

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

**VICERRECTORADO**

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**



**PROPUESTA DE UNA TECNICA PARA LA REDUCCIÓN DE COMPUESTOS  
ORGÁNICOS VOLÁTILES DE LOS TANQUES DE GASOLINA ESPECIAL EN  
LA PLANTA QHORA QHORA**

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

**JUANA SARAI VILLALOBOS FLORES**

**Sucre - Bolivia**

**2023**

## **CESIÓN DE DERECHOS**

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Juana Saraí Villalobos Flores

Sucre, 1 diciembre de 2023

## **DEDICATORIA**

A mis padres quienes confiaron en mí en todo tiempo y me brindaron el deseo de superación, guiándome en cada momento con sus sabios consejos.

Y mis hermanos, abuelos, familia, pastores y amigos quienes me motivaron a perseguir mis sueños, a perseverar en tiempos difíciles y a confiar más en los propósitos de Dios.

A todos les estoy muy agradecida soy bendecida por tenerlos en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo agradecer a mi padre Dios por permitir que yo cumpla una meta más, por brindarme la sabiduría y darme fortaleza para seguir adelante, a pesar de cada dificultad que atravesaba tu estuviste fiel en mi lado.

Quiero honrar a mis padres Juan Carlos Villalobos Machaca y Elva Flores Paco, quienes estuvieron conmigo en todo el trayecto como estudiante, siendo mis grandes referentes para mi formación profesional. Estoy muy agradecida por todo el tiempo invertido, por cada oración realizada a mi favor, ustedes son para mí el mejor regalo que Dios me dio.

Agradezco a mis hermanos Juan Aarón, Reu Nacor, Abdi Uziel, José Carlos, Abner Baruc y a mi abuelo Hilarión Flores quienes confiaron en mí y me brindaron su apoyo incondicional. A todos los que estuvieron conmigo amigos y familia muchas gracias por su apoyo y consejo.

Así también a la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, a la Facultad de Ciencias y Tecnología y docentes de la Carrera de Ingeniera de Petróleo y Gas.

## RESUMEN

Este trabajo investigativo, se realizó para poder buscar una técnica para reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles provenientes de la gasolina especial en los TK-109 y TK-108 en la planta de almacenaje Qhora-Qhora ya que estas emisiones llegan a ser un problema provocando pérdidas en los volúmenes almacenados.

Un gran factor que permite tener pérdidas en el almacenaje de Gasolina Especial en la planta, es el tipo de tanque con el que llega a ser almacenado la gasolina especial ya que ambos contenedores TK-109 y TK-108 son de techo fijo cónico, en este tipo de tanque sus diseños no llegan a ser favorables para el acopio de combustibles volátiles, permitiendo así por diferentes causas el cambio de estado de líquido a vapor del combustible almacenado.

El objetivo de este trabajo de investigación es poder encontrar una técnica que sea la más adecuada para su implementación en los tanques de almacenaje TK-109 y TK-108, evitando así la reducción de estas emisiones emitidas por el combustible de gasolina especial, ya que estas emisiones pueden llegar a causar pérdidas económicas para la empresa, llegando hasta tener multas por el impacto que ocasionaría en el ambiente, de igual manera esto traerá daño a futuro para la población en especial a la población que vive en su alrededor.

Se planteó utilizar la metodología con enfoque propositivo, cuantitativo de alcance descriptivo, donde se encontró con los datos e información necesaria para la elaboración de este trabajo, al igual que se buscó por informaciones bibliográficas cada una de las técnicas para la reducción de combustibles volátiles para minimizar las mermas existentes ya que todos los datos obtenidos se recopiló de fuentes como YPF Logística.

