aire a la trampa, quedará acumulado en la parte alta. Su efecto de enfriamiento provocará que el elemento termostático se contraiga, permitiendo la descarga de aire.

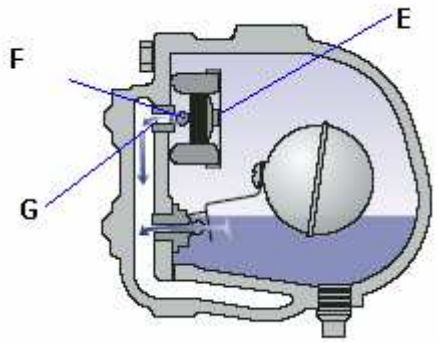

Fig. 2.11 Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Flotador y Palanca con elemento termostático [8]

Ventajas de las Trampas del Tipo de Flotador y Palanca

Este tipo de trampas proporciona una descarga continua de condensado a la temperatura del vapor. Ello hace que sea el tipo más indicado para aplicaciones en las que la transferencia de calor es importante en relación con el área disponible.

Puede descargar cantidades importantes o pequeñas de condensado con la misma efectividad y no se ve afectado por fluctuaciones súbitas e importantes de la presión.

Cuando lleva elemento termostático incorporado, la trampa descarga libremente.

Las trampas de flotador que incorporan el sistema de antibloqueo mediante válvulas de aguja son el único modelo utilizable cuando este fenómeno sea susceptible de aparecer.

Cuando se utiliza un control de temperatura modulante, el purgador debe ser capaz de descargar continuamente en un rango muy amplio de presiones diferenciales. Si se requiere una transferencia de calor importante, se debe utilizar un purgador que descargue el condensado inmediatamente, que sea un buen eliminador de aire y que sea fácil que se bloquee por vapor. No es deseable un purgador termostático, porque su temperatura de descarga por debajo de la de saturación puede provocar una retención de condensado precisamente cuando la válvula de control esté totalmente abierta y se requiera la máxima transferencia de calor.

Las trampas que tienen una descarga intermitente e importante, tales como las de balde invertido de gran tamaño, que se describirán más adelante, pueden dificultar el control preciso de temperatura, debido al cambio de presión que provocan en el espacio destinado a vapor cuando abren. Se nota más este efecto en plantas con una gran transferencia de calor en relación con su volumen.

La trampa más conveniente para aplicaciones de control de temperatura es la del tipo de flotador, equipada con eliminador de aire (y válvula de aguja para by-pass de vapor, si es preciso). Este tipo de trampa descargará condensado continua y suavemente a medida que se vaya formando sin afectar en lo absoluto la presión del vapor en la misma.

Con los nuevos elementos termostáticos se pueden tolerar condensado algo corrosivo y vapor ligeramente sobrecalentado.

Desventajas de las Trampas del Tipo Flotador y Palanca

Si hay riesgos de que se produzcan golpes de ariete, no es el purgador más indicado, ya que debido a su fragilidad puede dañarse el flotador.

Este tipo de trampas puede ser dañado por congelamiento y a su cuerpo aplicársele un aislamiento térmico, si está a la intemperie en lugares con temperaturas por debajo de cero.

Una desventaja común a todas las trampas mecánicas es que el tamaño del orificio de descarga es función de la potencia del flotador y de la presión del vapor, que se oponen. El esfuerzo proporcionado por el flotador es constante, con lo cual si la presión del vapor aumenta, el tamaño permitido para el orificio de descarga disminuye (el esfuerzo hacia arriba del flotador es contrarrestado por el esfuerzo hacia abajo que es igual al producto de la presión diferencial por la superficie del orificio de salida). En la práctica, las trampas mecánicas tienen diferentes tamaños de asiento de válvula para cada rango de presiones.

2.3.2.3 *Trampas del Tipo de Balde Abierto*

Un balde abierto por su parte superior puede sustituir al flotador para actuar sobre la válvula. Este balde flotará en el condensado cuando esté vacío, pero caerá por su propio peso cuando se llene de condensado. Una trampa de este tipo se muestra esquemáticamente en la figura 2.12.

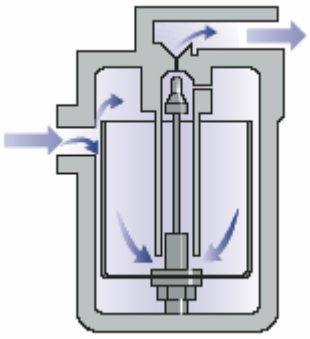

Fig. 2.12 Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Balde Abierto [8]

Ventajas de las Trampas del Tipo de Balde Abierto

Las trampas de balde abierto, en general, son robustas y se pueden utilizar para altas presiones y vapor sobrecalentado. Soportan los golpes de ariete y los condensados corrosivos mejor que la mayor parte de los otros tipos de trampas mecánicas y tienen un mecanismo tan simple que es difícil que se dañe.

Desventajas de las Trampas del Tipo de Balde Abierto

Puesto que el peso del balde determina el área de la válvula para una presión dada, ello implica que sólo se puede descargar condensado en un rango de presión determinado. Esta limitación mecánica provoca que este tipo de trampa tienda a ser grande y pesado en relación con su capacidad de descarga. Esta característica hace que sea poco usada.

No incorpora ningún mecanismo de purga de aire, por lo que ello únicamente se puede realizar mediante una válvula manual o un elemento termostático. Se puede practicar un pequeño agujero en la parte alta del tubo de descarga, para que el aire pueda salir libremente, pero si la cantidad de aire a descargar es importante, se recomienda un sistema complementario.

Este tipo de trampa puede dañarse por congelamiento y el cuerpo puede deteriorarse si queda lleno y a la intemperie.

2.3.2.4 *Trampas del Tipo de Balde Invertido*

Una trampa utilizada más comúnmente que la de balde abierto es la de balde invertido, mostrada esquemáticamente en la figura 2.13. En este tipo de equipo, la fuerza de operación la proporciona el vapor que entra al balde, haciéndolo flotar en el condensado que llena a la trampa.

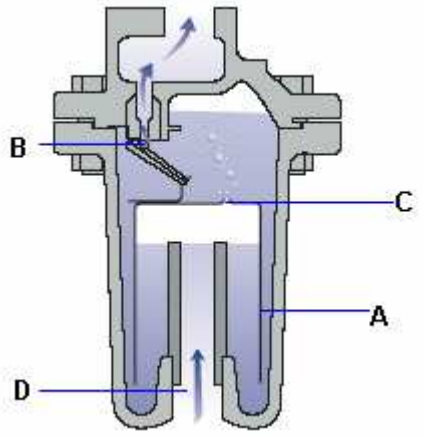

Fig. 2.13 Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo de Balde Invertido [8]

Cuando falta vapor en la planta, el balde “A” está en la parte baja de la trampa, y la válvula “B” está totalmente abierta. El aire descarga a través de un pequeño orificio “C” en la parte superior del balde. El condensado entra en la trampa por “D” y el nivel de agua aumenta tanto en el interior como en el exterior del balde. Este permanece en la parte inferior de la trampa, con lo que el agua puede pasar a través de la válvula abierta “B”.

Cuando el vapor llega a la trampa, entra en el balde y lo hace flotar, cerrando la válvula “B” mediante un sistema de palanca. El vapor contenido en el balde escapa lentamente por el orificio “C” y al mismo tiempo se va condensando.

Si sigue llegando vapor, la trampa permanece cerrada, pero si llega más condensado llega un momento en que el balde ya no puede flotar, vuelve a su posición inferior, la válvula abre y el condensado sale. Este tipo de trampa, realiza una descarga intermitente.

Ventajas de las Trampas del Tipo de Balde Invertido

La trampa de balde invertido se puede fabricar para resistir altas presiones y es utilizable con vapor sobrecalentado si se coloca una retención a la entrada. Resiste razonablemente condiciones de golpes de ariete y por su constitución mecánica es difícil que se averíe.

Desventajas de las Trampas del Tipo de Balde Invertido

El pequeño orificio ubicado en la parte superior del balde permite que se elimine el aire **muy lentamente**.

Tampoco se puede hacer un orificio excesivamente grande porque se perdería demasiado vapor durante la operación normal.

Siempre debe quedar agua suficiente en la trampa para que actúe como sello alrededor de la parte inferior del balde. Si la trampa pierde este sello de agua, el vapor saldrá directamente al exterior a través de la válvula. Esto puede suceder en aplicaciones en las que se produzca una caída importante de presión del vapor, con lo que el condensado contenido en el cuerpo de la trampa se revaporiza. El agua que queda en la trampa es empujada hacia afuera a través del orificio de entrada, hasta que el balde cede, abriendo a su vez la válvula. En estas circunstancias irá saliendo vapor hasta que llegue a la trampa una cantidad de condensado superior a la de agua y vapor que salen a través de la válvula abierta. Cuando esto ocurra se volverá a llenar el fondo del la trampa, restableciendo el sello.

Si se debe utilizar una trampa de balde invertido para una aplicación en la que hay que prever fluctuaciones importantes de presión, es necesario instalar una válvula de retención a la entrada de la trampa. Esta válvula evitará la pérdida de sello.

El exceso de temperatura del vapor sobrecalentado puede causar más fácilmente la pérdida de sello en la trampa de balde invertido. También en este caso la válvula de retención es esencial.

La trampa de balde invertido puede ser dañada por congelamiento si se instala a la intemperie. Como en los otros tipos de trampas mecánicas, un pequeño calentamiento puede ser suficiente para solucionar este problema si las condiciones no son demasiado severas.

2.3.3 Grupo Termodinámico

La construcción de la trampa del tipo termodinámico es extraordinariamente sencilla. En la figura 2.14 se representa esquemáticamente un modelo típico que consiste en un cuerpo “A”, un tapón “B” y un disco libre “C”. Este disco es la única pieza móvil de la trampa.

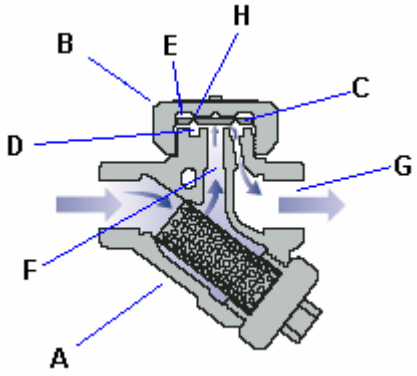

Fig. 2.14 Corte transversal de Trampas para Vapor del Tipo Termodinámico [7]

En la parte superior del cuerpo se fabrica mecánicamente una hendidura anular con unos resaltes interior “D” y exterior “E” que constituyen el asiento del disco.

Las caras del asiento y del disco se fabrican planas, con el fin de que éste asiente sobre el anillo interior y exterior al mismo tiempo. Por esta acción, la entrada “F” queda aislada de la salida “G”, lo cual es esencial si se quiere lograr un cierre total.

En el arranque, el aire y el condensado frío alcanzan la trampa y pasan a través del orificio de entrada “F”. El disco “C” es empujado hacia arriba hasta que se apoya en el resalte “H” del tapón. El aire y el condensado fluyen radialmente hacia el exterior a través del espacio comprendido entre los anillos de asiento “D” y “E” y descargan por el orificio “G”. La temperatura del condensado aumenta de una forma gradual y al descargar libremente se forma cierta cantidad de revaporizado. La mezcla resultante fluye por la parte inferior del disco. Así, debido a que el vapor tiene un volumen superior al del peso correspondiente de condensado, la velocidad de salida aumenta a medida que la temperatura del condensado aumenta y, por tanto, se va formando más cantidad de revaporizado.

Para entender mejor lo que sucede a continuación hay que recordar el teorema de Bernoulli, el cual establece que en un fluido en movimiento, la presión total es la misma en todos sus puntos. Esta presión total es la suma de la estática y de la dinámica. La estática es la que se puede medir con un manómetro, mientras que la dinámica es la que sería producida por las partículas del fluido si súbitamente se les parase con un obstáculo. La presión dinámica aumenta cuando lo hace la velocidad de las partículas.

