

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA
VICERRECTORADO**

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**



**METODOLOGIA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
UN QUEMADOR DE GAS EN LA PLANTA
ENGARRAFADORA DE POTOSI**

**TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN TRANSPORTE,
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS**

Milton Aldana Miranda

Sucre – Bolivia

2023

DEDICATORIA

Este trabajo esta dedica a:

Dios, por guiar mis pasos día a día y por ser mi fortaleza y fuente de apoyo.

Gracias a él que me regala sabiduría, entendimiento y conocimiento día con día: gracias a él que me fortalece y me llena de oportunidades y misericordia cada mañana.

A mis padres por haberme brindado apoyo incondicional en todo momento y ayuda en todo lo necesario,

A mis Hermanos, por haberme brindado apoyo en todo momento, y ser mi ejemplo para perseguir mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por mantenerme firme para cumplir mi meta.

A mis Padres por todo el apoyo incondicional.

A mis hermanos por apoyarme en todo momento

A la Universidad Mayor Real Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, a la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Mayor Real Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, por haberme permitido formarme en sus aulas.

A todos los docentes de la Universidad Mayor Real Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, que con todo esfuerzo y dedicación transmitieron mi mente con valiosos conocimientos.

Al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación de la Universidad Mayor Real Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca (CEPI), por haberme permitido concluir el presente trabajo

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I: INTRODUCCION.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 JUSTIFICACION.....	2
1.3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	2
1.3.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	2
1.3.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	3
1.4 METODOLOGIA.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	4
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
CAPÍTULO II: DESARROLLO.....	5
2.1. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.1 gas licuado de petroleo	5
2.1.2 Boquilla del quemador.....	5
2.1.3 Gas de purga.....	5
2.1.4 Presión de operación.....	5
2.1.5 purga	5
2.1.6 Sobre presión	5
2.1.7 Sistema de Alivio.....	5
2.1.8 Resipiente separador de liquido hacia la tea (flare knockout drum)	6
2.1.9 Definición Sistema Flare.....	7
2.1.10 Partes de un Sistema Flare	7
2.1.11 Criterios de diseño del Sistema Flare.....	9
2.1.12 Tipos de Sistema Flare.....	9
2.1.13 Consideraciones de selección.....	16
2.2. MARCO CONTEXTUAL	16
2.2.1 Ubicación del lugar	16
2.2.2 Recepción del Gas Licuado.....	17
2.2.3 Descripción de tanques de GLP	18
2.2.4 Propiedades del GLP	19
2.2.5 Inspección de tanques.....	19

2.3. INFORMACION Y DATOS OBTENIDOS	20
2.3.1 Despresurización.....	20
2.3.2 Dimensionamiento del K.O.D.	22
2.3.2.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA ENVOLVENTE	22
2.4. ANALISIS Y DISCUSIÓN.....	26
2.4.1 Despresurización.....	26
2.4.2 Diámetro de línea de descarga	27
2.4.3 Dimensionamiento del K.O.D.	28
2.4.4 Diámetro y Altura de la Tea.....	29
2.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	29

Índice de figuras

Figura 2-1	Partes de un Sistema Flare	8
Figura 2-2	Flare Autoportante	10
Figura 2-3	Flare soportada con Vientos	10
Figura 2-4	Flare con Derrick Fijo.....	11
Figura 2-5	Flare Derrick Desmontable con fuste multiselección.....	11
Figura 2-6	Flare Derrick desmontable de fusta integral.....	12
Figura 2-7	Flare Horizontal	12
Figura 2-8	Flare de Llama Oculta	13
Figura 2-9	Flare Multipunto a nivel de suelo	13
Figura 2-10	Flare multipunto en posición elevada.....	14
Figura 2-11	Flare asistida con aire.....	15
Figura 2-12	Ubicación Planta de Almacenaje Distrito Comercial Potosí.....	17
Figura 2-13	Poliducto Sucre- Potosí.....	17

Índice de Tablas

Tabla 2-1	Descripción tanques Horizontales.....	18
Tabla 2-2	Condiciones Iniciales y Finales	21
Tabla 2-3	Parámetros para la determinación del espesor requerido	22
Tabla 2-4	Parámetros para la determinación de espesor requerido.....	24
Tabla 2-5	Condiciones de entrada para la determinación de la altura del stack.....	26
Tabla 2-6	Resultados-Despresurización caso adiabático.....	27
Tabla 2-7	Evaluación Hidráulica del Sistema de Venteo.....	27
Tabla 2-8	Datos de entrada para dimensionar el KOD	28
Tabla 2-9	Áreas transversales KOD	28
Tabla 2-10	Diámetros y velocidades del stack y del Tip	29

RESUMEN

La selección de este tema es por la necesidad de transportar y aliviar un caudal de gas licuado de petróleo en la instalación de la planta engarrafadora de Potosí en situaciones excepcionales o cuando estos necesiten el mantenimiento correspondiente.

La antorcha es por consiguiente el sistema de seguridad encargado de procesar todo ese excedente de GLP, evitando, además, su emisión directa a la atmosfera, ya que el venteo es sustituido por combustión. Por lo tanto, este dispositivo, además de una función de seguridad, también cumple una función con el medio ambiente.

Con el objetivo de diseñar un quemador, en base a normativas vigentes y especificaciones de la planta engarrafadora, se a procedido a calcular las dimensiones básicas del sistema basándose en la radiación térmica máxima de diseño, y la presión disponible a la entrada de la misma.

También, se ha desarrollado una exposición de todo lo referente al sistema de un quemador, los tipos de quemadores existentes, sus componentes y así como también los criterios para su diseño.

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

La legislación actual, en atención a consideraciones medioambientales y de seguridad, obliga a la instalación de dispositivos de inertización de gases (antorchas FLARE) en aquellas plantas que generan, almacenan o manipulan gases. Ejemplo de ello pueden ser los pozos petrolíferos tanto en tierra como en el mar, vertederos de materia orgánica, refinerías, terminales de regasificación de GLP, y plantas de producción de biocombustibles entre otros.

En el otro lado se encuentran los países con escasa o nula atención a consideraciones medioambientales, que, por negligencia o falta de recursos, optan por la instalación de venteos con el evidente riesgo para la población del entorno.

En la explotación de yacimientos de petróleo, era pauta habitual la combustión del gas acumulado en la bolsa de crudo para su inertización, y así garantizar la seguridad del personal de la plataforma o instalaciones de superficie. Actualmente, de ser rentable, se busca el transporte de dicho gas hasta los puntos de consumo, aunque sigue siendo necesario entre el equipamiento de superficie, la instalación de una antorcha.

Las refinerías también requieren de estos dispositivos. Los procesos instalados generan corrientes de subproductos, que, de no poder llevarse a hornos diseñados para su aprovechamiento térmico, habrán de ser conducidos a antorcha. En estos casos, suele tratarse de hidrocarburos de difícil tratamiento, y que hace necesaria la ayuda de sistemas de supresión de humos, o la utilización en algunos casos de incineradores en lugar de antorchas, dada su peligrosidad (Gomez Fernandez, 2010)

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La planta engarrafadora de Potosí actualmente utiliza métodos de combustión ineficientes y poco seguros, lo que conlleva a un alto consumo de energía y un riesgo potencial para la seguridad de los trabajadores y la comunidad circundante. La falta de un quemador de gas GLP adecuado en la planta limita la capacidad de aprovechar esta fuente de energía más limpia y eficiente. Por lo tanto, es esencial abordar este problema para mejorar la eficiencia energética y la seguridad operativa de la planta engarrafadora de Potosí.