De acuerdo con el análisis realizado de las diferentes técnicas para la reducción de emisiones de vapor a causa de la gasolina especial en los tanques de la planta, es que se determina que la mejor solución será implementar un Sistema de Recuperación de Vapores, esto por ser más factible su ejecución.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                             |          |
|---------------------------------------------|----------|
| DEDICATORIA .....                           | i        |
| AGRADECIMIENTOS .....                       | ii       |
| RESUMEN.....                                | iii      |
| ÍNDICE DE CONTENIDO.....                    | iv       |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                      | vii      |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                      | viii     |
| <b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>        | <b>1</b> |
| 1.1. ANTECEDENTES.....                      | 1        |
| 1.1.1 Planteamiento del problema. ....      | 2        |
| 1.2. OBJETIVOS.....                         | 3        |
| 1.2.1. Objetivo General .....               | 3        |
| 1.2.2. Objetivos Específicos.....           | 3        |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN.....                     | 3        |
| 1.3.1. Justificación Practica.....          | 3        |
| 1.3.2. Justificación Teórica. ....          | 4        |
| 1.4. METODOLOGÍA. ....                      | 4        |
| 1.4.1. Técnicas de investigación.....       | 4        |
| 1.4.2. Instrumentos de investigación.....   | 5        |
| <b>CAPÍTULO II: DESARROLLO .....</b>        | <b>6</b> |
| 2.1. MARCO TEÓRICO .....                    | 6        |
| 2.1.1. Marco Conceptual .....               | 6        |
| 2.1.1.1 Combustible Gasolina .....          | 6        |
| 2.1.1.1.1 Tipos de gasolina .....           | 6        |
| 2.1.1.2 Tanques de Almacenaje .....         | 8        |
| 2.1.1.3 Tipos de tanques de almacenaje..... | 9        |
| 2.1.1.3.1 Por su forma.....                 | 9        |
| 2.1.1.3.2 Por su tipo de techo.....         | 11       |
| 2.1.1.3.3 Por su presión de operación ..... | 14       |

|                                                                                          |                                                                                           |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.1.4                                                                                  | Materiales para la fabricación de tanques .....                                           | 14        |
| 2.1.1.5                                                                                  | Pérdidas en tanques de techo fijo .....                                                   | 15        |
| 2.1.1.6                                                                                  | Compuestos orgánicos volátiles .....                                                      | 18        |
| 2.1.1.7                                                                                  | Medidas de Reducción de COV .....                                                         | 18        |
| 2.1.1.1.1.                                                                               | Plataforma flotante.....                                                                  | 19        |
| 2.1.1.7.2.                                                                               | Sistema por oxidación térmica.....                                                        | 23        |
| <b>2.1.2</b>                                                                             | <b> Marco legal.....</b>                                                                  | <b>25</b> |
| <b>2.1.3</b>                                                                             | <b> Marco contextual.....</b>                                                             | <b>27</b> |
| 2.1.3.1                                                                                  | Planta Qhora-Qhora .....                                                                  | 27        |
| 2.1.3.1.1                                                                                | Ubicación de la Planta Qhora-Qhora .....                                                  | 27        |
| 2.1.3.1.2                                                                                | Poliducto Camiri-Sucre.....                                                               | 28        |
| 2.1.3.1.3                                                                                | Almacenaje, recepción y despacho en la planta de almacenaje Qhora-Qhora.....              | 29        |
| 2.1.3.1.4                                                                                | Consumo de gasolina especial por EESS y GRACOS abastecidos por la planta Qhora-Qhora..... | 31        |
| 2.1.3.2                                                                                  | Tanques de almacenaje TK-109 y TK-108 .....                                               | 31        |
| 2.1.3.3                                                                                  | Registro de PVR en tanques de gasolina escial.....                                        | 34        |
| 2.1.3.4                                                                                  | Límites de Variación en los tanques de gasolina especial .....                            | 35        |
| <b>2.2</b>                                                                               | <b> INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS .....</b>                                               | <b>36</b> |
| 2.2.1                                                                                    | Cálculo de mermas y/o variaciones en la planta Qhora-Qhora .....                          | 36        |
| 2.2.2                                                                                    | Factores de pérdidas en la Planta Qhora-Qhora .....                                       | 38        |
| <b>2.3</b>                                                                               | <b> ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....</b>                                                         | <b>39</b> |
| 2.3.1                                                                                    | Selección de la técnica para reducir las emisiones de los COV .....                       | 39        |
| 2.3.2                                                                                    | Factibilidad de la técnica.....                                                           | 41        |
| <b>CAPÍTULO III: CONCLUSIONES.....</b>                                                   |                                                                                           | <b>43</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                                  |                                                                                           | <b>44</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                                                      |                                                                                           | <b>46</b> |
| <b>Anexo 1.</b> Métodos de control y tratamiento de compuestos orgánicos volátiles ..... |                                                                                           | <b>46</b> |
| <b>Anexo 2.</b> Métodos de control y tratamiento de compuestos orgánicos volátiles ..... |                                                                                           | <b>47</b> |
| <b>Anexo 3.</b> Gasoductos en Bolivia.....                                               |                                                                                           | <b>48</b> |
| <b>Anexo 4.</b> Venta anual de gasolina especial en estaciones de servicio. ....         |                                                                                           | <b>49</b> |