Al aplicar este teorema a la trampa termodinámica se puede apreciar que la presión dinámica del revaporizado y condensado que fluyen debajo de disco aumenta a medida que su velocidad aumenta. Puesto que la presión total debe permanecer

constante, la presión estática disminuye al aumentar la dinámica. Como resultado de ello, el disco comienza a descender y se acerca a los anillos de asiento.

Al bajar, el revaporizado puede pasar entre el disco y el tapón de la trampa y entra en la cámara de control. Este revaporizado ejerce una presión estática sobre la totalidad de la superficie del disco. Cuando esta presión es suficiente para vencer la del fluido a la entrada, que actúa sólo en la parte central del disco, éste cae definitivamente y se apoya en los anillos de asiento, evitando cualquier flujo a través de la trampa.

El disco permanece firmemente apretado contra su asiento hasta que condensa el revaporizado de la cámara de control debido a la transferencia de calor a la atmósfera y al cuerpo de la trampa. Con esto disminuye la presión que actúa sobre la parte superior del disco, permitiendo que sea empujado de nuevo por la presión de entrada. Si no hay condensado a descargar, una pequeña cantidad de vapor vivo entrará a la cámara de control y volverá a cerrar el disco muy rápidamente. En la práctica esto no sucede, porque el tiempo que transcurre hasta que la presión en la cámara de control baja lo suficiente para permitir la reapertura es bastante largo y el condensado llega holgadamente a la parte inferior del disco.

La trampa tiene tres orificios de paso que conducen desde la hendidura comprendida entre los dos anillos de asiento hasta la conexión de salida. Cuando la trampa descarga, hay un flujo simétrico de condensado hacia el exterior desde el centro del disco. Esto garantiza que permanezca paralelo a su asiento durante la fase de descarga, evitando problemas de desgastes diferenciales causados por la inclinación que se produce en modelos con un solo orificio de salida.

Ventajas de las Trampas del Tipo Termodinámico

Las trampas termodinámicas operan dentro de su margen de presiones sin ajustes o cambios del tamaño de válvula.

Son compactas, simples, livianas y tienen una gran capacidad de descarga de condensado en comparación con su tamaño.

Este tipo de trampa pude ser utilizado con presiones elevadas y vapor sobrecalentado y no la averían los golpes de ariete o las vibraciones. Al ser construidas en acero inoxidable presentan un alto grado de resistencia a los condensados corrosivos.

No se averían por los congelamientos y en ningún caso se congelará si se instala en un plano vertical y descargando libremente a la atmósfera. Sin embargo, la operación en esta posición implica un desgaste del contorno del disco.

Puesto que la única parte móvil es el disco, se puede efectuar fácilmente el mantenimiento sin sacar la trampa de la línea.

El disco evitará el retorno de condensado, por lo que no necesita válvula de retención.

Desventajas de las Trampas del Tipo Termodinámico

Las trampas termodinámicas no trabajan correctamente con la presión de entrada baja o presión de descarga elevada. En ambos casos, la velocidad a través de la parte inferior del disco será baja o insuficiente y no provocará suficiente depresión.

Puede descargar gran cantidad de aire en el arranque, si la presión de entrada aumenta lentamente. Sin embargo, un aumento rápido provoca velocidad suficiente en el aire para cerrar la trampa, igual que lo hace el vapor. En estos casos debe instalarse en paralelo un purgador termostático eliminador de aire.

Si la trampa está expuesta a temperaturas ambiente muy bajas, el revaporizado de la cámara de control obviamente se condensará más rápidamente de lo normal. Ello

causará una apertura y cierre del disco más frecuente, provocando un desgaste excesivo y acortando la vida de la trampa.

La operación del disco es ruidosa.

2.4 SELECCIÓN DE UNA TRAMPA DE VAPOR

Para la correcta selección de una trampa de vapor es necesario responder las siguientes preguntas: [9]

- ¿Se debe descargar el condensado tan pronto como se forma?
- ¿La línea de retorno de condensado está a un nivel mayor que el equipo que se purga?
- ¿Hay riesgo de golpe de ariete en la línea?
- ¿Hay vibraciones o movimientos excesivos en el equipo?
- ¿Contiene el condensado alguna substancia corrosiva?
- ¿Está la trampa instalada a la intemperie?
- ¿Se utiliza vapor sobrecalentado?
- ¿Hay cantidades importantes de aire?
- ¿Hay posibilidad de bloqueo por vapor?
- ¿Comprende la instalación diversas unidades calentadas por vapor?

2.4.1 Anegamiento por Condensado

Es deseable y muchas veces imprescindible, descargar el condensado tan pronto como se forma, ya que se obtiene una transferencia de calor más importante si se mantiene el contacto del vapor con la superficie de transferencia de calor.

Las trampas del tipo mecánico son las idóneas para aplicaciones que requieran una rápida eliminación de condensado. Las del tipo termostático no drenan condensado hasta que éste se ha enfriado una cantidad de grados por **debajo** de la temperatura del vapor, con lo que se produce un cierto anegamiento del espacio destinado a éste. Sin embargo, en algunas ocasiones el anegamiento puede ser aceptable o incluso deseable.

2.4.2 Elevación del Condensado

La velocidad a la cual la rampa puede descargar el condensado depende del tamaño del orificio de la válvula y de la presión diferencial o de la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la trampa.

Por cada 0.11 bar (11KPa) de presión de vapor en la trampa, el condensado puede ser elevado a una altura próxima a 1m. Para elevar el condensado, la trampa debe ser de un tipo en el cual todo el cuerpo esté sometido a la presión total del vapor.

Las trampas se pueden instalar en la parte baja o en la parte superior de la tubería ascendente, según las necesidades de cada instalación en especial. Hay ocasiones en las cuales no es posible instalar trampas en la parte inferior debido a la disposición del equipo.

2.4.3 Golpe de Ariete

Las gotas de condensado se van depositando en el fondo, pudiendo formar eventualmente una barrera compacta que es arrastrada a gran velocidad a lo largo de la tubería. Cuando este condensado encuentra un obstáculo, tal como un cambio de dirección de la tubería, será frenado súbitamente. La energía cinética del condensado a alta velocidad se convierte en energía de presión que es absorbida por la tubería. Si

la velocidad es muy alta o el peso del condensado importante, la cantidad de energía liberada puede ser suficiente para romper un elemento de la instalación.

Las líneas de vapor deben instalarse con una pendiente en dirección al flujo y con puntos de drenaje instalados a intervalos regulares y en los puntos bajos. Después de las trampas deben instalarse válvulas de retención que impidan el paso de condensado en sentido inverso, que inundaría las tuberías cuando se produjera una parada.

2.4.4 Vibraciones

La mayor parte de los procesos y equipos de calefacción no están sujetos a vibraciones excesivas, con lo que este factor raramente tiene influencia en la selección de la trampa. Sin embargo, esto no es así en algunas aplicaciones tales como: bombas, martillos acondicionados con vapor, equipos instalados en barcos y otros. Indudablemente la mejor opción de trampas en estas condiciones es la del tipo termodinámico.

La parte móvil es el disco de acero inoxidable que no se ve afectado ni siquiera por vibraciones severas. Si el movimiento no es excesivo, también se pueden utilizar trampas termostáticas de expansión líquida. Las vibraciones casi siempre van acompañadas de golpes de ariete, debido a la imposibilidad de efectuar un trazado adecuado puesto que se dispone de poco espacio.

2.4.5 Condensado Corrosivo

El agua no es suficientemente pura para poderla usar directamente en la alimentación de una caldera, sin algún tipo de tratamiento previo. Cuando la concentración de gases aumenta, estos pueden disolverse en el condensado, convirtiéndolo en corrosivo. Si la caldera produce arrastres e impurezas sólidas, éstas se verán introducidas en la instalación y consecuentemente, una buena parte de ellas irán a

parar al condensado. Otras fuentes de corrosión tienen relación con procesos en los que el vapor y el condensado pueden entrar en contacto con la sustancia a calentar. En ciertos procesos se ha de inyectar vapor vivo directamente a fluidos de naturaleza corrosiva.

2.4.6 Congelamiento

En este respecto, quizás la mejor solución la constituyen las trampas termodinámicas, puesto que no son dañadas por el congelamiento.

2.4.7 Sobrecalentamiento

En relación con el efecto del vapor sobrecalentado sobre las trampas, hay dos puntos importantes a tener en cuenta:

- Las temperaturas de sobrecalentamiento pueden ser muy altas.
- Estas temperaturas no guardan ninguna relación con la presión del vapor.

Las trampas que se usan con vapor sobrecalentado se construyen con materiales que resisten tanto a la presión como a la temperatura. Las trampas termodinámicas y las bimetálicas son las que se utilizan normalmente. Con las trampas de balde invertido existe el riesgo de que el sello de agua alrededor del lado abierto del balde se evapore con el sobrecalentamiento. Esto se puede evitar instalando una válvula de retención a la entada de la trampa.

2.4.8 Bloqueo por Aire

En los períodos de paro, el sistema de vapor se llena de aire. Además, durante el funcionamiento, el vapor arrastra consigo aire y fluidos incondensables. Lo cual agrava los problemas de corrosión, además de que puede afectar negativamente el

rendimiento del equipo. Cuando se arranca una planta, todo el aire que ha llenado el sistema durante la parada debe ser eliminado lo más rápido posible. El vapor empuja el aire hacia la trampa, donde es descargado. Por esta razón, si la trampa no elimina el aire fácilmente, ello se debe solucionar con alguna instalación especial.

Todas las trampas del tipo termostático están completamente abiertas cuando están frías y permiten que el aire descargue libremente en los arranques como cuando llega el aire a la trampa en marcha normal. La instalación de un eliminador termostático de aire en el interior de las trampas de flotador, garantiza que éstas también se comportarán correctamente en presencia de aire y fluidos incondensables .

2.4.9 Bloqueo por Vapor

El bloqueo de las trampas por vapor es una causa frecuente de la operación ineficaz de un equipo y, sin embargo, es un fenómeno bastante ignorado. Imaginemos por un momento que una tubería no está llena de vapor sino de aire, pero con la trampa cerrada. Aunque la presión de trabajo es de 3 bar relativo, la diferencia de presión entre el punto de drenaje y la trampa es muy pequeña, es sólo debida a los pocos centímetros de diferencia de nivel. Por esta razón, todo el condensado que se forme deberá llegar a la trampa por gravedad, con la dificultad que genera el que toda la tubería esté llena de aire. Lo mismo sucede cuando la tubería está llena de vapor, fenómeno que se conoce como bloqueo de vapor. Una solución puede ser que la tubería de descarga del sistema fuese de gran diámetro. Pero habría que colocar en el equipo una conexión de salida del mismo diámetro que la tubería de descarga, pues el estrangulamiento provocado por una conexión de pequeño diámetro causaría sello de vapor en ese punto.

2.4.10 Trampeo en Grupo

A manera de ejemplo, se considerarán dos unidades calentadas por vapor A y B, situadas una junto a la otra, y que trabajan a presiones de 0.4 y 7 bar relativos respectivamente. El drenaje de cada unidad se comunica con el de la otra y ambas van a un tramo común en el que se instala una trampa. La mayor presión de la unidad B garantiza que el condensado que se forme alcanzará fácilmente la trampa para ser descargado. Cuando llegue vapor a la trampa se cerrará.

Este vapor llegará antes que el condensado de la unidad A debido a la diferencia de presión, por lo que esta segunda unidad quedará anegada. Si el conjunto de unidades trabajan a la misma presión, no se tendrá este problema.