1.3 JUSTIFICACION

1.3.1 Justificación Técnica

En las instalaciones de la planta potosí se cuentan con varios tanques tipo salchicha para almacenar gas licuado de petróleo (GLP) para su distribución. Para prevenir que las presiones alcancen niveles que puedan producir daños o fallos mecánicos en la integridad del tanque, para ello son instalados sistemas de alivios y venteos para evitar la sobrepresión, que son liberados a la atmosfera.

Para ello es recomendable la implementación de quemador de gas para que los venteos no sean liberados a la atmosfera, evitar la contaminación del medio ambiente y la seguridad de los operadores de planta potosí.

Los quemadores son utilizados para quemar gases de sobrepresiones, gases remanentes en mantenimiento de tanques, etc.

1.3.2 Justificación Económica

La implementación de un quemador de gas podría llevar a una gestión más eficiente de los recursos energéticos, lo que podría resultar en ahorros significativos a largo plazo para la empresa.

La adopción de tecnologías avanzadas puede mejorar la imagen de la empresa y su posición competitiva en el mercado. Un quemador de gas moderno podría atraer a clientes que buscan proveedores comprometidos con la sostenibilidad.

Potosí es una región con un gran potencial en la industria del gas. Este estudio contribuiría al desarrollo y aprovechamiento de recursos locales, lo que podría tener un impacto positivo en la economía regional.

En resumen, este estudio técnico es esencial para mejorar la eficiencia operativa, cumplir con regulaciones ambientales, ahorrar costos y promover la sostenibilidad en la planta engarrafadora de Potosí. Además, podría tener un impacto positivo en la competitividad y el desarrollo económico de la región.

1.3.3 Justificación Social

La adopción de tecnologías más limpias y eficientes en la industria es esencial para reducir el impacto ambiental y garantizar la sostenibilidad a largo plazo. La implementación de un quemador de gas podría reducir significativamente las emisiones contaminantes y mejorar la eficiencia energética de la planta.

En muchos países, existen regulaciones cada vez más estrictas en cuanto a las emisiones de gases contaminantes. Este estudio técnico ayudaría a la planta a cumplir con dichas normativas y evitar sanciones legales.

1.4 METODOLOGIA

Este trabajo corresponde a una investigación de tipo científica aplicada por que tiene su aplicación en la engarrafadora del departamento de potosí.

- **Inductivo, analítico y Técnica de investigación cuantitativa**

Los métodos utilizados en este trabajo serán el inductivo, analítico y el descriptivo; el método inductivo partirá de la observación, recopilación de datos y lo aprendido, realizando trabajos de mantenimiento en la planta engarrafadora de Potosí en el cual se recopilarán datos sobre el mantenimiento de los tanques y el gas remanente, del cual se hará el análisis de lo observado y se finalizará con clasificación de la información obtenida.

El método analítico será aplicado al separar algunas partes del todo para someterlas a un estudio independiente, para el presente estudio se considera el análisis de la quema y venteo de gas licuado de petróleo, así seleccionar de acuerdo a la misma cual puede ser instalado en la planta para poder seleccionar el sistema correcto a través de su implementación.

- a. Herramientas**

Entre las técnicas se realizará un registro de observación, videos, fotos, documentación de operación de la planta y registro de datos de los volúmenes de gas remanentes por la planta cuando estos entren en mantenimiento.

Otra técnica a utilizar, será la entrevista, para el intercambio de información, aplicada a fuentes primarias de información técnica que es conocimiento de los ingenieros encargados de la empresa y los ingenieros encargados de la operación de los diferentes procesos, que será acompañada a través de referencias bibliográficas.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una metodología técnica para la implementación de un quemador de gas en la planta engarrafadora de Potosí a fin de precautelar la seguridad del personal y la planta en caso de una emergencia de sobrepresión de gas licuado de petróleo.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un diagnóstico de planta engarrafadora Potosí.
- Seleccionar tipo de quemador adecuado para la planta Potosí.
- Realizar una metodología técnica para el diseño de un quemador.
- Realizar el dimensionamiento y de la altura del quemador

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1. MARCO TEÓRICO.

2.1.1 gas licuado de petroleo

Mezcla de hidrocarburos livianos, compuesta principalmente de propano y butano, en proporciones variables y que, en condiciones normales (de presión y temperatura), es gaseosa y al comprimirla, pasa a estado líquido. Puede obtenerse en una planta de procesamiento de gas natural o en una refinería. (IBNORCA, 2004)

2.1.2 Boquilla del quemador

Es el accesorio localizado en el extremo de la chimenea o tubería ascendente, donde el combustible y el aire se mezclan a velocidades, turbulencias y concentraciones requeridas para mantener un encendido y una combustión estable (Cárdenas Caicedo, 2009)

2.1.3 Gas de purga

Gas (gas combustible o gas inerte) suministrado al sistema de desfuegos para evitar la entrada de aire en el mismo (Cárdenas Caicedo, 2009)

2.1.4 Presión de operación

Es la presión a la cual es normalmente sujeto el recipiente cuando está en servicio. (Cárdenas Caicedo, 2009)

2.1.5 purga

Se define como la extracción de fluidos indeseables de un equipo tubería o accesorios. (Cárdenas Caicedo, 2009)

2.1.6 Sobre presión

Es el aumento de presión de ajuste de un dispositivo de relevo. La sobrepresión es llamada acumulación, cuando el dispositivo de relevo se ajusta a la presión máxima permisible de trabajo. (Cárdenas Caicedo, 2009)

2.1.7 Sistema de Alivio

El sistema de alivio está formado por el conjunto de tuberías, accesorios y equipos que permitan el alivio, transporte de fluidos peligrosos y disposición de fluidos hasta un lugar seguro. Es importante durante el diseño optimizar y buscar una solución que permita evacuar todos los productos minimizando el número de sistemas a instalar. Siempre que sea posible, las corrientes a evacuar deben dirigirse a un sistema cerrado y enviarse a antorcha o venteo atmosférico, excepto cuando se pueden recircular al proceso o enviarse

a almacenamiento en forma segura. Para decidir si se instala una antorcha o un venteo atmosférico, hay que valorar lo siguiente:

- Inflamabilidad y toxicidad de los fluidos venteados
- Impacto para el medioambiente
- Seguridad del sistema de alivio teniendo en cuenta que algunas corrientes puedan contener productos que no son combustibles. (agua, CO₂, N₂, etc.)
- Legislación local
- Valoración económica

Se puede utilizar el “venteo” a la atmósfera cuando se cumplen todas las restricciones siguientes:

- Gases más ligeros que el aire. Se considerará que un gas es más ligero que el aire cuando la densidad del mismo a la salida del venteo es menor que 0,9 veces la densidad del aire a 15 °C.
- Los riesgos y consecuencias de la ignición accidental de la pluma son aceptables (incluyendo niveles de radiación según API RP 521).
- La descarga no genera concentraciones de sustancias tóxicas por encima de las admisibles en las zonas donde pueda haber personal
- No se puede producir condensación de sustancias corrosivas o inflamables.
- Cuando las corrientes a ventear son solo gases y no hay presencia de líquidos.
- La descarga no genera concentraciones de sustancias inflamables por encima del límite inferior de inflamabilidad en las zonas donde pueda haber fuentes de ignición o presencia de personal
- No es posible la auto ignición de los compuestos venteados. x Los componentes a ventear no son ajenos a la atmósfera. (Berenguer Carlos & Correa Nacul, 2004)

2.1.8 Resipiente separador de liquido hacia la tea (flare knockout drum)

Las partículas de líquido se separan en este recipiente cuando el tiempo de residencia del vapor o gas sea igual o mayor al tiempo requerido por dichas partículas para recorrer la altura vertical disponible a la velocidad de caída de las mismas, y la velocidad vertical del gas sea suficientemente pequeña para permitir a las gotas caer. La velocidad vertical del vapor y gas debe ser suficientemente pequeña para evitar la entrada de grandes “bolsas” de líquido a la tea. Debido a que la tea puede admitir gotas de líquido de pequeño tamaño,

la velocidad vertical en el recipiente puede referirse a la necesidad de separar partículas de un tamaño igual o mayor de 150 micras. .(Berenguer Carlos & Correa Nacul, 2004)

2.1.9 Definición Sistema Flare

Los sistemas flare son utilizados para quemar gases residuales de manera segura, controlada y efectiva en diversas industrias, principalmente para prevenir la liberación de contaminantes a la atmósfera. Cumple con dos funciones:

- Son el elemento de seguridad más visible en la planta y contribuyen a asegurar la liberación de hidrocarburos en una situación de emergencia como, por ejemplo, una parada de la refinería. También constituyen un sistema de alivio de sobrepresión, en caso necesario.
- Por otro lado, son un elemento de protección medioambiental puesto que contribuyen a la quema controlada de los gases no reutilizables, tanto en situaciones de emergencia como en paradas programadas y que, en caso de no quemarse, podrían acumularse y crear una nube tóxica e inflamable.