|                 |                                                                          |    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 5.</b> | Consumo de gasolina especial de los Grandes Consumidores (GRACOS). ..... | 50 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|----|

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Características de la gasolina especial.....</i>                                                                     | 7  |
| <b>Tabla 2.</b> <i>Clasificación de tanques según su presión.....</i>                                                                   | 14 |
| <b>Tabla 3.</b> <i>Sistema por ductos en Camiri-Sucre.....</i>                                                                          | 29 |
| <b>Tabla 4.</b> <i>Capacidad de almacenaje en la planta Qhora-Qhora.....</i>                                                            | 30 |
| <b>Tabla 5.</b> <i>Histórico de volúmenes despachados en la planta Qhora-Qhora. ....</i>                                                | 30 |
| <b>Tabla 6.</b> <i>Ficha técnica del TK-109.....</i>                                                                                    | 32 |
| <b>Tabla 7.</b> <i>Ficha técnica del TK-108.....</i>                                                                                    | 33 |
| <b>Tabla 8.</b> <i>Registro de PVR en los tanques de la planta Qhora-Qhora. ....</i>                                                    | 34 |
| <b>Tabla 9.</b> <i>Variación máxima y mínima de gasolina especial.....</i>                                                              | 35 |
| <b>Tabla 10.</b> <i>Reporte de movimiento de gasolina especial en la planta Qhora-Qhora.....</i>                                        | 36 |
| <b>Tabla 11.</b> <i>Calculo de mermas y/o variaciones de acuerdo a los movimientos anuales realizados en la Planta Qhora-Qhora.....</i> | 37 |
| <b>Tabla 12.</b> <i>Matriz para determinar la técnica de emisiones de COV en los TK-109 y TK-108.....</i>                               | 39 |
| <b>Tabla 13.</b> <i>Costos de equipos y accesorio para la recuperación de vapores .....</i>                                             | 41 |
| <b>Tabla 14.</b> <i>Costos de operación.....</i>                                                                                        | 42 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> <i>Tanques de almacenamiento.</i> .....                                    | 8  |
| <b>Figura 2.</b> <i>Tanque cilíndrico horizontal.</i> .....                                 | 10 |
| <b>Figura 3.</b> <i>Tanques cilíndricos verticales</i> .....                                | 10 |
| <b>Figura 4.</b> <i>Tanques esféricos.</i> .....                                            | 11 |
| <b>Figura 5.</b> <i>Tanque de almacenaje de techo fijo auto-soportado, tipo domo.</i> ..... | 12 |
| <b>Figura 6.</b> <i>Tanque con techo flotante, cubierta externa.</i> .....                  | 13 |
| <b>Figura 7.</b> <i>Techo flotante, cubierta externa.</i> .....                             | 13 |
| <b>Figura 8.</b> <i>Perdidas por reposo o almacenamiento.</i> .....                         | 16 |
| <b>Figura 9.</b> <i>Tanque ventilando.</i> .....                                            | 16 |
| <b>Figura 10.</b> <i>Proceso de llenado del tanque.</i> .....                               | 17 |
| <b>Figura 11.</b> <i>Proceso de vaciado de tanque.</i> .....                                | 18 |
| <b>Figura 12.</b> <i>Partes de un techo flotante interno.</i> .....                         | 19 |
| <b>Figura 13.</b> <i>Sistema de recuperación de vapor.</i> .....                            | 21 |
| <b>Figura 14.</b> <i>Sistema de oxidación térmica.</i> .....                                | 23 |
| <b>Figura 15.</b> <i>Imagen de la Planta Qhora-Qhora.</i> .....                             | 28 |
| <b>Figura 16.</b> <i>Tanques de almacenamiento de la planta Qhora-Qhora.</i> .....          | 31 |