2.5 DIMENSIONAMIENTO DE LAS TRAMPAS PARA VAPOR

Los beneficios de la selección correcta del tipo de trampa para vapor se pueden perder si éstas no se dimensionan adecuadamente. Es una práctica a eliminar elegir el tamaño de la trampa en función del diámetro de la tubería a la que va conectada. Para dimensionar una trampa, se necesita conocer la cantidad de condensado a descargar, en función del tiempo. Los fabricantes de equipos calentados con vapor ofrecen datos confiables de las tasas de condensado de sus aparatos. Si no se dispone de esta información, es necesario recurrir al cálculo teórico o a la medida real del condensado producido. Se sabe que el vapor condensará más rápidamente en el arranque cuando el sistema está frío. Por esta razón es una práctica común dimensionar la trampa para descargar el doble del condensado existente en operación normal. Una trampa subdimensionada causa anegamiento cuando menos se puede tolerar.

2.5.1 Presión de Vapor y Capacidad de las Trampas para Vapor

Se sabe que para que una trampa funcione, la presión a la entrada debe ser superior a la presión de salida. La cantidad de condensado que puede descargar una trampa viene determinado por los siguientes tres factores: [10]

- Presión diferencial
- Tamaño del orificio de descarga de la trampa
- Temperatura del condensado

2.5.1.1 *Presión Diferencial*

La cantidad de condensado que puede descargar una trampa aumenta cuando lo hace la presión diferencial (diferencia entre la presión de entrada y la presión de salida de la trampa). En otras palabras, la capacidad de una trampa que descargue a la atmósfera y que está alimentada con vapor a 5 bar será mayor que la de la misma trampa alimentada con 2 bar. Sin embargo, la capacidad no aumenta en proporción directa a la presión. No es correcto suponer que la presión a la entrada de la trampa es aquella a la que se produce el vapor, puesto que las pérdidas de carga en el equipo casi siempre provocan que la presión del vapor en la trampa sea menor que la suministrada al equipo. Si una trampa descarga el condensado a la atmósfera, la presión de salida será la atmosférica; con lo que la presión diferencial coincidirá con la presión relativa indicada por un manómetro que se sitúe a la entrada de la trampa. Sin embargo, si la trampa descarga en una tubería presurizada hay que averigüar la diferencia entre las dos presiones (entrada y salida). Lógicamente, en este segundo caso se generará una reducción del volumen manejable de condensado.

2.5.1.2 *Tamaño del Orificio de Descarga*

El tamaño del orificio de descarga no sólo determina la capacidad de la trampa sino que, a menudo, fija la presión diferencial máxima a la que puede trabajar. Como se ha indicado al describir los tipos de trampas, la mayor parte de ellas tienen la válvula por el lado de alta presión. Sólo se exceptúan algunas trampas bimetálicas que actúan por el lado de salida del asiento. En el caso de trampas con la válvula del lado de alta presión, ésta se mantiene apoyada contra su asiento debido a la presión diferencial. Según el tipo de trampa en cuestión, el elemento termostático, el flotador o el balde, deberán ejercer fuerza para separar la válvula de su asiento venciendo el esfuerzo debido a la presión. En cualquier trampa (excepto para las que tienen válvula de corredera) este esfuerzo es de una magnitud fija y conocida para cada presión.

Si el esfuerzo que puede realizar el elemento termostático, flotador o balde es **inferior** a este producto de la presión diferencial por el área del orificio de la válvula de salida, la trampa nunca llegará a abrir. Por esta razón, a cada presión diferencial corresponde un orificio máximo a considerar para que la trampa funcione. En el caso de las trampas con las válvulas del lado de la salida, la situación es distinta. En ese tipo, la presión del vapor tiende a abrir la válvula, con lo que si el elemento bimetálico no tiene la fuerza suficiente, la trampa puede quedar permanentemente abierta.

2.5.1.3 *Temperatura del Condensado*

La capacidad de una trampa no se debe basar en la cantidad de agua fría que puede descargar, a una presión diferencial. El condensado que llega a una trampa está a una temperatura que, en general, supera a la de ebullición a presión atmosférica. Por ello, cuando sale de la trampa y encuentra una presión más baja, se genera una cierta cantidad de vapor (revaporizado o vapor flash). Este vapor tiende a ocupar una parte importante del orificio de salida, reduciendo su área efectiva. A medida que la

temperatura del condensado aumenta, también lo hace la cantidad de revaporizado que se forma, con lo que disminuye la capacidad de descarga de la trampa.

2.5.1.4 *Eliminación de Fugas en la Trampa*

La eliminación de fugas visibles es fácil y necesaria. También deben eliminarse las fugas invisibles de las trampas que pierden vapor, aunque se trata de una tarea más complicada. De nada sirve haber proyectado e instalado un buen sistema de vapor si no se mantiene el mismo nivel de eficiencia a lo largo del tiempo. Con demasiada frecuencia se admiten como normales fugas excesivas tanto en el sistema de vapor como en el de condensado.

2.6 DETECCIÓN DE AVERÍAS EN LOS PURGADORES

A continuación se resumen las situaciones más frecuentes de averías en los distintos tipos de purgadores.

2.6.1 Purgador Termodinámico

Síntoma: La trampa pierde vapor

Se aconsejan las siguientes acciones:
Ver si se trata de suciedad. Limpiar el filtro, el disco y el asiento. Si no mejora, es probable que se hayan deteriorado las superficies del asiento y el disco. En este caso se pueden tomar las siguientes acciones adicionales:

a. Mandar la trampa al fabricante para que lo repare
b. Limpiar el asiento y el disco según instrucciones del fabricante
c. Cambiar el asiento y disco si la trampa es del tipo de asiento recambiable

Si la estadística dice que los purgadores termodinámicos en un punto determinado se desgastan con rapidez, hay que sospechar que ó bien están subdimensionados, ó la tubería en que van montados tiene insuficiente diámetro, ó la contrapresión es excesiva.

Síntoma: La trampa no descarga condensado.

Puede ser debido a un bloqueo por aire, particularmente si el problema se presenta en un arranque. Hay que verificar la purga de aire de la planta en general. En casos extremos, puede ser necesario instalar un eliminador de aire en paralelo con la trampa o utilizar, como por ejemplo, un purgador de boya cerrada con elemento termostático en lugar de una trampa termodinámica.

2.6.2 Trampa Termostática de Presión Balanceada

Síntoma: El purgador pierde vapor.

Se aconseja tomar las siguientes acciones:
Aislar la trampa y dejar que se enfríe antes de verificar si se ha depositado suciedad en la válvula. Si el asiento se ha erosionado, se deben cambiar todas las partes interiores, incluido el elemento termostático, puesto que el original se puede haber distendido por el paso continuo del vapor.

Si la válvula y asiento están en buen estado hay que evaluar el elemento termostático. Una vez frío no se le puede comprimir. Si se observa blando es señal de que está roto. Si las ondulaciones están algo aplanadas indica que ha habido daño por golpes de ariete. Si éstos no se pueden eliminar, hay que instalar una trampa de otro tipo más robusto.

Síntoma: La trampa no descarga condensado.

Probablemente el elemento se habrá extendido excesivamente, por una presión interior muy alta, y no puede levantar la válvula de su asiento. La deformación se puede haber producido por sobrecalentamiento o por apertura de la trampa aún muy caliente y antes de que haya condensado el vapor contenido por el fuelle.

2.6.3 Trampa Termostática de Expansión Líquida

Síntoma: La trampa pierde vapor.

Se sugiere tomar las siguientes acciones:
Verificar si hay suciedad o erosión en la válvula y asiento. Si hay erosión, se deben cambiar todos los componentes interiores. Se ha de recordar que este tipo de purgador no se ajusta cuando hay variaciones de presión. Si ha sido diseñado para que cierre a presión alta no lo hará a presiones bajas. Por esto, si el purgador pierde vapor hay que tratar de diseñarlo para presiones más bajas, vigilando que no se produzcan retenciones excesivas de condensado. Si no reacciona con la temperatura, hay que cambiar todos los componentes interiores.

Síntoma: La trampa no descarga condensado.

Se debería verificar que el ajuste del cierre no se haya realizado para una temperatura demasiado baja.

2.6.4 Trampa Termostática Bimetálica

Síntoma: La trampa pierde vapor.

Como en los otros casos, se debe revisar que no haya suciedad ni erosiones en la válvula. Puesto que la presión que puede ejercer el bimetal es limitada, el esfuerzo puede no ser suficiente para apretar la válvula contra su asiento si hay suciedad depositada.

Este tipo de trampa se suministra con un ajuste determinado que se puede ver afectado si la tuerca de ajuste se mueve. Se debe verificar que este defecto no ha ocurrido.

Si las acciones antes sugeridas no tienen ninguna el efecto anticipado, hay que cambiar todos los elementos internos.

Síntoma: La trampa no descarga condensado.

Los purgadores bimetálicos tienen la válvula en el lado de salida, por lo que si algo tiende a suceder es a averiarse en posiciones de apertura. Si no descargan condensado es que o están muy descalibrados o hay obstrucción en la válvula o en el filtro.

2.6.5 Trampa de Balde Abierto

Síntoma: La trampa pierde vapor.

Se deben tomar las siguientes acciones:
Ver si hay suciedad que impide el cierre correcto en la válvula o en el termostato. Si hay válvula antibloqueo por vapor, verificar que no haya quedado excesivamente abierta (un cuarto de vuelta es, en general, más que suficiente).

Comprobar que la palanca que lleva la válvula no se ha desalineado debido al funcionamiento brusco o golpes de ariete, lo cual podría impedir el cierre correcto. Se debe verificar que el balde baja hasta su posición inferior, sin rozar con el cuerpo de la trampa. Si no fuese así, podría quedar la válvula abierta. La comprobación del elemento termostático debe efectuarse como en las trampas de este tipo.

Los elementos interiores deben cambiarse todos de una vez tal como están agrupados en los recambios suministrados por el fabricante.

Síntoma: La trampa no descarga condensado.

Se debe verificar que la presión diferencial máxima de funcionamiento, marcada en la trampa, no sea inferior que la de funcionamiento real. Si es así, la válvula no puede abrir y hay que instalar el asiento del diámetro adecuado.

Se debe comprobar que los caudales que se desean descargar coincidan con los que son posibles en la nueva situación.

Si el balde esta agujerado o deformado, no flota y la válvula permanece cerrada. El problema puede ser debido a golpes de ariete, y hay que buscar su origen para remediarlo.

Además se debe verificar si trabaja correctamente el eliminador de aire y el antibloqueo por vapor, cuando lo hay.

2.6.6 Trampa de Balde Invertido

Síntoma: La trampa pierde vapor.

Se debe comprobar que no se haya perdido el sello de agua. Se debe aislar el purgador, esperar que se acumule condensado, y ponerlo de nuevo en servicio. Si funciona bien, buscar el origen de la pérdida del sello. Puede ser debido a vapor sobrecalentado, a fluctuaciones súbitas de presión o a una instalación defectuosa del purgador, lo cual permite que el condensado salga por gravedad. Se debe entonces, instalar una válvula de retención antes de la trampa.

Síntoma: La trampa no descarga condensado.

Se debe comprobar que la presión diferencial máxima marcada en la trampa no sea inferior a la de servicio. Si fuese así, la válvula no puede abrir y hay que cambiar el asiento, para que el diámetro del mismo sea el correcto. Se debe verificar que la capacidad de descarga en la nueva situación es adecuada. Verificar también que el orificio de eliminación de aire no está obstruido, con lo que se produciría bloqueo por aire.