Para cumplir con ambas funciones, las antorchas se encuentran funcionando todos los días del año y a todas horas.(Suarez, 2018)

2.1.10 Partes de un Sistema Flare

De forma general y esquemática, las partes de una antorcha son: sello, fuste y quemador.

El sello es la parte inferior, donde llega el gas en primera instancia. Cuando la presión es elevada, vence el sello de agua y asciende por el fuste. El fuste es la parte central de la antorcha o flare, es una larga tubería que conecta sello y quemador. La altura se calcula en función de la cantidad de gases a quedar y de la altura prevista de la llama. Las antorchas se instalan en zonas elevadas para favorecer la dispersión de los gases.

El quemador es la parte de la antorcha donde se realiza la combustión de los gases, para mantener siempre la llama encendida se utiliza un gas piloto. La antorcha esta controlada por un operario que comprueba el estado de la llama, regula la salida del piloto y la toma de vapor para una buena combustión. En el fuste está instalado un caudalímetro que envía en tiempo real el valor de gas quemado.

Como sistemas de seguridad, se mantiene un gas de purga y el sello hidráulico, entre otros. El sistema de gas de purga continuo hacia la antorcha, evita la formación de mezclas

explosivas en el interior de la misma en el caso de entrada de aire a través del quemador, así como el retroceso de la llama. (Gomez Fernandez, 2010)

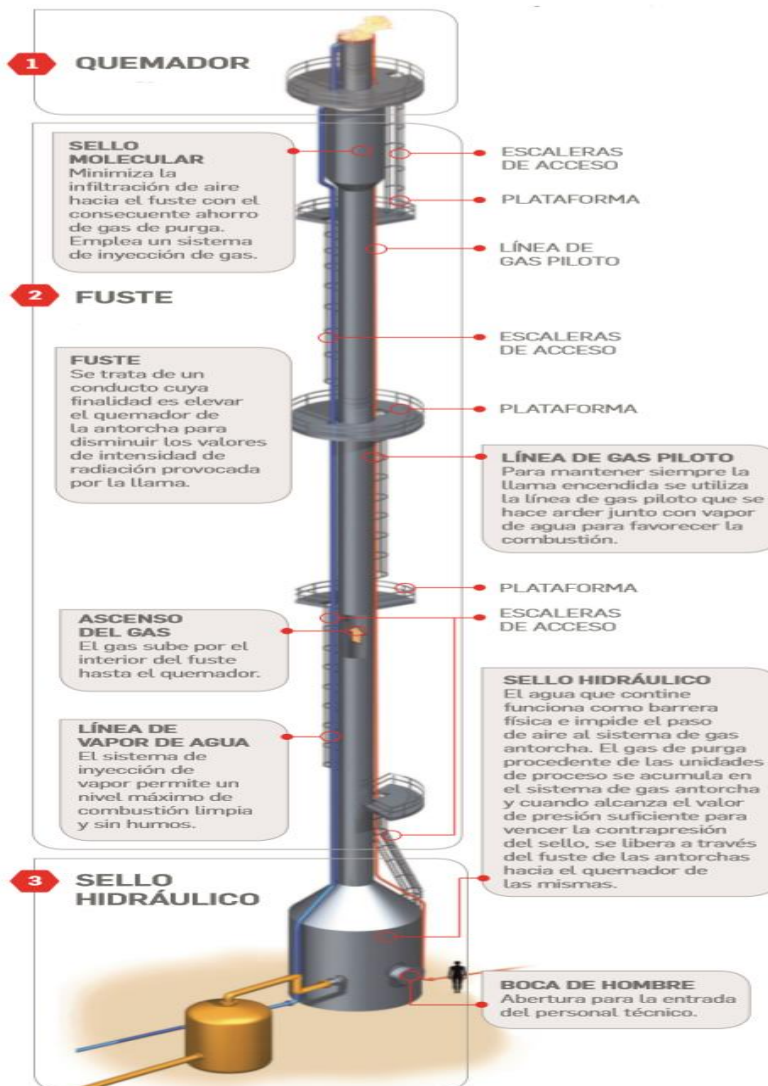


Figura 2-0-1 Partes de un Sistema Flare

2.1.11 Criterios de diseño del Sistema Flare

El diseño del sistema antorcha, debe abordarse desde el punto de vista de los diferentes subsistemas que lo integran. Cada uno de los criterios de diseño debe ser evaluado por su impacto en otros criterios, y de conformidad con las funciones más básicas que ha de cumplir una antorcha. Los principales criterios de diseño para un sistema de antorcha se enumeran a continuación:

- **Combustión Eficiente y Fiable:** Es necesaria una combustión eficaz para reducir las emisiones dentro de los niveles permitidos.
- **Pérdida de Carga:** La pérdida de carga deberá ser suficiente como para lanzar la totalidad de los gases residuales y combustibles auxiliares, además del aire y el vapor al quemador con la suficiente velocidad de salida.
- **Eliminación de líquidos:** Los líquidos serán eliminados para prevenir una combustión pobre, la combustión de gotas de líquido, y la saturación de los quemadores.
- **Infiltración de aire:** La infiltración de aire dentro del sistema puede ocasionar una combustión en el interior del mismo fuste. También podría causar retorno de llama o flashback.
- **Radiación de la llama:** La radiación de la llama puede producir daños al equipamiento, a las estructuras, y al personal colindante.
- **Eliminación de humos:** Puede ser requerida una supresión de humos en ciertos ambientes, o para garantizar ciertas condiciones de seguridad.
- **Recuperación de los gases de la antorcha:** Una parte de los gases de la antorcha pueden ser recuperados a la planta después de haber vuelto a ser comprimidos.
- **Ruidos y luz visible:** Los ruidos y la luz deben ser reducidos a los niveles permitidos, para así evitar molestias al vecindario. (Berenguer Carlos & Correa Nacul, 2004)

2.1.12 Tipos de Sistema Flare

2.1.12.1 Flare Vertical

Las antorchas verticales, como su propio nombre indica, conducen verticalmente el gas hasta el punto de descarga, que se encuentra en una posición elevada en relación con el nivel del suelo circundante y/o próximo al equipo. (Gomez Fernandez, 2010)

- a) **Autoportante:** Básicamente un fuste diseñado mecánica y estructuralmente que soporta el quemado.