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. ANTECEDENTES**

YPFB Corporación, juega un papel crucial en el almacenamiento y distribución de hidrocarburos, incluyendo diésel, gasolina y otros combustibles. Cuenta con 16 plantas de almacenaje a nivel nacional y es responsable de abastecer diferentes regiones a través de sistemas de poliductos y camiones cisternas (YPFB Logística S.A., 2022).

La ciudad de Sucre, epicentro administrativo de Bolivia, alberga estratégicamente la planta Qhora Qhora en el departamento de Chuquisaca. Esta macrolocalización capitaliza la infraestructura sólida de Sucre, facilitando la operación industrial.

Dentro de Sucre, la planta Qhora Qhora se sitúa cuidadosamente en una zona industrial designada, garantizando cumplimiento normativo. La microlocalización optimiza el acceso a infraestructuras cruciales, como carreteras y transporte, esencial para la logística eficiente

La planta de almacenaje Qhora Qhora en Sucre es esencial para el suministro de gasolina especial en el departamento de Chuquisaca; el mismo abastece todo el eje troncal del departamento. En la actualidad la planta cuenta con dos tanques de almacenaje de tipo techo fijo para almacenar Gasolina Especial. Su abastecimiento es continuo ya que está en constante proceso de despacho para abastecer diferentes estaciones de servicios, grandes consumidores (GRACOS) y Puestos de Venta.

Investigadores del Tecnológico de Costa Rica (TEC) desarrollaron el proyecto “Reducción de Emisiones en Manejo de Combustibles”. Su fin es diseñar un prototipo que permita recuperar los vapores de los hidrocarburos que se van a la atmosfera cada vez que se cargan los tanques de combustible en los patios de distribución. De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV’s) han sido estudiados debido a los efectos adversos que puede ocasionar a la salud y al medio ambiente, especialmente en la atmósfera (Chinchilla, 2016).

En la universidad de Aquino Bolivia de la facultad de Ciencias y Tecnología de la carrera de Ingeniera de Gas y Petróleo se desarrolló un trabajo de “Minimización de emisiones de

compuestos orgánicos volátiles en el tanque de techo fijo de almacenamiento de Gasolina especial N°2911 de YPF Logística mediante la aplicación de techo interno flotante”, realizado en el año 2012 (Correa Salguero, 2012).

En la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, en la facultad de Ciencias y Tecnología en la carrera de Ingeniería Petróleo y Gas Natural, el año 2021 se realizó como proyecto de grado, “Propuesta de implementación de una unidad de recuperación de vapores (URV) convencional aplicado a los tanques de almacenamiento de gasolina especial (de techo fijo), de la planta Qhora-Qhora Sucre” dicha investigación hace referencia al método por Unidad de Recuperación Mejorada (URV) (Estrada Yucra, 2021).

Para esto el trabajo se apoyará y/o referenciará para tener un estudio más analítico de las distintas técnicas y/o tecnologías que existen en la actualidad, para ser la mejor opción para mitigar las mermas existentes en la planta de almacenaje Qhora-Qhora.

### **1.1.1 Planteamiento del problema.**

La planta de almacenaje de gasolina especial de Qhora-Qhora presenta pérdidas o mermas mayormente por evaporación.

El uso de tanques de tipo techo fijo para el almacenaje de gasolina especial de la planta Qhora-Qhora presenta una desventaja, ya que por el tipo de diseño no es recomendable para el almacenaje de líquidos volátiles, usualmente estos tipos de tanques llegan a sufrir pérdidas considerables en distintas circunstancias.

El aumento en la presencia de compuestos orgánicos volátiles en los tanques de almacenamiento de Gasolina Especial en la planta Qhora-Qhora plantea un desafío crítico. Estos compuestos orgánicos volátiles pueden tener impactos ambientales negativos y representan riesgos para la salud. La necesidad de desarrollar una propuesta para reducir eficazmente y cumplir con las regulaciones medioambientales y de seguridad se convierte en un problema fundamental en la gestión de la planta.