2.7 CARACTERÍSTICAS DE LA DESCARGA DE DIFERENTES TRAMPAS

Tabla II.1 Características de descarga de condensado según tipo de trampas para vapor [11]

TRAMPA	CARACTERÍSTICA DE DESCARGA
Termodinámica	Súbita e intermitente. Cierre total entre descargas.
Termostática de presión balanceada	Súbita e intermitente. Cierre total entre descargas.
Expansión líquida	Descarga continua cuando las cargas son estacionarias altas y medias. Tendencia a la descarga súbita cuando las cargas son pequeñas.
Bimetálica	Descarga continua, variando según la tasa de formación de condensado. Tendencia a la descarga súbita cuando las cargas son pequeñas o muy variables.
Balde Abierto	Descarga continua, variando según la cantidad de condensado que se forma, si bien tienden a tener un funcionamiento pulsante cuando las cargas son pequeñas.
Balde Invertido	Súbita e intermitente con cierre total entre descargas, excepto cuando las cargas son pequeñas y tiene tendencia a gotear.

2.8 AISLAMIENTO

Todas las fuentes potenciales de pérdida de calor en un sistema deberían ser aisladas. Térmicamente téngase en cuenta que 100 mts de tubería de 50 mm de diámetro sin aislar, y que transporte vapor a 10 bar relativo, introducen un consumo adicional de unos 180 Kg/h de vapor con una temperatura ambiente de 15°C. También las válvulas y las bridas deben ser objeto de atención puesto que, por ejemplo, las pérdidas producidas por un par de bridas equivalen a las de 0.3 m de tubería.

El aislamiento no debe ser contemplado sólo como un medio de ahorro de combustible, puesto que las elevadas pérdidas por radiación causadas como consecuencia de un aislamiento ineficaz provoca condensaciones excesivas en la línea, facilitando los arrastres de agua por el vapor, que se traducen en un vapor de mala calidad.

Un buen aislamiento necesita también un buen mantenimiento para garantizar que el coeficiente de transferencia no aumente con el tiempo. Este coeficiente es muy bajo en los materiales que se usan, compuestos por millones de celdas microscópicas que forman una barrera a la transmisión de calor. Sin embargo, si estas celdas llenas de aire se rompen o se llenan de agua, la capacidad de oponerse al paso del calor se pierde.

2.9 LÍNEAS DE ACOMPAÑAMIENTO (TRAZAS)

Las líneas de acompañamiento o trazado, son tuberías de pequeño diámetro por las cuales viaja vapor. Se utilizan para crear un ambiente propicio en el transporte de fluido viscoso. Entre sus características más relevantes se tienen:

Controlabilidad: las líneas de trazado son fáciles de controlar, ya que utilizan vapor saturado, y en éste la temperatura y la presión están directamente relacionadas, por lo que la temperatura puede ser regulada mediante un control de presión.

Flexibilidad: como la temperatura tiene relación directa con la presión, cambiar el criterio de diseño es sencillo, ya que no se debe cambiar la instalación, además las líneas de trazado son fácilmente extensibles y adaptables a los cambios de la tubería de procesos.

Seguridad: el vapor es inherentemente seguro y conveniente para usar en todas las zonas de la industria y fundamentalmente en los procesos industriales de los hidrocarburos.

2.9.1 Aplicación de las líneas de trazado

Cuando se requiere bombear algún producto sin que este pierda alguna de sus propiedades a causa de la variación de temperatura, se utilizan líneas de trazado que en combinación con los aislantes, crean alrededor de la tubería de proceso, distribución, instrumentos, etc., un medio ambiente que no permite la variación de las propiedades del producto.

La no utilización de estas líneas en el transporte de algunos fluidos puede traer consecuencias como: decoloración, cristalización, solidificación, precipitación, entre otras. La eficiencia del calentamiento por trazado es uno de los factores que contribuyen a producir y obtener productos de alta calidad, debido a que las sustancias tienen diferentes temperaturas óptimas de bombeo para facilitar su flujo a otros procesos.

Entre sus aplicaciones más comunes se tiene:

- Mantenimiento de calor
- Adición de calor
- Protección de congelamiento
- Transporte temperado de fluidos.

2.9.2 Clasificación de las líneas de trazado

Las líneas de trazado se clasifican como:

- Críticas.
- No-Críticas.
- Instrumentación.

2.9.2.1 *Críticas*

Por lo general, este tipo de líneas de trazado es utilizado y aplicado a productos que requieren mantener la temperatura dentro de una banda por encima del punto de solidificación como lo son: el bitumen, sulfuro, azufre, etc. Esta aplicación, normalmente usa trampas para vapor que descarguen el condensado al momento que se forma, como son las trampas termodinámicas.

2.9.2.2 *No-Críticas*

Las líneas de trazado clasificadas como no-críticas son aquellas utilizadas para reponer las pérdidas de calor en una tubería, permitiendo un mejor flujo del producto y reduciendo los costos de bombeo. La trampa de vapor recomendada es la del tipo de presión balanceada.

2.9.2.3 *Instrumentación*

Se utiliza para proteger de congelamiento a ciertos equipos de instrumentación y proceso tales como, válvulas de control y medidores de flujo, además para compensar las pérdidas de calor a través de estos equipos. Para esta aplicación, la trampa para vapor más recomendada es la del tipo de presión balanceada.

CAPÍTULO III
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El **Mejorador de Petrolera AMERIVEN** maneja crudo extra pesado del campo AYACUCHO, de la Faja Petrolífera del Orinoco en el Este de Venezuela. Este Mejorador se encuentra ubicado geográficamente en el Complejo de Jóse, en el Estado Anzoátegui. El campo petrolero AYACUCHO, está ubicado aproximadamente a 200 Km al sur de la Costa del Caribe.

Por ser este crudo extra pesado tiene que ser diluido con nafta pesada para reducir su densidad y viscosidad y así, poder realizar su bombeo desde el área de producción en la faja petrolífera de Orinoco, al **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**.

3.1 OBJETIVO DEL **MEJORADOR DE PETROLERA AMERIVEN**.

El Mejorador de Crudo AYACUCHO de Petrolera AMERIVEN, procesa la mezcla de 190 MBDO de crudo extra pesado de 8,5° API, diluido con 58 MBDO de nafta de 47° API, para una carga total de crudo diluido de 248 MBDO de 16° API. [12]

El Mejorador de Crudo Extra Pesado de Petrolera AMERIVEN lleva la calidad del crudo desde 8.5° API hasta 26° API, mediante la remoción de carbono en forma de coque, y la disminución de los contaminantes de Azufre y Nitrógeno.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DEL **MEJORADOR DE PETROLERA AMERIVEN**.

3.2.1 Área de Crudo

El área de crudo está dividida en: Unidad de destilación y Unidad de Manejo de Crudo.

La Unidad de Destilación de Crudo está conformada por los procesos de Destilación Atmosférica y Destilación al Vacío, que son procesos de separación física de hidrocarburos. El Área de Crudo también incluye la Unidad de Manejo de Crudo, la cual está diseñada para almacenar crudo diluido como alimentación al proceso del mejorador, productos e inventarios intermedios.

3.2.2 Área de Coquificación

El Área de Coquificación Retardada abarca la Unidad de Coquificación, donde se procesa el Residuo de Vacío; la Unidad de Recuperación de Gas, que recupera los líquidos de las corrientes gaseosas que se obtienen en la Unidad de Coquificación Retardada; la Unidad de Gas Combustible, encargada de mezclar y distribuir el gas obtenido en las plantas de proceso y el gas natural importado; y la Unidad de Manejo de Coque en donde el coque obtenido en la Unidad de Coquificación Retardada es acondicionado para su almacenamiento y traslado en cisternas.

3.2.3 Área de Hidroprocesamiento

El Área de Hidroprocesamiento abarca todas las unidades cuyos procesos utilizan o producen Hidrógeno. Ésta se divide en: la Unidad de Producción de Hidrógeno, la Unidad de Hidrotratamiento de Aceites Livianos, la Unidad de Hidrocraqueo de Gasóleos Pesados y la Unidad de Soporte al Hidroprocesamiento.

3.2.4 Área de Azufre

El Complejo de Azufre está constituido por las unidades de Regeneración de Amina, Unidad de Aguas Agrias, Unidad de Recuperación de Azufre, Unidad de Gas Cola, Unidad de Formación de Azufre y Unidad de Manejo de Azufre.

3.2.5 Área de Servicios Industriales

El Área de Utilities está conformado por el Sistema de Gas Combustible FGS, Sistema de Generación y Distribución de Vapor SG&DS, Sistema de Osmosis Inversa ROS, Agua de Alimentación a Caldera y Recuperación de Condensado BFW&CR, Sistema de Agua de Enfriamiento CWS, Sistema de Aire de Planta e Instrumentos P&IAS, Sistema de Agua Potable y de Servicio P&SWS y Sistema de Gas Inerte IGS.

3.2.6 Áreas Externas

Las Áreas Externas están conformadas por: Patio de Tanques TF, Sistema de Alivio FS, Sistema de Desechos Aceitosos SOS, Sistema de Flushing Oil FOS, Planta de Tratamiento de Agua de Desecho WWTP, Transferencia de Alimentación y Productos F&PT, Generación de Potencia de Emergencia EPG.

CAPÍTULO IV
METODOLOGÍA

4.1 TIPO DE ESTUDIO

La investigación se realizó en base a la aplicación de un estudio de campo, del tipo de proyecto factible ya que se evalúa y analiza de manera integral el sistema de distribución de vapor en el **Mejorador de Petrolera AMERIVEN.**

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Se entrevistó al personal técnico especializado de la refinería, ya que son los que manejan información más certera acerca del control de los procesos donde interviene el vapor.

La muestra se basa en el equipo de ingenieros, tanto de producción como de procesos que se encuentran a cargo de la producción.

4.3 TÉCNICAS

- Observación
- Inspección y Evaluación

4.4 PROCEDIMIENTOS

Se realiza una inspección ocular de reconocimiento en donde se observan ciertas partes importantes del sistema de distribución de vapor en la refinería, así como también sus accesorios y equipos. Además, se realiza una evaluación exhaustiva de

los equipos que se encuentran involucrados de manera directa con la distribución de vapor, en especial trampas, válvulas reguladoras y reductoras lo cual permite determinar el origen o causa de las distintas condiciones en que muestran dichos equipos.

Asimismo se realiza un análisis de factibilidad de las alternativas para escoger la mejor en función de: mantenibilidad, funcionabilidad y costo.

4.5 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Guía de observación
- Tablas de evaluación
- Planillas de inspección
- Equipos electrónicos:
  - Detector Ultrasónico
  - Termómetro Láser

4.6 BASE DE CÁLCULO

El software Steam Trap Management Systems (STMS) con el cual se procesa toda la información del diagnóstico de trampas, incluye un programa para el cálculo de las pérdidas de vapor y condensado a través de cada trampa que esté fallando abierta.

El cálculo de las pérdidas, involucra un factor de pérdida de presión y un factor de pérdida del orificio. Estos dos factores correctores permiten obtener un valor de pérdida más realista, ajustado a las condiciones de cada sitio en particular.

Los valores base tomados por Spirax Sarco en cada evaluación son:

- Factor de Pérdida de Presión: 30%
- Factor de Pérdida del Orificio: 25%

El factor de presión determina la presión diferencial a través del orificio, por el cual está ocurriendo la pérdida. Por ejemplo: Con un factor de 30%, si la presión en la trampa es de 10 barg, el diferencial obtenido sería de 3 barg.

El factor de fricción por su parte, contempla las restricciones de flujo que puede haber en el orificio por la revaporización y el efecto de cavitación que disminuyen su área efectiva.

Las pérdidas de vapor y condensado a través de las trampas, pueden ser evaluadas incluyendo en el mismo software STMS el costo del vapor y el costo del agua de alimentación. Esta información es la que permite hacer los análisis y entregar los listados de costo de pérdidas de vapor y condensado totalizados, y para cada trampa en particular.

CAPÍTULO V
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 OBSERVACIONES DE CAMPO

El vapor es usado como medio de calentamiento de tuberías, a través de líneas de acompañamiento (trazas), con la finalidad de mantener un ambiente de calefacción artificial en todas las líneas de procesos.