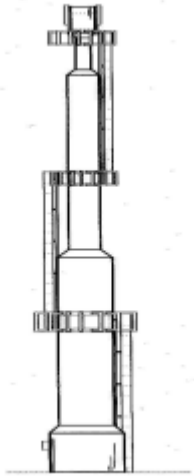


Figura 2-0-2 Flare Autoportante

- b)** Con Vientos: Una antorcha elevada con el fuste sustentado por cables, estos están sujetos al fuste de la antorcha en una o más altitudes (niveles de vientos) para limitar la desviación de la estructura. Los cables (vientos), están típicamente colocados en un plano triangular con un desfase de 120° para proporcionar una fuerte sustentación. Los vientos cuentan con un anillo de fijación al fuste por nivel, tensores que facilitan el ajuste de tensiones, y con ello la correcta alineación y verticalidad de la antorcha, y los muertos de anclaje a nivel de suelo.

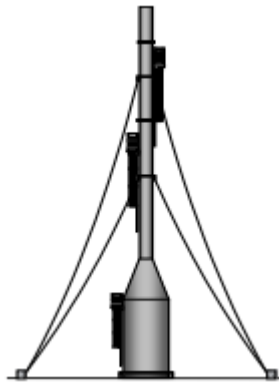


Figura 2-0-3 Flare soportada con Vientos

- c)** Con Derrick o Estructura: Estructura de acero acoplada que soporta uno o más fustes de antorcha. Normalmente fabricada en perfiles de acero estructural o tubo, y que puede ser de base cuadrangular o triangular.
- i. Derrick Fijo: El fuste es permanentemente sustentado por el derrick (ver figura 5). Al quemador se le hace el mantenimiento bajándolo con una

grúa o pescante (este último situado sobre la última plataforma, o plataforma de mantenimiento del quemador), para ello, tiene que estar la antorcha fuera de servicio.(Gomez Fernandez, 2010)

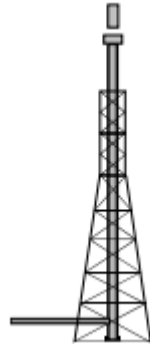


Figura 2-0-4 Flare con Derrick Fijo

- ii. Derrick desmontable (Fuste multiselección): Un derrick con los tramos de fuste montados sobre brida, para permitir así desacoplar tramo a tramo y proceder a la bajada del quemador, pudiendo realizar su correspondiente mantenimiento. El fuste es típicamente ensamblado en partes que pueden ser izadas y bajadas usando un sistema de tracción y guía con poleas. Esto permite graduar el nivel de acceso al quemador. Muchos derricks desmontables son diseñados para soportar múltiples fustes con sus respectivos quemadores. Esa estructura será diseñada de tal manera que el resto de las antorchas, excepto la que se encuentra en mantenimiento, puedan seguir en operación.(Gomez Fernandez, 2010)

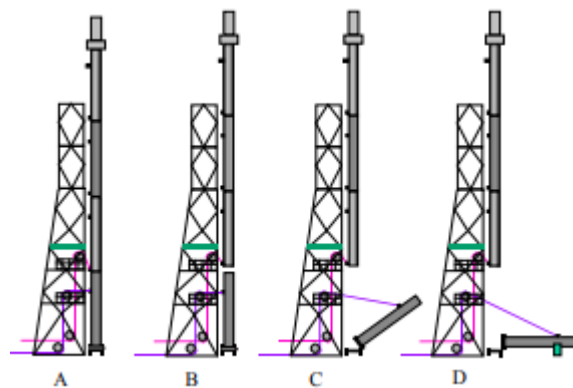


Figura 2-0-5 Flare Derrick Desmontable con fuste multiselección

- iii. Derrick desmontable (Fuste integral): Un derrick con fuste de una única pieza utilizando un sistema de tracción y guía con poleas que permite que el fuste y el quemador de la antorcha sean bajados a nivel de suelo como una única pieza. (Gomez Fernandez, 2010)

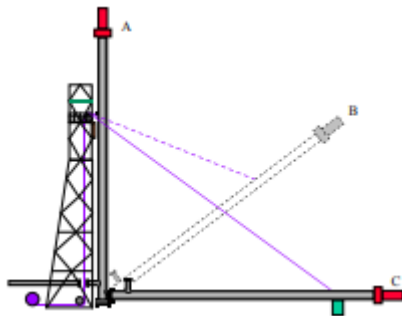


Figura 2-0-6 Flare Derrick desmontable de fusta integral

2.1.12.2 Flare Horizontal

Los líquidos y gases son transportados mediante una antorcha horizontal hacia su correspondiente quemador descargando a una excavación u hoyo. (Gomez Fernandez, 2010)

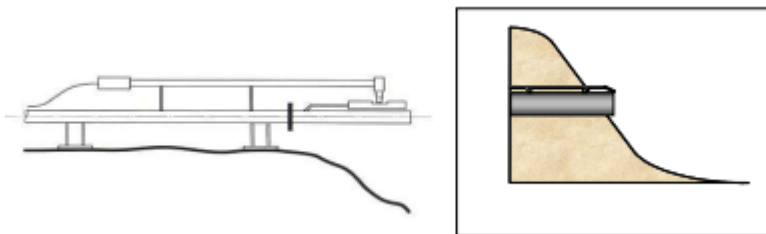


Figura 2-0-7 Flare Horizontal

2.1.12.3 Flare de llama oculta

Las antorchas encapsuladas o de llama oculta, se construyen para que no se vea la llama de una manera directa. Además, reducen el ruido y la radiación. Estas antorchas cuentan con una elevada disponibilidad ante importantes variaciones de carga, durante las operaciones de arranque, parada y operación normal de la planta. En la actualidad son ampliamente utilizadas en Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (E.D.A.R.) por múltiples razones, entre las cuales se pueden destacar:

- Alta $T^{\circ}C$ de combustión, que garantiza la inertización completa de los gases. Gas de antorcha típico, el biogás.
- Requiere pequeña zona estéril, en ocasiones nula.

- La ausencia de llama visible implica nulo impacto visual y por tanto baja alarma social.(Gomez Fernandez, 2010)

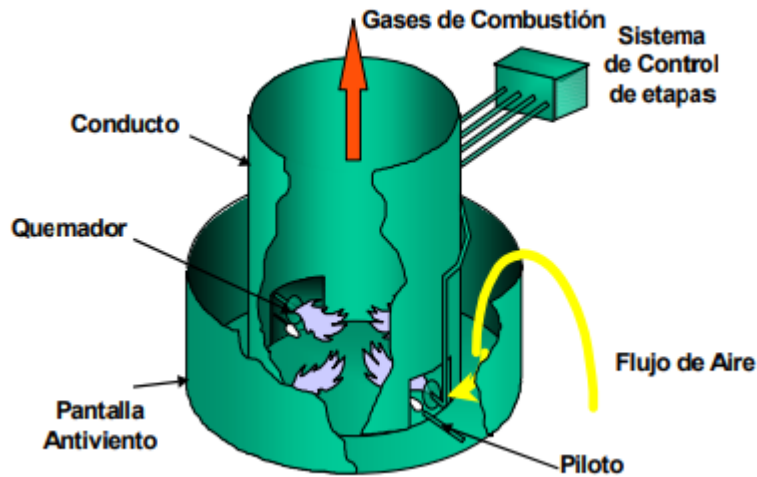


Figura 2-0-8 Flare de Llama Oculta

2.1.12.4. Flare monopunto o multipunto

- Flare monopunto: Una antorcha monopunto es una tubería abierta en su extremo superior en un solo punto de salida. Este tipo de antorchas pueden ser sin humos o con humos. Normalmente son de tipo vertical, y suelen tener una pérdida de carga inferior que las antorchas multipunto.
- Flare de etapas multipunto: Las antorchas multipunto están diseñadas normalmente para conseguir una combustión sin humos si se dan la presión y el espacio adecuados. Emplean la presión disponible del gas para arrastrar más aire, lo cual mejora la combustión, ya que produce una mejor mezcla del gas con el aire circundante. Los múltiples puntos del quemador pueden ser ordenados en geometrías de matriz ubicados cerca del nivel del suelo, o en una posición elevada.(Gomez Fernandez, 2010)