¿Será posible la implementación una técnica efectiva para reducir las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) provenientes de los tanques de gasolina especial en la Planta Qhora Qhora?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

Proponer una técnica para la reducción de compuestos orgánicos volátiles de los tanques de gasolina especial en la planta Qhora Qhora.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- ) Realizar una descripción del sistema de almacenaje de la planta Qhora-Qhora.
- ) Determinar el volumen de mermas en cuanto a datos de recepción, saldo y despacho en la planta Qhora-Qhora.
- ) Seleccionar la técnica más adecuada que se alinee a las condiciones de los tanques TK 108 y TK109 en la planta de almacenaje Qhora-Qhora, para la reducción de COV.
- ) Realizar un estudio económico en el método seleccionado.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1. Justificación Practica.**

La iniciativa de reducir los compuestos orgánicos volátiles en los tanques de gasolina especial de la planta Qhora-Qhora está respaldada por una justificación práctica que abarca aspectos técnicos, ambientales y económicos. Desde una perspectiva técnica, la propuesta mejora la seguridad operativa al minimizar los riesgos de incendios y explosiones asociados con las emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Además, se alinea con las normativas vigentes, promoviendo la sostenibilidad y asegurando el cumplimiento de estándares regulatorios.

Desde el punto de vista ambiental, responde a la necesidad urgente de preservar el entorno, contribuyendo directamente a la calidad del aire y la salud pública. En términos económicos, la propuesta ofrece beneficios sustanciales a largo plazo, conlleva ahorros significativos al reducir los costos asociados con la gestión de residuos y posibles sanciones normativas.

Esta convergencia de beneficios técnicos, ambientales y económicos respalda de manera práctica la implementación de la propuesta para optimizar las operaciones en la planta Qhora-Qhora.

### **1.3.2. Justificación Teórica.**

Este proyecto proporciona el enriquecimiento y fortalecimiento de los conocimientos adquiridos durante el diplomado, cuyos módulos como fundamentos de transporte y almacenamiento de hidrocarburos, ingeniería de tanques de almacenamiento. El aporte de contenido tanto teórico será de utilidad para la mejora continua del conocimiento del universitario en beneficio personal y el uso que pueda darle en el trabajo futuro.

La universidad contará con un documento referente al estudio de minimización de compuestos orgánicos volátiles en los tanques de gasolina especial de la planta Qhora-Qhora. Tal documento será base para otros trabajos en futuro.

## **1.4. METODOLOGÍA.**

La presente monografía es una investigación propositiva, con enfoque cuantitativo. (Hernandez Sampieri, 2014)

### **1.4.1. Técnicas de investigación**

Para el presente trabajo se empleará entrevistas para la obtención de los datos necesarios para la elaboración del trabajo de investigación, donde se analizará la recopilación de datos e información que se obtendrá de instituciones como YPF Logística y a la Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH

Los métodos teóricos y bibliográficos se utilizarán, para proporcionar la base conceptual necesaria para abordar el problema de la reducción de compuestos orgánicos volátiles (COV) en los tanques de gasolina especial en la planta Qhora-Qhora., y para recopilar información relevante sobre técnicas similares de reducción de compuestos orgánicos volátiles, esta revisión bibliográfica respaldará la fundamentación teórica del estudio de factibilidad.

A continuación, se procederá a describir los tanques de gasolina especial en la planta Qhora-Qhora y un análisis que facilitará la identificación de datos y variables clave que son esenciales para la toma de decisiones. Este enfoque metodológico proporcionará una base sólida para

evaluar la factibilidad de la reducción de COV en los tanques de gasolina especial en la planta Qhora-Qhora mediante la técnica propuesta.

#### **1.4.2. Instrumentos de investigación**

La descripción del sistema de almacenaje en la planta Qhora-Qhora se basa en documentos, fichas técnicas, datos históricos y repostes de YPFB Logística, Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y observación directa. El análisis cuantitativo se centra en identificar las condiciones actuales de los tanques de almacenamiento, determinar el volumen de mermas y detectar fugas. Posteriormente, se realiza un análisis comparativo mediante la revisión bibliográfica y bases de datos especializadas para seleccionar la técnica más adecuada. La evaluación de la factibilidad se lleva a cabo comparando información técnica para identificar la tecnología más eficiente y económica.