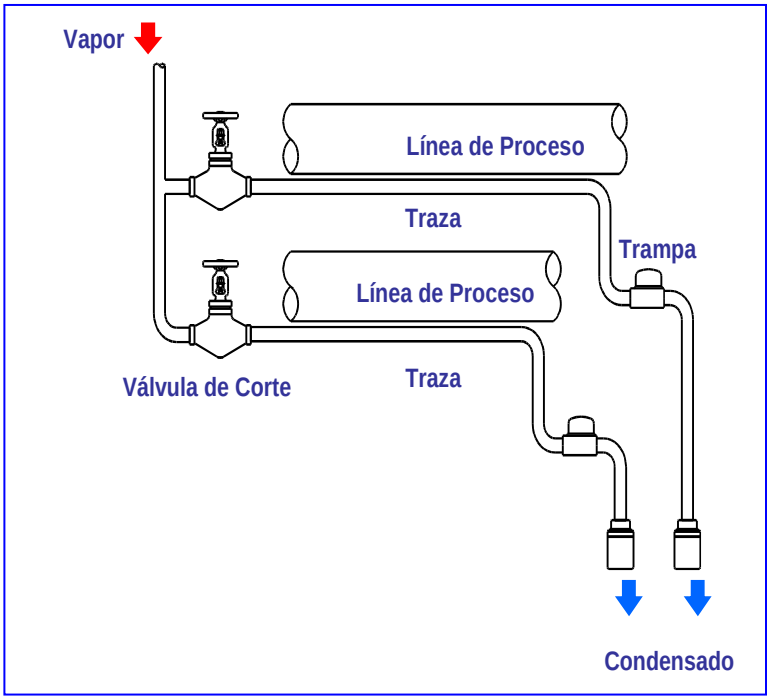

Fig. 5.1 Esquema del Sistema de Trazado

De acuerdo con información recibida en el área, se pudo conocer que las presiones de vapor manejadas en esta unidad, son de: 60 lpcg 150 lpcg y 600 lpcg, la primera y segunda utilizada en las líneas de distribución de vapor, y la tercera para el proceso de trazado. El condensado producido, tanto en líneas de distribución y trazas, es drenado con trampas del Tipo Balde Invertido.

La inspección realizada al **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**, concentrada en los puntos de drenaje, permitió conocer el estado de esas instalaciones. A continuación, se presentan las observaciones más relevantes encontradas durante esta labor.

Las figuras 5.2 y 5.3 muestran las válvulas pertenecientes a "by-passes" abiertos permitiendo el paso de vapor vivo a la atmósfera.

Fig. 5.2 Fuga de Vapor

Fig. 5.3 Fuga de Vapor en Múltiple

La falla de anegamiento por condensado en las trazas de vapor, disminuye la eficiencia del sistema, ya que se ve afectado notablemente en lo que se refiere al aporte de temperatura, para evitar la solidificación y prevenir daños al producto. Esto trae como consecuencia que se incrementen los costos de bombeo, disminución de la eficiencia de la línea de acompañamiento (traza), disminución en la tasa de condensado retornado, disminución en la confiabilidad del sistema ya que éste se verá afectado por las condiciones adversas del clima, entre otros.

De acuerdo a las informaciones recibidas y resultados de la inspección en esta área, se encontró que existe un número de trazas anegadas de condensado, producto de derrames que han inundado el pasaje por donde debe viajar el vapor. También, durante la inspección, se hallaron filtros ubicados aguas arriba de las trampas, los cuales se encontraron totalmente obstruidos por partículas que parecen ser de crudo.

El sistema de trazado de las líneas de transporte de productos procesados instalado en el **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**, fue diseñado para que aportara el calor necesario requerido para este fin. Hoy en día, de acuerdo con lo expuesto anteriormente, este sistema ha disminuido su eficiencia, y en consecuencia esto ha afectado los equipos externos que son usados para proporcionar la energía necesaria para su transporte (bombas).

Fig. 5.4 Anegamiento de condensado en Múltiple de Trampas para Vapor

5.1.1 Trampas para Vapor en condición de Fuga (pierde vapor)

El cuadro que se muestra a continuación, presenta la relación de las trampas inspeccionadas halladas en condición de fuga, permitiendo el paso de vapor vivo al sistema de retorno o a la atmósfera. Las pérdidas de vapor a través de las trampas, representan grandes desperdicios de energía y recursos financieros. Además, este vapor vivo llega al sistema de retorno de condensado, presurizando los cabezales colectores de condensado existentes y limitando el buen funcionamiento de otras trampas que descargan a dicho cabezal.

Tabla V.1 Trampas Para Vapor en Condición de Fuga (Pierde Vapor)

Tipo de trampa	Presión de operación (lpc)	Diámetro	Tamaño del orificio	Cantidad de trampas
Disco termodinámico	60	1/2"	0,18"	114
Presión balanceada	60	1/2"	0,20"	1
Presión balanceada	60	3/4"	0,20"	72
Balde invertido	60	3/4"	0,11"	1
Disco termodinámico	60	3/4"	0,23"	50
Flotador y palanca	60	1 1/2"	0,42"	3
Presión balanceada	150	3/4"	0,20"	76
Balde invertido	150	3/4"	0,11"	1
Disco termodinámico	150	3/4"	0,23"	14
Flotador y palanca	150	3/4"	0,11	1
Presión balanceada	600	3/4"	0,20"	2
Balde invertido	600	3/4"	0,11"	26
Total				**361**

5.1.2 Trampas para vapor en condición de Bloqueo (Anegamiento de Condensado)

En el siguiente cuadro, se indican las trampas inspeccionadas halladas en condición de anegamiento. En las tuberías de distribución de vapor y equipos de proceso, el anegamiento de condensado causado por una trampa bloqueada, permite el arrastre de agua a los equipos de intercambio, convirtiendo el vapor en un medio ineficiente y peligroso para equipos y tuberías, por los riesgos de erosión y golpe de ariete.

Tabla V.2 Trampas Para Vapor en Condición de Bloqueo (Anegadas de Condensado)

Tipo de trampa	Presión de operación (lpc)	Diámetro	Tamaño del orificio	Cantidad de trampas
Disco termodinámico	60	1/2"	0,18"	3
Presión balanceada	60	3/4"	0,20"	8
Disco termodinámico	60	3/4"	0,23"	1
Balde invertido	150	1/2"	0,11"	1
Presión balanceada	150	3/4"	0,20"	11
Total				**24**

5.2 GRÁFICOS Y TABLAS

En el Anexo N° 1, se incluyen las tablas con el inventario de las trampas ubicadas en cada una de las áreas inspeccionadas en el **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**. Con el objeto de hacer más manejable toda esta información, se presentan a continuación los gráficos soportados por el software denominado STMS donde se incluyen los datos más importantes incluidos en dichas tablas.

- Cuadro resumen que incluye el diagnóstico de las trampas para vapor

- Estado general de las trampas para vapor **por área inspeccionada**
- Tipos de trampas para vapor por área inspeccionada

Los gráficos a continuación (Fig. 5.5 hasta Fig. 5.17), representan la proporción de los tipos de modelos de trampas para vapor encontrados en cada área del **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**, así como, el estado de operación actual de las trampas para vapor encontradas en cada una de las áreas estudiadas, expresado en porcentaje, y especificando cuántas se encuentran en buen estado y cuántas están fallando, bien sea por anegado de condensado, pérdida de vapor o fuera de servicio. Finalmente, se realiza el análisis de cada situación en particular en la sección de discusión.

5.2.1 Estado General de las Trampas para vapor en el **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**

Tabla V.3 Estado general de las trampas para vapor

ESTADO	Total
Anegado de Condensado	24
Fuera de Servicio	283
Buen Estado	1853
Pierde vapor	361
Total general	2521

5.2.2 Estado General de la Refinería

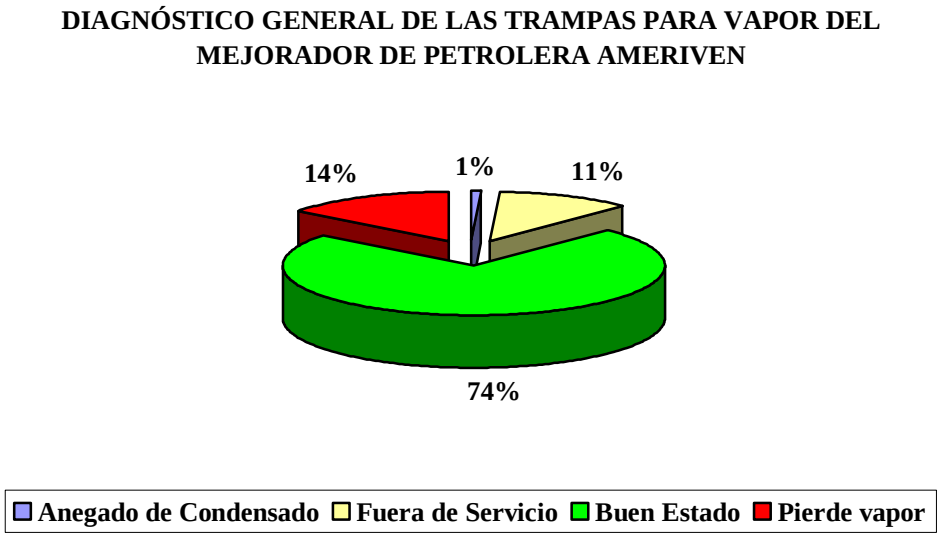

Fig. 5.5 Porcentaje de trampas por estado general del Mejorador de Petrolera Ameriven