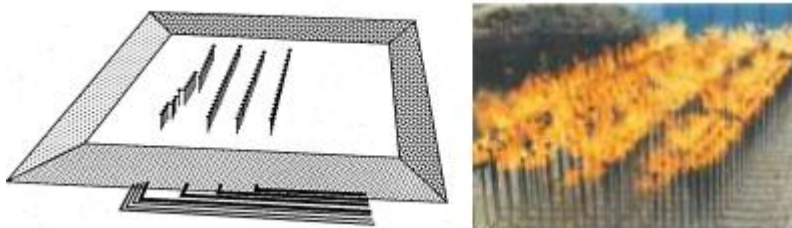


Figura 2-0-9 Flare Multipunto a nivel de suelo



Figura 2-0-10 Flare multipunto en posición elevada

2.1.12.5 Flare sin humo y con humo

- a) Flare sin humo: Los sistemas con antorchas sin humos eliminan cualquier humo evidente por encima de un rango estipulado de flujo. La combustión sin humo se consigue mediante la utilización de aire, vapor, presión o cualquier otro medio que pueda originar turbulencia y entrada de aire dentro de la corriente de gas de la antorcha. Las regulaciones locales y los requerimientos específicos de la planta definen generalmente la combustión sin humo. La opacidad se define mediante la escala numérica de Ringelmann (Ringelmann 1 significa el 20% de opacidad, mientras que Ringelmann 0 se corresponde con totalmente claro). La tendencia a producir humos está en función del poder calorífico del gas y del tipo de enlace de los hidrocarburos. Las series parafínicas de hidrocarburos tienen la tendencia más baja a producir humo, mientras que las olefinas, y las series de hidrocarburos aromáticos y diolefínicas, tienen una tendencia bastante mayor. Las antorchas sin humos pueden contar con sistemas de supresión de humos, bien asistidas por Aire, o bien asistidas por Vapor para mejorar la combustión. Las antorchas asistidas con aire emplean ventiladores para mejorar la mezcla en el quemador (ver figura 2-11). Existen diseños en los que es el aire, el que se lleva interiormente al fuste de gas de antorcha. En las antorchas sin humos asistidas con vapor, la inyección del mismo se hace a través de un anillo concéntrico al quemador con gran número de boquillas de inyección.(Gomez Fernandez, 2010)

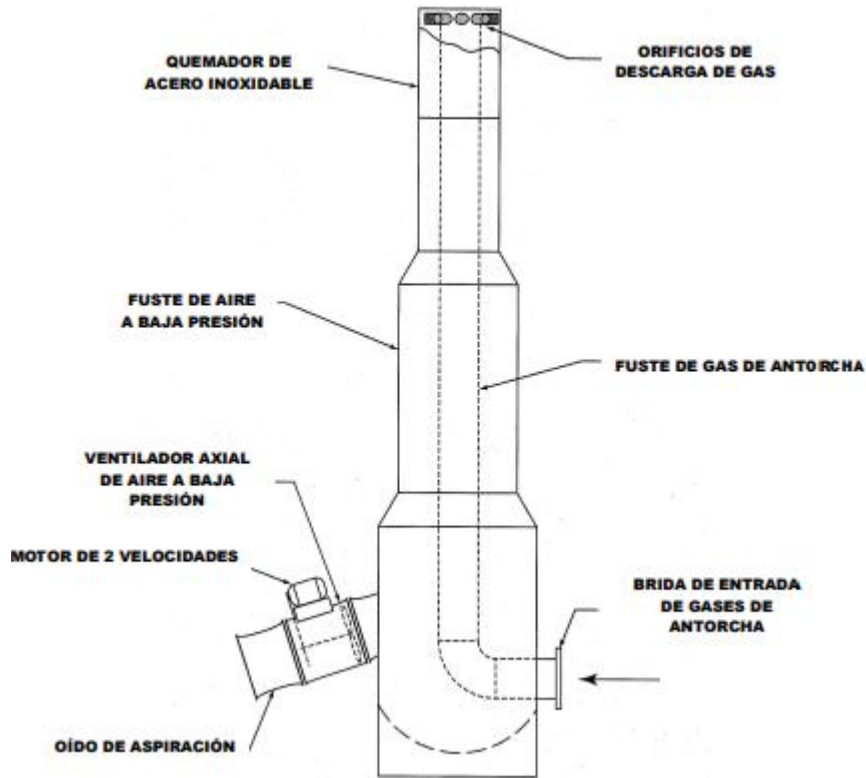


Figura 2-0-11 Flare asistida con aire

b) Flare con humo: Estas antorchas no están asistidas por sistemas que emplean aire o vapor, o cualquier otro método ajeno a ellas para mejorar la combustión. Esto a veces da lugar a la presencia de humos en determinadas condiciones de funcionamiento. Este tipo de antorchas suelen ser de tipo monopunto, pero no exclusivamente. Las antorchas con humo se utilizan también para suplir a las de sin humo, cuando la capacidad de estas últimas es excedida. (Gomez Fernandez, 2010)

2.1.12.6 Flare endotérmicas (asistidas con gas combustible)

Estas antorchas requieren un aporte energético en forma de calor cuando están quemando flujos de residuos con bajo poder calorífico. Una antorcha endotérmica de gran consumo de energía, asistida por gas o con pilotos de alto rendimiento, debería ser considerada cuando:

- El poder calorífico del flujo de residuos esté por debajo de los 5.589 a 7.452 kJ/m³ estándar (PCI).
- Cumplimiento con las normas ambientales. (Gomez Fernandez, 2010)

2.1.13 Consideraciones de selección

2.1.13.1 Selección de tipo de antorcha

Consideraciones importantes al seleccionar el tipo de antorcha:

- Los requisitos de seguridad y las normativas medioambientales deben cumplirse en el diseño y selección de la antorcha.
- Costes (de capital y de funcionamiento). Coste de capital inicial y los gastos de operación y mantenimiento.
- Caudales del flujo característicos (composición, presión y temperatura) que están en función del diseño del proceso.
- Relaciones vecinales, alarma social, disponibilidad y coste de utilidades, disponibilidad de espacio.
- Función del diseño general de la planta y su ubicación. Esta información es generada normalmente durante el diseño del proceso, trazado o autorización de una instalación. (Berenguer Carlos & Correa Nacul, 2004)

2.2. MARCO CONTEXTUAL

2.2.1 Ubicación del lugar

La Planta de Almacenaje de Gas Licuado de Petróleo (GLP) del Distrito Comercial Potosí se encuentra en la ciudad de Potosí provincia Tomas Frías, en la calle Gabriel Rene Moreno zona Las Delicias. Cuenta con las siguientes coordenadas:

Latitud: -19.577361°

Longitud: -65.760528°



Figura 2-0-12 Ubicación Planta de Almacenaje Distrito Comercial Potosí

2.2.2 Recepción del Gas Licuado

El poliducto Sucre-Potosí (PSP) que tiene un diámetro nominal de 3", transporta hidrocarburos refinados, como son gas licuado de petróleo (GLP), gasolina especial (GE) desde la planta de Qhora Qhora hasta la terminal de recepción Planta/Estación Potosí. La capacidad original de construcción fue de 3000 BPD para el transporte de productos terminados. En la actualidad tiene un régimen promedio mensual de 250 m³/día a 450m³/día, y varía en función a la demanda del mercado. Eventualmente también se realiza la recepción de GLP mediante cisternas.