## CAPÍTULO II: DESARROLLO

### 2.1. MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1. Marco Conceptual

##### 2.1.1.1 Combustible Gasolina

La gasolina es un hidrocarburo destilado del petróleo en sentido estricto y es el resultado de una combinación de varios combustibles diferentes.

Se trata de un hidrocarburo y su fórmula química estricta es  $C_{12}H_{26}$ . La gasolina se mezcla con otros componentes para modificar sus cualidades. Los principales son antidetonantes y aditivos para la optimización del rendimiento de la mecánica, pero también se añaden alcoholes (etanol principalmente) para reducir su huella medioambiental (Fidalgo, 2021).

La gasolina es el compuesto más ligero de los destilados del petróleo, tiene una densidad de solo 680 g/l, lo que hace que sea mucho más ligera que el agua. De un litro de gasolina se puede extraer una energía de alrededor de 9,6 kWh. La gasolina contiene 14,12 kWh de energía por un kilogramo de gasolina (Fidalgo, 2021).

##### 2.1.1.1.1 Tipos de gasolina

**Gasolina Especial:** Hidrocarburo líquido que se obtiene por destilación fraccionada del petróleo bruto; se emplea como combustible en los motores de combustión interna y como disolvente, con un octanaje RON 85. (YPFB C. , 2021).

**Gasolina Súper Etanol 92:** Producto resultante de la mezcla de Gasolina Base y aditivos de origen vegetal con un octanaje final de RON 92. (YPFB C. , 2021).

**Gasolina Especial +:** Producto resultante de la mezcla de gasolina base y aditivos de origen vegetal con un octanaje final mínimo de RON 85 (YPFB C. , 2021) .

**Gasolina Premium:** Hidrocarburo líquido con un octanaje de RON 95 (YPFB C. , 2021).

La gasolina Especial es una mezcla de hidrocarburos parafinados de cadena recta y ramificada, olefinas, ciclo parafinas y aromáticos, que se obtienen del petróleo por distintos procesos de refinación tales como destilación, reformación catalítica e isomerización. Tradicionalmente, se le emplea como combustible en los motores de explosión interna con encendido a chispa convencional, o en su defecto, por compresión. También se emplea como disolvente (YPFB R. , 2021).

A continuación, se mostrará la tabla donde se especificará las pruebas y especificaciones de la gasolina especial.

**Tabla 1.** Características de la gasolina especial.

| PRUEBA                                 | ESPECIFICACIÓN |        |              |        | UNIDAD   | MÉTODO ASTM |          |          |          |
|----------------------------------------|----------------|--------|--------------|--------|----------|-------------|----------|----------|----------|
|                                        | VERANO (*)     |        | INVIERNO (*) |        |          | Alter. 1    | Alter. 2 | Alter. 3 | Alter. 4 |
|                                        | Mínimo         | Máximo | Mínimo       | Máximo |          |             |          |          |          |
| Gravedad específica 15.6/15,6 °C       | Informar       |        | Informar     |        |          | D 1298      | D 4062   |          |          |
| Relación V/L=20 (760=mmHg)             | 51 (124)       |        | 51 (124)     |        | °C (°F)  | D 5188      | D 2533   | D 4814   |          |
| Tensión de vapor Reid a 100°F (37.8°C) | 7.0            | 11.5   | 7.0          | 11.5   | Psig.    | D 323       | D 4953   | D 5191   |          |
| Contenido de plomo (**)                |                | 0.013  |              | 0.013  | gPb/L    | D 3237      | D 5059   |          |          |
| Corrosión lamina de cobre (3h/50°C)    |                | 1      |              | 1      |          | D 130       |          |          |          |
| Gomas existentes                       |                | 5      |              | 5      | mg/100mL | D 381       |          |          |          |
| Azufre total                           |                | 0.05   |              | 0.05   | % peso   | D 1266      | D 2622   | D 4294   |          |
| Octanaje RON                           | 85             |        | 85           |        |          | D 2699      |          |          |          |
| Octanaje MON                           | Informar       |        | Informar     |        |          | D 2700      |          |          |          |
| Apariencia                             | Cristalina     |        | Cristalina   |        |          | Visual      |          |          |          |
| Poder Calorífico                       | Informar       |        | Informar     |        | BTU/Lb   | D 240       |          |          |          |
| Destilación Engler (760 mmHg)          |                |        |              |        |          |             |          | D 86     |          |