5.2.3 Unidad de AZUFRE

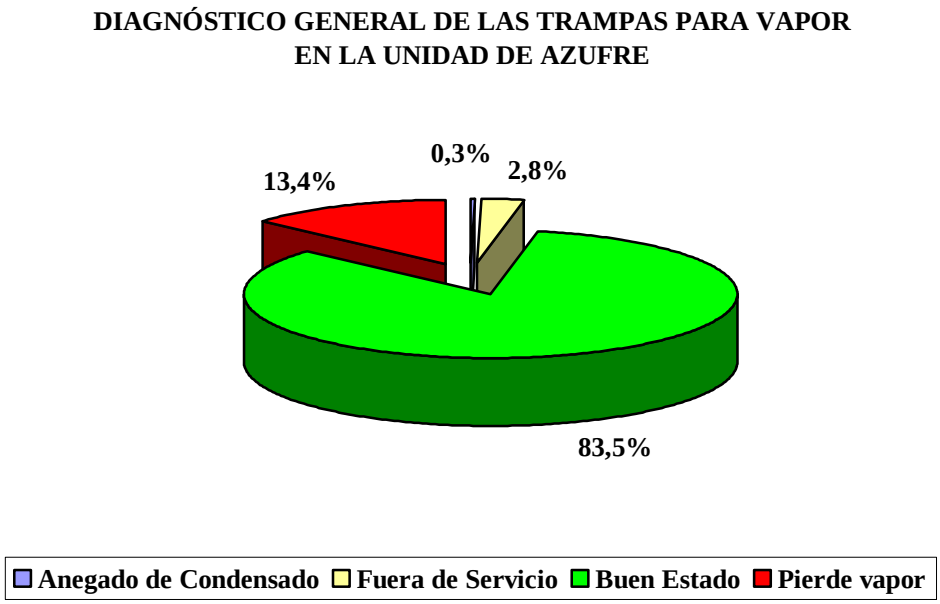

Fig. 5.6 Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de AZUFRE

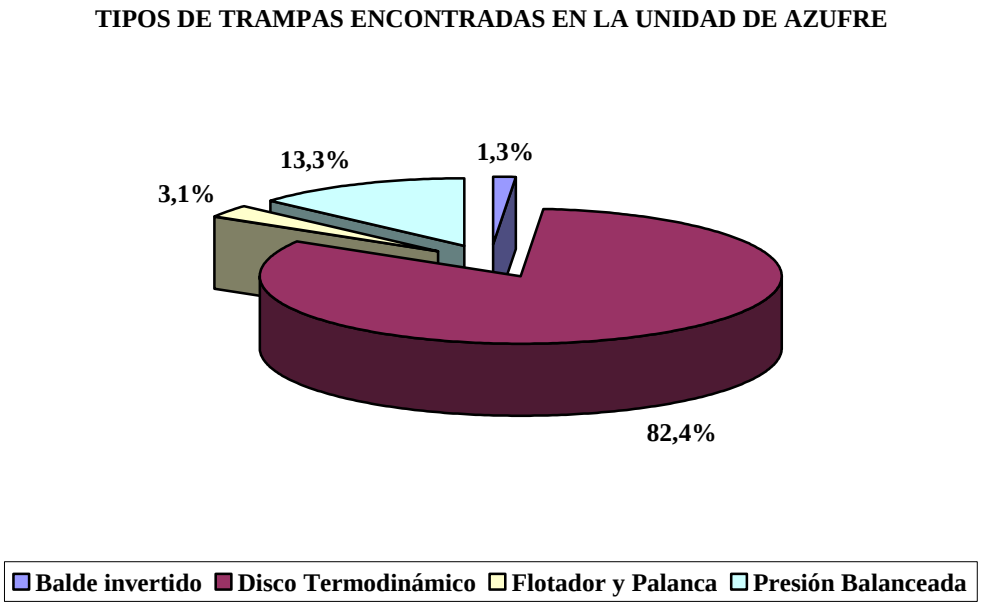

Fig. 5.7 Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de AZUFRE

5.2.4 Unidad de COKER

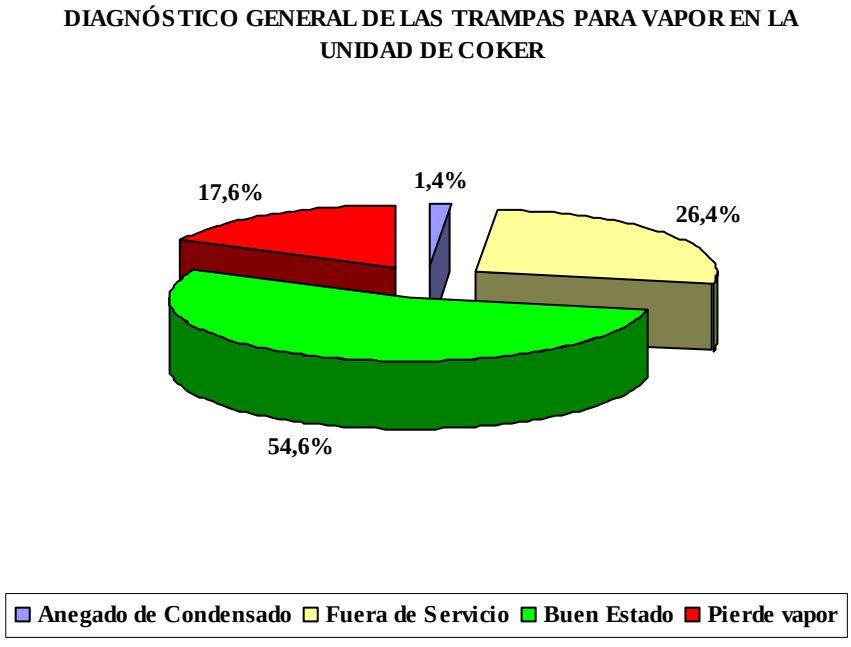

Fig. 5.8 Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de COKER

TIPOS DE TRAMPAS ENCONTRADAS EN LA UNIDAD DE COKER

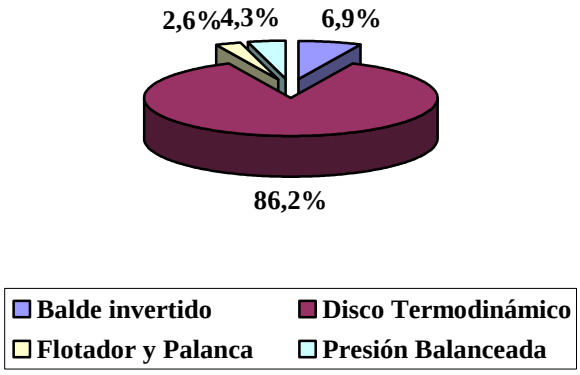

Fig. 5.9 Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de COKER

5.2.5 Unidad de CRUDO

DIAGNÓSTICO GENERAL DE LAS TRAMPAS PARA VAPOR EN LA UNIDAD DE CRUDO

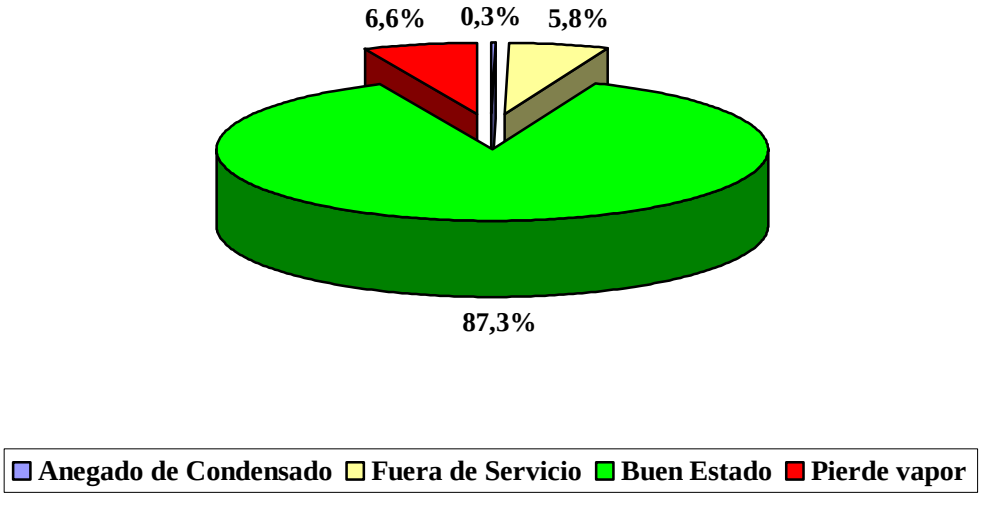

Fig. 5.10 Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de CRUDO

TIPOS DE TRAMPAS ENCONTRADAS EN LA UNIDAD DE CRUDO

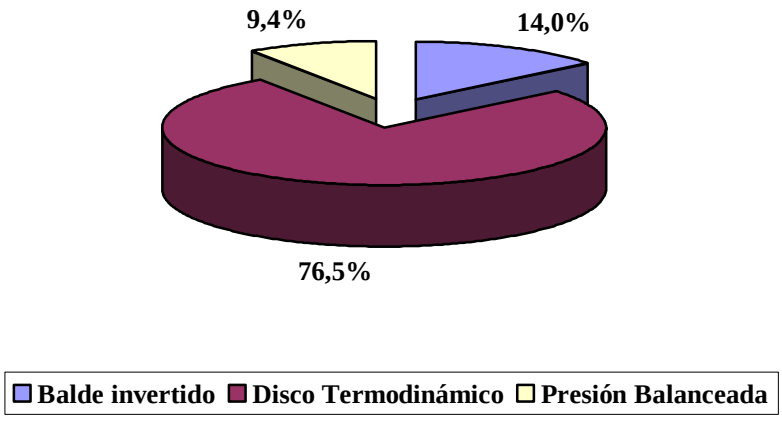

Fig. 5.11 Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de CRUDO

5.2.6 Unidad de HIDROPROCESOS

DIAGNÓSTICO GENERAL DE LAS TRAMPAS PARA VAPOR EN LA UNIDAD DE HIDROPROCESOS

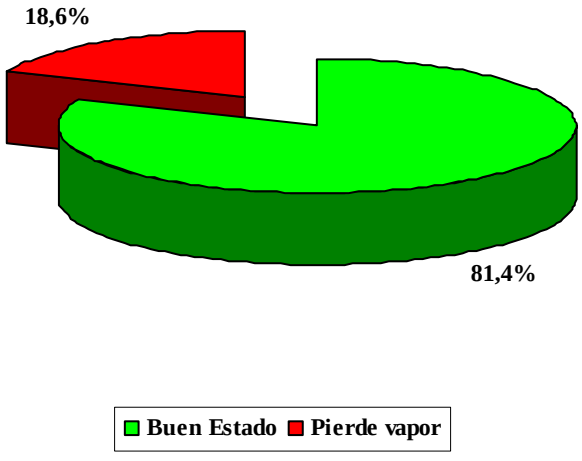

Fig. 5.12 Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de HIDROPROCESOS

TIPOS DE TRAMPAS ENCONTRADAS EN LA UNIDAD DE HIDROPROCESOS

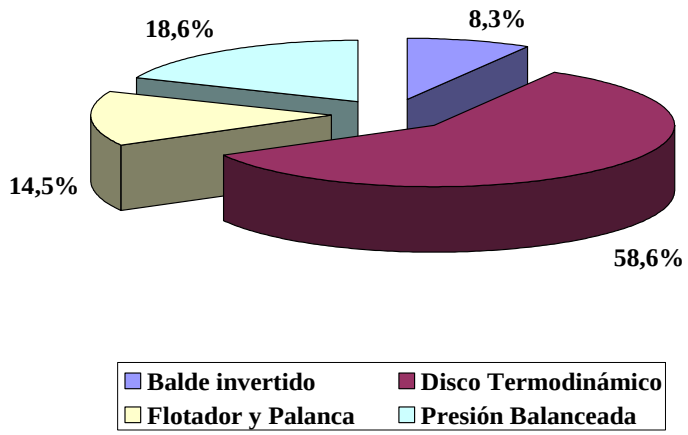

Fig. 5.13 Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de HIDROPROCESOS

5.2.7 Unidad de ÁREAS EXTERNAS

DIAGNÓSTICO GENERAL DE LAS TRAMPAS PARA VAPOR EN LA UNIDAD DE AREAS EXTERNAS

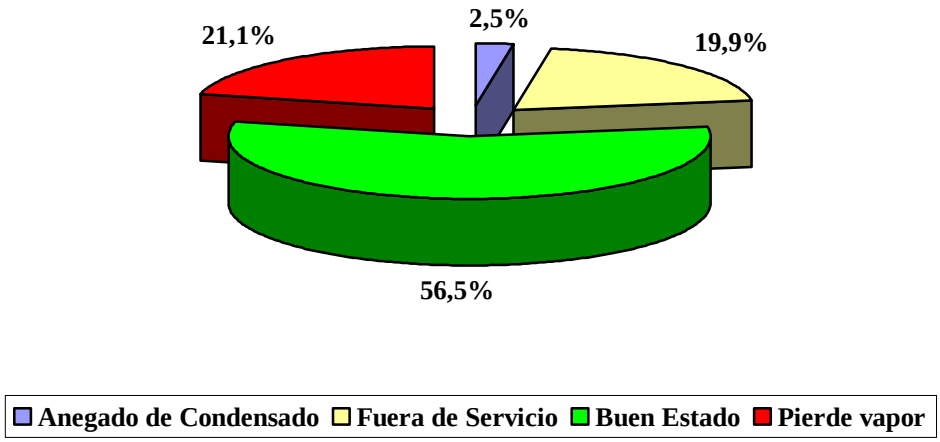

Fig. 5.14 Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de ÁREAS EXTERNAS

TIPOS DE TRAMPAS ENCONTRADAS EN LA UNIDAD DE ÁREAS EXTERNAS

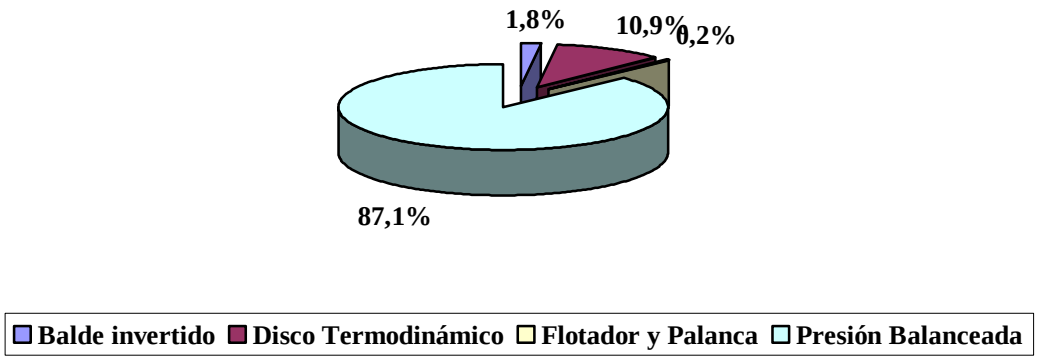

Fig. 5.15 Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de ÁREAS EXTERNAS

5.2.8 Unidad de SERVICIOS INDUSTRIALES

DIAGNÓSTICO GENERAL DE LAS TRAMPAS PARA VAPOR EN LA UNIDAD DE SERVICIOS INDUSTRIALES

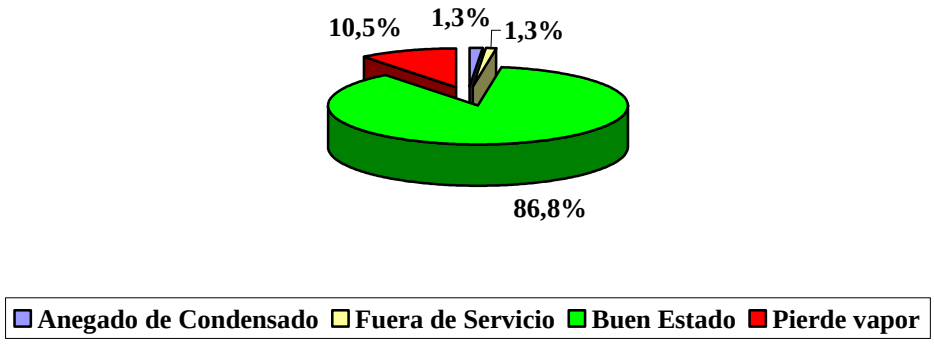

Fig. 5.16 Porcentaje de trampas por fallas en la Unidad de SERVICIOS INDUSTRIALES

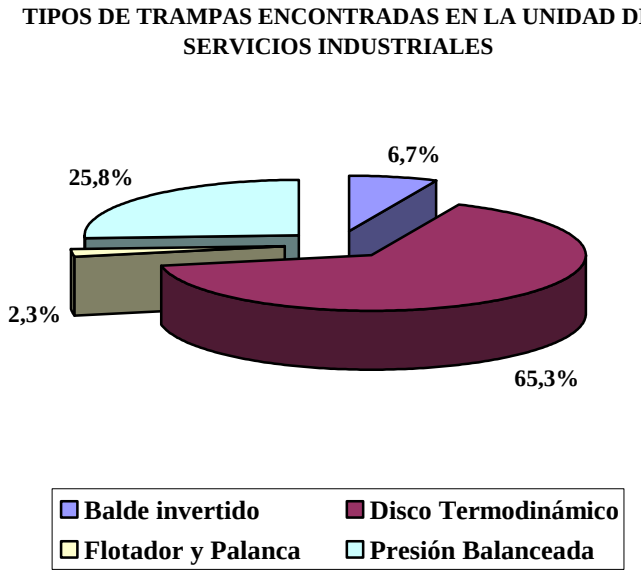

Fig. 5.17 Porcentaje de trampas por tipo en la Unidad de SERVICIOS INDUSTRIALES

5.3 DISCUSIÓN

5.3.1 Área de Azufre

El azufre se denota con el símbolo S, es un elemento no metálico, insípido, inodoro, de calor amarillo pálido. Se encuentra en el grupo 16 del sistema periódico. Su número atómico es 16 y su masa atómica es 32.006.

El azufre ocupa el lugar 16 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre y se encuentra ampliamente distribuido tanto en estado libre como combinado con otros elementos.

Para conservarlo en su fase líquida debe ser transportado dentro de un rango de temperatura entre 120ºC y 155ºC. Para ello, el sistema de trampeo de vapor de las trazas de acompañamiento de las líneas de distribución de azufre, deben funcionar de

una manera óptima. En el Área de Azufre del **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**, algunas de las líneas de drenaje de condensado de presión media (150psi), están descargando a líneas de retorno de condensado de presión alta (600psi), causando el bloqueo de las trampas para vapor pertenecientes al sistema de retorno de condensado, debido a la contrapresión generada, lo que a su vez se traduce en una disminución de la capacidad de descarga de la trampa para vapor. Esto trae como consecuencia problemas de solidificación de azufre en el sistema y pérdida de eficiencia en el proceso de refinación del crudo. Esta dificultad es resultado del mal funcionamiento.

Posibles soluciones:

Para evitar el anegamiento del sistema, la pérdida de temperatura y la solidificación del azufre, se deben corregir las irregularidades que causan el bloqueo de las trampas, como lo es la presurización del sistema de retorno de condensado.

Solución parcial aplicada: alineación de trampas para vapor a la atmósfera.

Alinear las trampas para vapor a la atmósfera se refiere a permitir que éstas descarguen a la atmósfera y no a la línea de retorno de condensado. Esta acción permite evitar parcialmente el problema de presurización del sistema por las razones antes citadas. Sin embargo, esta solución trae como consecuencia el desperdicio del condensado generado, de la energía que éste aún conserva, el incremento de costos de generación y demanda de vapor, el deterioro de los equipos próximos a las estaciones de trampeo por el incremento de la humedad del ambiente, así como también, el incremento del riesgo de accidentes para los operadores.

Solución ideal: rediseño del sistema de drenaje de condensado de presión media.

El sistema de retorno de condensado de presión media ha sufrido alteraciones con el tiempo. Muchas veces estas alteraciones solucionan problemas a corto plazo, pero a mediano y largo plazo agravan los problemas del sistema. Por ello se sugiere, rediseñar el sistema de drenaje para que las líneas de drenaje de presión media, descarguen a la línea de retorno de condensado de presión media, corrigiendo así el problema de presurización en el sistema de purga y su consecuencia (anegamiento de condensado y pérdida de energía en la línea de acompañamiento o traza).

5.3.2 Área de Coker

La circulación del coque entre los recipientes se basa en los principios de fluidización; esto es, por diferencia de densidades entre lo que está poco fluidizado en la tubería vertical y lo contenido en la tubería ascendente que es mucho más fluidizado.