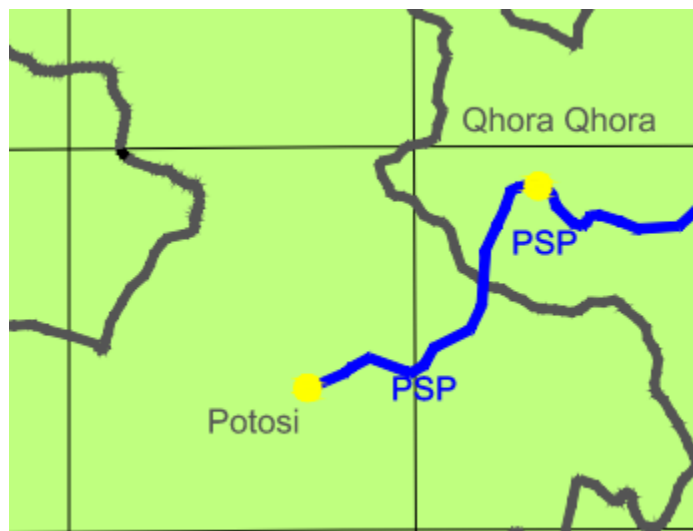


Figura 2-13 Poliducto Sucre- Potosí

2.2.3 Descripción de tanques de GLP

La recepción de GLP se hace en 7 tanques de almacenaje de tipo horizontal o salchicha y en el tanque número 8 se almacena la interfase GLP/GE. Estos tienen una máxima presión operativa de 250 psi y registran una producción de 6300 garrafas por día.

Tabla 2-1 Descripción tanques Horizontales

N° TANQUE	PROPIEDAD	CAP. MÁX (Litros)	CAP. OPERATIVA (Litros)
01	Comercial	76.483	65.010
02	Comercial	76.483	65.010
03	Comercial	76.483	65.010
04	Comercial	76.757	65.243
05	Logística	76.757	65.243
06	Logística	76.970	65.424
07	Logística	76.970	65.424
08 (Tk Interfase)	Logística	75.503	64.177
CAPACIDAD MÁXIMA TOTAL (Litros)			612.406

CAPACIDAD OPERATIVA TOTAL (Litros)	520.546
CAPACIDAD OPERATIVA GLP PURO TOTAL (Litros)	456.364

Como se puede observar en el Anexo B, se puede ver la distribución de los tanque verticales y horizontales dentro de la planta engarrafadora de Potosí, así como también su capacidad de almacenaje, producto y dimensiones del tanque.

2.2.4 Propiedades del GLP

En la siguiente tabla se muestra las propiedades del gas licuado de petróleo y su composición (%volumen liquido) de la planta engarrafadora potosí

Tabla 2-2 Propiedades del GLP

VARIABLE	ESPECIFICACION		UNIDAD	RESULTADO
	MIN	MAX		
Gravedad Especifica a 60°F	0.52	0.57	-	0.5268
Tensión de Vapor a 100°F	80	170	PSIG	139.18
Residuo volátil 95% Volumen		2,2(36)	°C(°F)	-2.9
Pentano y más pesados		2	%Vol	
Residuo por Evap. 100 ml		0,05	ml	
Corrosion Lamina de Cobre		1	-	
Azufre Total		200	ppm/P	
Poder calorifico			BTU/ft3	2739,62
			BTU/Lb	21541,62
Contenido de Etano		3	%Vol	0,5221

COMPOSICION (%Vol.Liq)									
Cromatografía	CH4	C2H6	C3H8	i-C4 H10	n - C4 H10	i - C5 H12	n -C5 H12	C6 +	TOTAL
GLP	0.0000	0.5221	66.6563	13.4707	17.7951	1.3952	0.1587	0.0000	100.00%

2.2.5 Inspección de tanques

Recientemente se hizo la inspección integral de mantenimiento a los tanques de GLP de la planta de almacenamiento comercial de Potosí bajo la norma API 510 estableciendo que existen altos niveles de seguridad operativa y una vida útil de 80 años debido a los bajos índices de tasa de corrosión.

La inspección integral y mantenimiento de los tanques de GLP comprendió la realización de trabajos de inspección visual, la revisión de la presencia de partículas magnéticas, líquidos penetrantes, medición de espesores con ultrasonido, prueba hidrostática para mantener la integridad de los tanques de almacenaje de GLP.

Adicionalmente, se efectuó la verificación de la aplicación de pinturas aptas para tanques presurizados, cambio total de válvulas de seguridad, válvulas exceso de flujo, válvulas troncheras e inspección de líneas de tuberías y accesorios.

2.3. INFORMACION Y DATOS OBTENIDOS

Para el cálculo del sistema de quema controlada se debe partir mediante un análisis de despresurización en el cual se considerará un procedimiento operativo de mantenimiento de los tanques cuenten con el mayor volumen a despresurizar. Posteriormente se procede con el cálculo del diámetro óptimo de las tuberías asociadas de acuerdo a las variables críticas de flujo.

Para el dimensionamiento del Knock Out Drum (K.O.D) se deberá considerar el flujo obtenido en el análisis de despresurización tomando como parámetro las condiciones de flujo máximo, el dimensionamiento del equipo deberá seguir los lineamientos de la API 521 punto (5.7.9.).

Para el diámetro y la altura del Flare Stack, se deberá considerar tanto el flujo másico calculado en etapas previas como también las propiedades físicas y químicas del fluido (GLP) el procedimiento de cálculo será realizado de acuerdo a la API STD 521 Anexo C (punto C.2.) y la API 537 punto (5).

Las distancias de seguridad en caso de ignición serán determinadas de acuerdo a la API 521 punto (5.7) considerando el flujo máximo calculado de acuerdo al análisis de despresurización, Las distancias de seguridad serán determinadas de acuerdo a los niveles de radiación establecidos en la norma.

En los puntos siguientes se detallan los procedimientos descritos para el dimensionamiento del sistema de quema controlada.

2.3.1 Despresurización

La despresurización se lo realizará con la utilidad DEPRESSURING del software ASPEN HYSYS con los datos de entrada (Tabla 2-2)

La simulación se lo realizará para el caso Adiabático, ya que se prevé la despresurización solo para casos de mantenimiento.

2.3.1.1 Condiciones Iniciales y Finales

Las condiciones para el inicio de una despresurización estarán definidas por la presión de diseño del recipiente, presión de operación o en base a la presión de Set de la válvula de alivio. De la misma manera para la temperatura, se define como punto inicial la mínima temperatura operativa registrada en el recipiente.

Las condiciones finales para el cálculo de despresurización son:

- Presión: Siguiendo la norma API STD 521, la presión final será el 50% de la presión inicial.
- Temperatura: Resultado del cálculo de despresurización.

Teniendo los criterios mencionados anteriormente se tiene los siguientes datos:

Tabla 2-3 Condiciones Iniciales y Finales

Sistema	Presión inicial / Presión Final	Temperatura inicial / Final
TK-1 / TK-2 / TK-3 / TK-4 TK-5 / TK-6 / TK-7	110 PSIG / 55 PSIG (124.7 PSIA / 64.7 PSIA)	104 °F / Calculado

Para la despresurización se tomará en cuenta el tanque con más volumen (TK-7), es decir 65.424 litros.

Debido a que las válvulas manuales varían el coeficiente de descarga con su diámetro, se tomará en cuenta un diámetro de 3 pulgadas en el sistema y se considera que las válvulas son de paso total.

Se seleccionará el Coeficiente de flujo (Cv) para una válvula globo de 3 pulgadas de acuerdo a catálogos de fabricante.