| PRUEBA                          | ESPECIFICACIÓN |           |              |           | UNIDAD  | MÉTODO ASTM |          |          |          |
|---------------------------------|----------------|-----------|--------------|-----------|---------|-------------|----------|----------|----------|
|                                 | VERANO (*)     |           | INVIERNO (*) |           |         | Alter. 1    | Alter. 2 | Alter. 3 | Alter. 4 |
|                                 | Mínimo         | Máximo    | Mínimo       | Máximo    |         |             |          |          |          |
| 10% Vol.                        |                | 65 (149)  |              | 65 (149)  | °C (°F) |             |          |          |          |
| 50% Vol.                        | 77 (170)       | 118 (245) | 77 (170)     | 118 (245) | °C (°F) |             |          |          |          |
| 90% Vol.                        |                | 190 (374) |              | 190 (374) | °C (°F) |             |          |          |          |
| Punto Final                     |                | 225 (437) |              | 225 (437) | °C (°F) |             |          |          |          |
| Residuo                         |                | 2         |              | 2         | % Vol.  |             |          |          |          |
| Contenido de Aromáticos Totales |                | 42        |              | 42        | % Vol.  | D 1319      | D 5134   | D 5769   | D 6729   |
| Contenido de Olefinas           |                | 18        |              | 18        | % Vol.  | D 1319      | D 5134   | D 6729   |          |
| Contenido de Bencenos           |                | 3         |              | 3         | % Vol.  | D 4053      | D 5134   | D 3606   | D 5769   |
| Contenido de Manganeso          |                | 18        |              | 18        | mg Mn/L | D 3831      |          |          |          |
| Contenido de Oxigeno            |                | 2.7       |              | 2.7       | % peso  | D 2504      | D 4815   |          |          |

**Fuente:** Extraído de (YPFB R. , 2021).

En la tabla se encuentra las características de la gasolina especial este dato nos ayuda a verificar con más detalle sus propiedades con su respectiva especificación de gravedad específica, temperaturas, corrosión, octanaje esto en tiempos de verano como de invierno.

### 2.1.1.2 Tanques de Almacenaje

Los tanques de Almacenase son muy importantes en el proceso industrial, es un deposito que se utiliza para almacenar y manipular los fluidos para preservar los diferentes líquidos como: gases, líquidos, petróleo y entre otros (Acura, 2021).

**Figura 1.** *Tanques de almacenamiento.*



**Fuente:** Extraído de (Acura, 2021).

En la figura se puede ver cómo es que pueden llegar a ser los tanques, sus orígenes de estos recipientes empiezan a los inicios de la industria que con el tiempo fueron evolucionando en función de las necesidades y normas de seguridad, esto dependiendo de los diferentes sectores de la industria, pero principalmente en el sector hidrocarburífero entre otras. (Rodríguez, 1980).

### **2.1.1.3 Tipos de tanques de almacenaje**

En la industria petrolera los tanques de almacenamiento son esenciales ya que se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de hidrocarburo para el uso posterior y/o comercialización (Muñoz, 2021).

Estos tanques son normalmente contruidos por material metálico. Los tanques se pueden clasificar en función de los siguientes criterios: (Rodríguez, 1980)

#### **2.1.1.3.1 Por su forma**

**Cilíndricos:** Estos tanques están diseñados para operar a presiones cercanas a la atmosfera o relativamente pequeñas. Este tipo de tanque cilíndrico se clasifican de dos maneras (Muñoz, 2021).

- ) **Cilindros Horizontales:** Generalmente este tipo de tanques se suele utilizar para almacenar volúmenes de hidrocarburos pequeños. Estos generalmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que suelen presentar problemas de fallas de corte y flexión. (Rodríguez, 1980).