El coque neto producido por el proceso se retira del calentador, y pasa por una sección de manejo de coque y luego se almacena al aire libre. Muchas de las trampas para vapor pertenecientes al Área de Coker se encuentran en condición de fuga (pierden vapor), causando la solidificación del coque durante su recorrido lo que genera como consecuencia pérdida de una gran sección de tubería. Esto se debe a la pérdida de energía en el sistema por causa de pérdida de vapor en la línea de distribución.

Solución inmediata: Manipulación de la válvula aguas arriba de la trampa para vapor.

Al cerrar la válvula aguas arriba de la trampa para vapor, ésta no permitirá el paso de vapor vivo al sistema de retorno de condensado. Esto no soluciona por completo el problema, porque a largo plazo se producirá anegamiento de condensado en la línea de distribución provocando la pérdida del calor latente necesario en el sistema.

Solución ideal: reemplazo de trampas para vapor en condición de fuga.

El reemplazo de las trampas para vapor en condición de fuga, permite al sistema de distribución de vapor y purga de condensado trabajar de manera efectiva.

5.3.3 Área de Crudo

El Área de Crudo cuenta con un universo de 605 trampas para vapor. De ellas sólo dos presentan falla de bloqueo (anegamiento de condensado), lo que no representa ningún riesgo para el funcionamiento del sistema de distribución de retorno y manejo de condensado. Para fortuna de los operadores de planta, la mayoría de las trampas para vapor que presentaron falla, son de tipo de disco termodinámico. Esta trampa para vapor, tiene la característica de que cuando falla, falla abierta, por lo que el sistema no sufrirá fallas de anegamiento de condensado por pérdida de temperatura en este sector. Sin embargo, se recomienda reemplazar estas trampas durante la siguiente parada de planta.

Solución: Reemplazo de trampas para vapor en condición de fuga (pierde vapor), durante la siguiente parada de planta.

El reemplazo de las trampas para vapor en condición de fuga, permite al sistema de distribución de vapor y purga de condensado trabajar de manera efectiva.

5.3.4 Área de Hidroprocesos

El complejo Mejorador de crudo AYACUCHO de petrolera AMERIVEN posee dos unidades de hidroprocesamiento, que requieren de hidrógeno de alta pureza (99.9 %Vol.). La producción de hidrógeno se obtiene por medio de la reformación del metano presente en el gas natural con vapor de agua, en un reactor (Reformador), en

presencia de un catalizador selectivo y con alto grado de temperatura. El resultado es una mezcla de hidrógeno, monóxido de carbono y agua.

El sistema de vapor para este tipo de proceso debe funcionar a su máxima capacidad. Actualmente la Unidad de Hidroprocesos cuenta con un 18.6% de trampas en condición de fuga (pierden vapor).

Solución inmediata: Manipulación de la válvula aguas arriba de la trampa para vapor.

Al cerrar la válvula aguas arriba de la trampa para vapor, ésta no permitirá el paso de vapor vivo al sistema de retorno de condensado. Esto no soluciona por completo el problema, porque a largo plazo se producirá anegamiento de condensado en la línea de distribución provocando la pérdida del calor latente necesario en el sistema.

Solución ideal: Reemplazo de trampas para vapor en condición de fuga.

El reemplazo de las trampas para vapor en condición de fuga, permite al sistema de distribución de vapor y purga de condensado trabajar de manera efectiva.

5.3.5 Áreas Externas

Esta Área cuenta con un quinto de su universo de trampas para vapor en condición de fuga (pierde vapor). Aunque estas trampas en condición de fuga (103), no representan un número considerable para el sistema completo de distribución de vapor (2526), deben ser reparadas o sustituidas, ya que generan pérdidas de energía para el sistema, corrosión en equipos cercanos y peligro para los operadores de planta.

Solución: Reparación o sustitución de trampas para vapor que están dañadas.

5.3.6 Área de Servicios Industriales

El Área de Servicios Industriales cuenta con dos áreas de suma importancia para la revisión objeto de este estudio, ellas son: el Sistema de Generación y Distribución de Vapor, y el Área de Alimentación de Agua de Alimentación a Caldera y Recuperación de Condensado.

Sistema de Generación y Distribución de Vapor

El vapor que se consume en la planta es producido por calderas convencionales, y por sistemas recuperadores de calor de varias corrientes del proceso. El vapor es generado en tres niveles de presión: alta presión (600lpc), media presión (150lpc), y baja presión (50lpc). El sistema consiste en dos calderas de alta presión y estaciones de control, que reducen la presión a media y a baja magnitud. Este sector está presentando fallas de fuga (pierden vapor), en las trampas para vapor que trabajan a alta presión (600lpc). Este problema debe ser corregido lo más pronto posible, ya que éste es el origen del sistema de distribución de vapor, y una pequeña falla en este sector afectará rápidamente el resto de la distribución de vapor en la planta. Una de las mayores consecuencias de las fugas de vapor de alta presión (600lpc), además de la ya citada, es la seguridad de los operadores de planta. Una quemadura de vapor de agua a 600lpc (490°F) puede tener graves consecuencias físicas en el operador.

Solución: Sustitución o reparación de las trampas para vapor en dicho sector.