GLOBE VALVE Cv's								
CLASS 150								
SIZE	2"	2-1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"
Cv	46	72	105	166	400	810	1,310	1,900
CLASS 300								
SIZE	2"	2-1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	
Cv	46	84	104	165	436	692	1,120	

El tiempo de despresurización será acotado de acuerdo al punto 4.6.6. de la API 521. Se establecerá un porcentaje de apertura de la válvula de forma de cumplir con el 50% de reducción de presión del sistema.

2.3.1.2 Flujo masico

El flujo másico se determinará mediante el análisis de despresurización realizado en el punto 2.3.1.

2.3.1.3 Diámetro de línea de descarga

Una vez determinado el caudal másico, se procede con la verificación del diámetro óptimo de las tuberías asociadas utilizando ASPEN FLARE SYSTEM ANALYZER, el cual permite verificar parámetros de flujo, los cuales son detallados a continuación:

- Numero Mach: 0.5 - 0.7
- Presión Dinámica: 1500000 Pa (kg/(m*s²)) (100795 lb/(ft*s²))
- Caída de Presión: 1 psi/100 pies

2.3.2 Dimensionamiento del K.O.D.

2.3.2.1 Dimensionamiento de la Envolverte

Siguiendo el punto (5.7.9.) de la Norma API STD 521 se tiene el siguiente procedimiento, el cual tiene por finalidad determinar las dimensiones requeridas para el Knock Out Drum

Tabla 2-4 Parámetros para la determinación del espesor requerido

Secuencia	Descripción	Ecuación o Variable	Unidades
A	Cálculo Velocidad de Asentamiento	$v = 0.01186 * \left[\left(\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g} \right) * \frac{d_m}{C_d} \right]^{0.5}$	ft/s

B	Número de Reynolds	$Re = 0.0049 * \frac{\rho_g * d_m * V}{\mu_g}$	-
C	Coefficiente de arrastre calculado	$C_{(Re^2)_g} = \frac{0.13e + 0.8 * \rho_g * d_m^3 * (\rho_l - \rho_g)}{\mu^2}$	-
D	Constante de Souders y Brown	$K = [(\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}) * \frac{d_m^{0.5}}{C_d}]$	-
E	Capacidad de Gas, en base al diámetro requerido D .	$D^2 * Leff = 422 * \frac{T * z * Q_g}{P} * K$	in
F	Capacidad del líquido liviano y pesado	$D^2 * Leff = \frac{t_r Q_l}{0.7}$	in ³
G	Cálculo de Relación de esbeltez	$R = 12 * \frac{L_{ss}}{0.7}$	-

Donde:

ρ_l : Densidad de la fase líquida, lb/ft³

ρ_g : Densidad de la fase gaseosa, lb/ft³

μ_g : Viscosidad de la fase gaseosa, cp

z: Factor de compresibilidad

T: Temperatura de operación, °R

P: Presión de operación, psia

Q_g: Caudal de gas, MMSCFD

Q_l: Caudal de líquido, BPD

t_r: Tiempo de retención, min (De acuerdo a la Norma API STD 521)

d_m: Diámetro de partícula, micrones (para efectos del cálculo se tomó 600 micrones)

C_{(RE)²}: Coeficiente de arrastre (ver figura 12 de la Norma API STD 521)

2.3.2.2 Tiempo de Residencia

El tiempo de residencia para separadores Knock Out Drum, viene establecido por la Norma API STD 521. Para efectos del cálculo se tomará un tiempo de residencia de 30 minutos.

2.3.2.3 Cálculo de espesores

Se presenta un cálculo preliminar del espesor de la envolvente y el cabezal de acuerdo al código ASME Sección VIII Div.1

Tabla 2-5 Parámetros para la determinación de espesor requerido

Parámetros de Cálculo		
Presión de diseño	285	psig
Temperatura de diseño	100	°F
Eficiencia de junta	1	adim
Espesor por corrosión / erosión (tc)	0.0625	pulgadas

- Espesor requerido región cilíndrica

$$t_{cilindro} = \frac{PD}{2SE - 1.2P} + t_c$$

- Espesor requerido en casquete (Elipsoidal 2:1)

$$t_{cabezal} = \frac{PD}{2SE - 0.2P} + t_c$$

2.3.2.4 Diámetros de boquillas de entrada y salida

Para la determinación de las boquillas de ingreso y salida del separador, el diámetro seleccionado no deberá exceder los límites de $\rho V/2$ y velocidades máximas permisibles recomendadas por la Norma API STD 521.

2.3.2.5 Diámetro y altura de la Tea

Las condiciones de entrada para la simulación y cálculo de la altura y diámetro de la Tea se los asumirá para el caso más crítico, es decir cuando el viento se dirija hacia los tanques existentes.

Para la estimación de la altura y área de enmallado se realizará el cálculo de radiación tomando los límites de exposición mencionado en la API STD 521

106 API STANDARD 521	
Table 12—Recommended Design Thermal Radiation for Personnel	
Permissible Design Level $\frac{K}{\text{kW/m}^2 \text{ (Btu/h}\cdot\text{ft}^2)}$	Conditions
9.46 (3000)	Maximum radiant heat intensity at any location where urgent emergency action by personnel is required. When personnel enter or work in an area with the potential for radiant heat intensity greater than 6.31 kW/m ² (2000 Btu/h·ft ²), radiation shielding and/or special protective apparel (e.g. a fire approach suit) should be considered. Safety Precaution—It is important to recognize that personnel with appropriate clothing^a cannot tolerate thermal radiation at 9.46 kW/m² (3000 Btu/h·ft²) for more than a few seconds.
6.31 (2000)	Maximum radiant heat intensity in areas where emergency actions lasting up to 30 s can be required by personnel without shielding but with appropriate clothing. ^a
4.73 (1500)	Maximum radiant heat intensity in areas where emergency actions lasting 2 min to 3 min can be required by personnel without shielding but with appropriate clothing. ^a
1.58 (500)	Maximum radiant heat intensity at any location where personnel with appropriate clothing ^a can be continuously exposed.

^a Appropriate clothing consists of hard hat, long-sleeved shirts with cuffs buttoned, work gloves, long-legged pants, and work shoes. Appropriate clothing minimizes direct skin exposure to thermal radiation.

Para la determinación del diámetro de la punta de la Tea:

$$d = \sqrt{3.225 * 10^{-2} * \frac{W}{P * Mach} * \sqrt{\frac{Z * T_G}{k * MW_G}}}$$

Donde:

d: Diámetro interno de la punta, (m)

W: Flujo másico requerido de alivio, (kg/h)

P: Presión de Salida (Pa)

Mach: Número de mach, (-)

Z: Factor de compresibilidad, (-) TG= Temperatura del gas, (K)

k: Relación de calores específicos (Cp/Cv), (-)

MWG: Peso molecular del gas, (g/gmol)

Se tiene las siguientes ecuaciones para la determinación la radiación por ignición

$$H = \sqrt{D^2 - (R - X_{CL})^2} - Y_{CL}$$

$$D = \sqrt{\frac{r * F * Q}{(4 * \pi * I)}} - Y_{CL}$$

$$R = \sqrt{D^2 - (R - Y_{CL})^2} + X_{CL}$$

Donde:

X_{CL} : Distancia entre la tea y el centro de la llama

Y_{CL} : Distancia entre la boquilla de la tea y el centro de la llama

R: Distancia entre el punto de referencia y boquilla de la tea

D: Distancia radial desde el centro de llama hasta el punto de radiación total (m)

t: Fracción de calor transmitido (efecto de la humedad en el aire), (-)

F: Fracción de calor radiado, (-)

Q: Flujo de calor generado, (W)

H: Altura del Flare stack, m

I: Radiación total de diseño, (W/m²)

Tabla 2-6 Condiciones de entrada para la determinación de la altura del stack

Velocidad del viento	29.5 ft/s (32.4 km/h)
Dirección del viento, grados	110°
Humedad del ambiente	20 %
Radiación solar	1.04 Kw/m ²