Alimentación de agua de alimentación a caldera y recuperación de condensado

El sistema de recuperación de condensado incluye la recuperación y el tratamiento de los condensados recuperados, para ser reutilizado en el sistema de alimentación de agua de caldera. El condensado recuperado, se combina con el agua desmineralizada y se trata en un desaireador para producir agua de alimentación a las calderas. Este

sistema trabaja de manera satisfactoria, presentando falla de fuga (pierde vapor), en apenas una trampa para vapor.

Solución inmediata: Cierre parcial de la válvula aguas arriba de la única trampa que está fugando.

5.4 RESULTADOS

En la Tabla V.4 se resumen los resultados obtenidos en lo referente a la identificación de las trampas para vapor, que presentaron condición de fuga (pierde vapor), durante la inspección en el **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**. La pérdida potencial de vapor, por concepto de trampas dañadas se estima en 21.175,24 lbs/hr, lo cual representa una pérdida económica de miles de dólares. El costo del vapor referencial utilizado para estos cálculos, es el suministrado por Planta Pequiven Serviférti l para el año 2006 el cual fue de 17.000,00 Bs/ton.

Esta cantidad de vapor implica, que una parte de éste pasa directamente al sistema de retorno de condensado, motivo por el cual se presuriza y afecta el desempeño normal de otras trampas que si están en buenas condiciones.

En el caso de las trampas que presentan condición de anegamiento, no se puede cuantificar de manera confiable la pérdida económica asociada a esta condición. Sin embargo, estas fallas representan un factor problemático en lo que a eficiencia del sistema de vapor se refiere.

La tabla V.4 muestra las trampas para vapor por área inspeccionada que presentaron falla de fuga (pérdida de vapor), indicando la presión a la que operan, diámetro de la trampa para vapor, su tipo y la cantidad. Esto permite hacer una comparación en el

rendimiento de los purgadores según su tipo; además de mostrarnos las pérdidas de libras de vapor por hora que se pierden por concepto de esta falla.

Tabla V.4 Pérdidas de vapor por área inspeccionada en libras por hora (lbs/hr)

Área	Presión (lpc)	Tipo	Diámetro	Cantidad	Pérdida por unidad (Lbs/hr)
Azufre	60	disco termodinámico	3/4"	39	39,59
			1/2"	24	24,52
	150	disco termodinámico	3/4"	13	120,04
		flotador y palanca	3/4"	1	44,45
		presión balanceada	3/4"	18	120,04
	600	presión balanceada	3/4"	1	266,18
Área	**Presión (lpc)**	**Tipo**	**Diámetro**	**Cantidad**	**Pérdida por unidad (Lbs/hr)**
Coker	60	disco termodinámico	1/2"	65	24,52
		presión balanceada	3/4"	7	30,21
	600	balde invertido	3/4"	15	77,48
Área	**Presión (lpc)**	**tipo**	**Diámetro**	**Cantidad**	**Pérdida por unidad (Lbs/hr)**
Crudo	60	balde invertido	3/4"	1	8,79
		disco termodinámico	1/2"	24	24,52
		presión balanceada	3/4"	6	30,21
		presión balanceada	1/2"	1	30,34
	150	presión balanceada	3/4"	5	120,04
		balde invertido	3/4"	1	77,48
	600	presión balanceada	3/4"	1	266,18
		balde invertido	3/4"	1	77,48
Área	**Presión (lpc)**	**Tipo**	**Diámetro**	**Cantidad**	**Pérdida por unidad (Lbs/hr)**
Hidroprocesos	60	disco termodinámico	3/4"	10	39,59
		presión balanceada	3/4"	4	30,21
		flotador y palanca	1 1/2"	3	238,18
	150	presión balanceada	3/4"	4	120,04
	600	balde invertido	3/4"	6	77,48
Área	**Presión (lpc)**	**Tipo**	**Diámetro**	**Cantidad**	**Pérdida por unidad (Lbs/hr)**
Áreas Externas	60	disco termodinámico	1/2"	1	24,52
		presión balanceada	3/4"	52	30,21
	150	presión balanceada	3/4"	49	120,04
	600	balde invertido	3/4"	1	77,48
Área	**Presión (lpc)**	**Tipo**	**Diámetro**	**Cantidad**	**Pérdida por unidad (Lbs/hr)**
Servicios Industriales	60	disco termodinámico	3/4"	1	39,59
		presión balanceada	3/4"	3	30,21
	150	disco termodinámico	3/4"	1	120,04
	600	balde invertido	3/4"	3	77,48

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado una inspección del área objeto de estudio, realizar también una serie de consideraciones importantes del sistema de distribución de vapor y drenaje de condensado de el **Mejorador de Petrolera AMERIVEN**, y estudiar los detalles desde el punto de vista del sistema de trampeo instalados en las líneas de distribución, líneas de acompañamiento y/o trazas y equipos de proceso, se concluye que, se inspeccionaron un total de 2521 trampas distribuidas de la siguiente manera y con los siguientes resultados:

1. De las 2521 trampas inspeccionadas se tiene que: 26% de éstas no están trabajando de manera adecuada, por lo que las pérdidas tanto de energía como de dinero son cuantiosas.

2. Por otra parte, toda la información recabada permitió conocer cuáles son las pérdidas de vapor, cuáles son sus causas, así como también, la importancia de solucionar el problema existente en lo que se refiere al sistema de trazas perteneciente a las líneas de procesos, ya que éstas se encuentran en condición de bloqueo.

3. Las pérdidas de vapor detectadas y documentadas debido a trampas fugando vapor, traen como consecuencia pérdidas innecesarias y la presurización del sistema de retorno de condensado, lo cual resulta en un aumento de los gastos de combustible.

4. Al tomar en consideración, algunas de las acciones y mejoras recomendadas en este Trabajo Especial de Grado, se reducirán directamente los costos, lo que puede equivaler a un ahorro estimado de miles de dólares al año por concepto de: agua de alimentación, incremento de eficiencia del sistema actual de la operación, beneficios ambientales derivados del ahorro de

combustible y prevención de escapes de vapor que disminuirán las emisiones de **CO2** a la atmósfera. Con la entrada en vigor del **Protocolo de Kyoto**, al realizar este tipo de trabajo, el **Mejorador de Petrolera AMERIVEN** contribuye con el compromiso mundial de disminuir en **5,2%** las emisiones de gases de efecto invernadero sobre los niveles de 1990 para el período **2008-2012**.

5. Por último, hoy en día el objetivo que persigue toda empresa que realice mantenimiento, es el de obtener un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad, al mínimo costo y con el máximo de seguridad para el personal que las utiliza y mantiene.

RECOMENDACIONES

Es importante establecer una planificación, que permita un seguimiento periódico al estudio de la optimización, del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado, realizar evaluaciones por lo menos dos veces al año para así prevenir y/o corregir las deficiencias que se puedan presentar.

La recuperación de la eficiencia perdida, puede ser alcanzada al aplicar las soluciones antes expuestas por área, ya que generalmente la mayor parte de estas mejoras están en el mantenimiento constante del sistema de distribución de vapor y retorno de condensado.

Por otra parte, es importante comprender que los mecanismos internos de las trampas para vapor, son dispositivos mecánicos que están constantemente en movimiento, por lo que están propensos a fallas, motivo por el cual es conveniente poseer un almacén adecuado para evitar demoras innecesarias a la hora de cambiar estos mecanismos. Sobre todo porque para mantener al azufre en condiciones óptimas de fluidez, es necesario disponer de la mayor cantidad de vapor libre de condensado.

Es importante que se realicen labores que permitan recuperar el condensado producido, ya que disminuirán los gastos por reposición de tratamiento de agua y los gastos por concepto de combustible para las calderas.

En aquellas áreas de alta peligrosidad por escape de vapor vivo, se requiere la intervención inmediata, con el fin de evitar posibles lesiones al personal que allí labora; así como disminuir los costos por concepto de vapor fugando a la atmósfera.

La realización de una estandarización por área según el requerimiento, permite tener una variedad en almacén controlada sin tanta diversidad, y garantiza el reemplazo inmediato de los equipos averiados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Spirax Sarco. **“El Libro del Vapor”.** Buenos Aires. 1994. pp. 172.

2. Spirax Sarco. **“Design of Fluid Systems”.** Steam Utilization. 2002. pp. 15.

3. Spirax Sarco. **“Design of Fluid Systems”**. Steam Utilization. 2002. pp. 30.

4. Spirax Sarco. **“Design of Fluid Systems”.** Steam Utilization. 2002. pp. 32.

5. Spirax Sarco. **“Design of Fluid Systems”.** Steam Utilization. 2002. pp. 35.

6. Spirax Sarco. **“Design of Fluid Systems”.** Steam Utilization. 2002. pp. 34.

7. Spirax Sarco. **“Design of Fluid Systems”.** Steam Utilization. 2002. pp. 33.

8. Spirax Sarco. **“Design of Fluid Systems”.** Steam Utilization. 2002. pp. 29.

9. Spirax Sarco. **“El Libro del Vapor”.** Buenos Aires. 1994. pp. 255.

10. Spirax Sarco. **“El Libro del Vapor”.** Buenos Aires. 1994. pp. 253.

11. Spirax Sarco. **“El Libro del Vapor”.** Buenos Aires. 1994. pp. 497.

12. Alfonso, J. y otros. **“Inducción en los Procesos del Mejorador de Petrolera Ameriven”**. Vol. I. Descripción General. Plantas de Procesos. pp. 8.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alfonso, J. y otros. **"Inducción en los Procesos del Mejorador de Petrolera Ameriven"**. Vol. I. Descripción General. Plantas de Procesos

2. Hernández Sampieri y otros. "**Metodología de la investigación"**. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill. México.1998.

3. PDVSA. "**La industria venezolana de los hidrocarburos"**. Manual de referencia. 1997.

4. Rosales, R. C. "**Manual del ingeniero de planta"**. Tomo I. 2da. Edición. Editorial McGraw-Hill. México. 1997.

5. Spirax Sarco. **"El Libro del Vapor".** Buenos Aires. 1994.

6. Spirax Sarco. "**Steam distribution"**. Guía de referencia técnica Nº TR-GMC-03. Publicaciones Spirax Sarco Inc. USA, Allentown. 1990.

7. Spirax Sarco. "**Steam tracing heating technical"**. Guía de referencia técnica Nº TR-GCM-02. Publicaciones Spirax Sarco Inc. USA, Allentown. 1999.

8. Spirax Sarco. "**Desing of fluids systems. Hook-ups"**. Publicaciones Spirax Sarco Inc. USA, Allentown. 2000.

9. Spirax Sarco. "**Desing of fluids systems. Steam utilization"**. Publicaciones Spirax Sarco Inc. USA, Allentown. 2000.

10. Spirax Sarco. “**Purga de vapor y eliminación de aire”**. Guía de referencia técnica. Publicaciones Spirax Sarco Inc. USA, Allentown. 2002.

11. Spirax Sarco. “**Técnicas para el uso eficiente del vapor”**. Publicaciones Spirax Sarco Inc. USA, Allentown. 2002.

NOMENCLATURA

ABREVIATURAS

API: American Petroleoum Institute.

Fig: Figura.

LISTA DE SÍMBOLOS

bar: presión absoluta, bar.

barg: presión manométrica.

°C: temperatura, grado Celsius.

°F: temperatura, grado Fahrenheit.

hrs: tiempo, horas.

Kg: masa, kilogramo.

Km: distancia, kilómetro.

KPa: presión, kilopascal.

lpc: presión, libra por pulgada cuadrada.

MBDO: capacidad, miles de barriles diarios.

m: distancia, metros.

mm: distancia, milímetros.

Ton: peso, tonelada.

CONVERSIONES

1 bar = 14.5 lpc

1 Pa = 14.7 lpc

°F = 9/5 °C + 32