Nota: A efectos de no sobredimensionar la altura del flare stack se asumirá el dato de 1.04 Kw/m² de Radiación Solar, 5.7.2.3.1 Effect on Human Skin

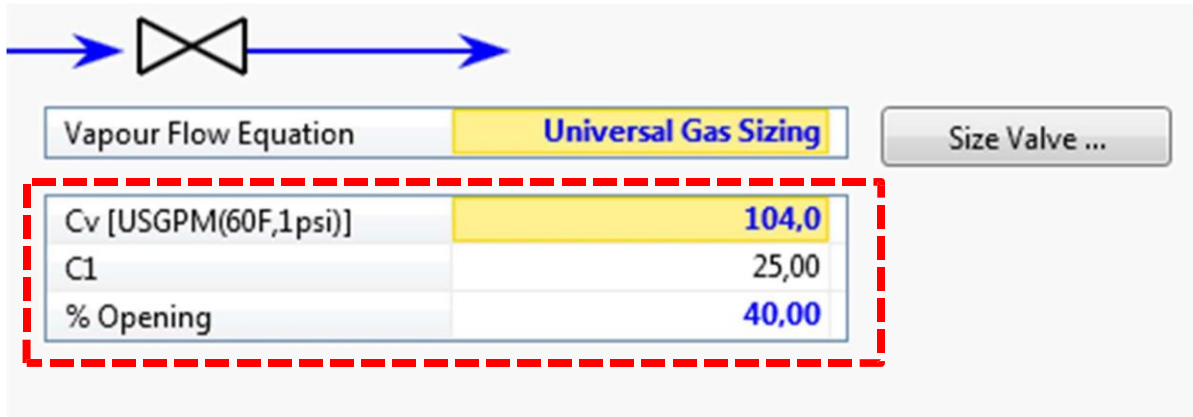
Seguendo la Norma API STD 521, Se verificará y confirmará el diámetro de la tea.

2.4. ANALISIS Y DISCUSIÓN

2.4.1 Despresurización

Para llegar a despresurizar desde 110 psig hasta 55 psig en 15 minutos con un coeficiente de flujo de 104 para una válvula globo de 3 pulgadas se determinó un porcentaje de apertura de 40% como se muestra en la figura 2-13

Figura 2-13 Coeficiente de flujo para la despresurización



La tabla presentada a continuación, resume los resultados obtenidos para la Despresurización en caso Adiabático:

Tabla 2-7 Resultados-Despresurización caso adiabático

Parámetro	Unidades	Valor
Diámetro de Válvula	Pulgadas	3
Coficiente de Flujo de Válvula	USGPM	104
Porcentaje de apertura de la válvula	%	50
Flujo Másico Máximo	Lb/h	16516
Tiempo de despresurización	Segundos (minutos)	492 (8.2)
Presión Final	Psig	55
Temperatura Final a la salida de la válvula	°F	94.7

Como se muestra en la tabla 2-6 el flujo másico será 16.516, lb/h

Por tanto, el flujo molar será 3.179 MMSCFD

2.4.2 Diámetro de línea de descarga

A continuación, se exponen los resultados hidráulicos, obtenidos de las simulaciones realizadas en Aspen Flarenet.

Tabla 2-8 Evaluación Hidraulica del Sistema de Venteo

Descripción	Presión (Psig)	Temperatura (°F)	Nro. Mach	ρv^2 lb/(ft*s ²)
	Entrada / Salida	Entrada / Salida	Entrada / Salida	Entrada / Salida
Tubería de 3 pulgadas (salida de la válvula)	38.05 / 36.7	94.71 / 94.6	0.266 / 0.274	18573 / 19128
Tubería a la entrada del K.O.D. 4"-0.237-B-(GLP-3)-0665	36.36 / 13.4	94.6 / 90.11	0.156 / 0.296	6311 / 12128
K.O.D. (Boquillas de 4 pulgadas)	13.4 / 6.15	90.11 / 90.11	0.296 / 0.324	12128 / 13281
Tubería a la Salida del K.O.D. 4"-0.237-B-(GLP-3)-0658	11.27 / 1.71	90.11 / 89.59	0.324 / 0.578	13281 / 23863

2.4.3 Dimensionamiento del K.O.D.

Siguiendo la Norma API STD 521, se tiene una separación de gotas de 600 micrómetros. Las condiciones del proceso para el dimensionamiento del K.O.D. se dan en la tabla 2-8 teniendo los siguientes datos de entrada:

Tabla 2-9 Datos de entrada para dimensionar el KOD

Diámetro de partícula	600 μ m
Flujo de gas	16516 lb/h
Flujo de líquido	1651.6 lb/h
Densidad del gas	0.433 lb/ft ³
Densidad del líquido	33.49 lb/ft ³
Viscosidad del gas	0,0084 cp
Tiempo de residencia	30 min

Tabla 2-10 Áreas transversales KOD

Diámetro interno	0.933 m (36.75 pulg.)
-------------------------	-----------------------

Longitud T-T	3.048 m (10 pies)
Relación L/D	3.33
Espesor adoptado	3/8"
Diámetros de las Boquillas entradas / Salida	4 pulgadas / 4 pulgadas

2.4.4 Diámetro y Altura de la Tea

- Diámetro del stack y tip

Tabla 2-11 Diámetros y velocidades del stack y del Tip

Descripción	Presión (Psig)	Temperatura (°F)	Nro. Mach	ρv^2 lb/(ft*s ²)
	Entrada / Salida	Entrada / Salida	Entrada / Salida	Entrada / Salida
Stack 8 pulgadas	0.27 / 0.15	89.59 / 89.35	0.137 / 0.138	1440 / 1452
Tip 6 pulgadas	0.156 / 0.00	89.35 / 89.35	0.138 / 0.00	1452 / 0.00

Altura de la Tea: 39.37 ft (12 m)

2.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La selección de tipo de antorcha adecuado para la planta engarrafadora potosí es vertical según los criterios de selección mencionados
- Conocidas las bases de diseño de la Antorcha, es decir, características del Gas de Antorcha, las condiciones del emplazamiento, y las propiedades de la llama, se han definido las características fundamentales del equipo, diámetro y altura. Todo ello en estricto cumplimiento con la presión disponible para transportar dicho combustible al punto terminal de la antorcha, el quemador, y de acuerdo con una radiación a nivel de suelo admisible por diseño.
- Para las condiciones de proceso el KOD que cumple la retención de gotas menores a 600 micrones es de 36" x 10 ft, con entrada y salida ambas en 4". Además, que

cumple con los límites de velocidad de presión y velocidad mach fijados en el Punto 4 (Consideraciones Generales) con los diámetros establecidos.

- De acuerdo a los resultados la altura de la tea será de 39.37 ft (12 m).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

American Petroleum Institute (2020). Guide for Pressure- Relieving and Depressuring Systems

Berenguer Carlos, C., & Correa Nacul, E. (2004). *Sistemas de Alivio en Instalaciones de Superficie.*

Gomez Fernandez, D. (2010). *Diseño de una Antorcha en Instalaciones de Regasificación de GNL.*

Suarez, F. (2018). *Antorchas en las Plantas de Refinación de Petróleo.*

Inedon, (2021). Especificación final de Alivios y Venteo

Cárdenas Caicedo (2009) especificaciones y cálculos para el diseño del sistema de alivio y tea en una estación compresora de gas natural ingeniería detallada desarrollada para el departamento de proceso en la empresa ab proyectos s.a

Ibnoorca. (2004). *norma boliviana nb 441.* segunda revisión.

ANEXOS

Anexo A imágenes de la disposición de los tanques