**Figura 2.** *Tanque cilíndrico horizontal*



**Fuente:** Extraído de (APC, s.f.)

En la siguiente figura observamos la estructura de un tanque cilíndrico horizontal, estos tanques se les puede usar para almacenaje o como separadores y compresores.

- ) **Cilindros Verticales:** Este tipo de tanques generalmente son utilizados para almacenar grandes cantidades volumétricas de hidrocarburos esto con un bajo costo. Siendo una gran limitante el que solo se puede usar a presiones atmosféricas que son presiones relativamente pequeñas (Rodríguez, 1980).

**Figura 3.** *Tanques cilíndricos verticales*



**Fuente:** Extraído de (APC, s.f.).

En esta figura se llega a observar tanques cilindros verticales, estos normalmente llegan a ser usados como almacenaje de combustibles líquidos. (Ceja Rodriquez, Megyesy , Young, & Leon Estrada, 1994)

**Esféricos:** Estos son tanques que se usan para almacenaje de productos gaseosos a presión. Una de sus características es que son altamente eficientes (Muñoz, 2021).

**Figura 4.** *Tanques esféricos.*



**Fuente:** Extraído de (WARREN GROUP, s.f.).

La figura se muestra un tanque esférico, estos tanques son muy recomendables para almacenar combustibles gaseosos en los últimos años es una alternativa más rentable esto por la cantidad de volumen almacenado.

#### **2.1.1.3.2 Por su tipo de techo**

##### **Techo fijo**

Estos tipos de tanques una de sus características es que son techos inmóviles, que se encuentran soldadas con las paredes del tanque, dependiendo a su diseño estos tanques pueden ser herméticos o no también. Son utilizados para almacenar líquidos no volátiles que poseen un punto de inflamación alto. Son seleccionados para almacenar volúmenes inferiores a 60.000 barriles.

Existe una gran cantidad de diseños de estos tipos de tanques ya sea con techo cónico, domo y/o sombrilla.

**Figura 5.** *Tanque de almacenaje de techo fijo auto-soportado, tipo domo.*



**Fuente:** Extraído de J2MECH Ingeniera y Diseño, “Diseño de tanques según API650”.

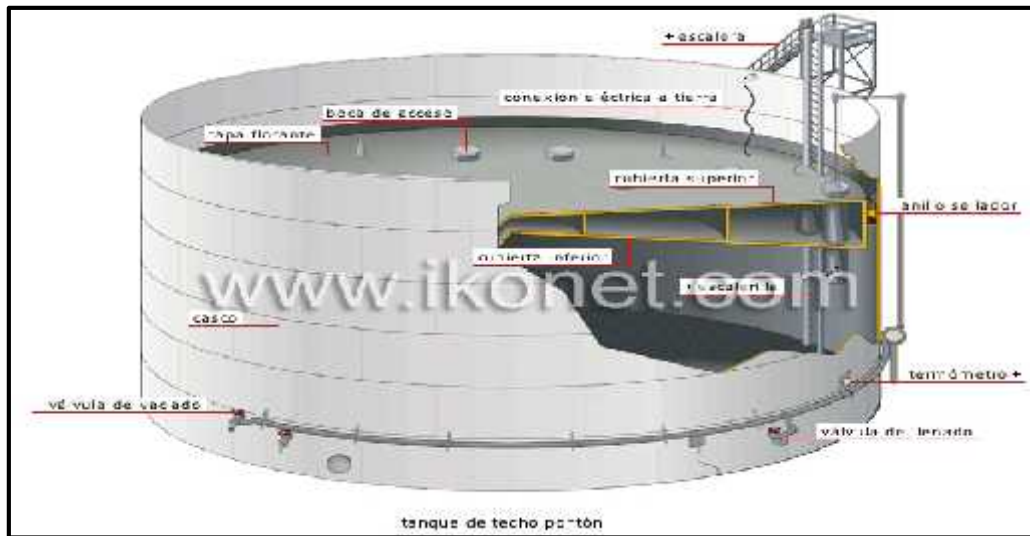
La figura vemos los tanques de techo fijo, estos generalmente cumplen con los requisitos mínimos para almacenar la mayoría de los líquidos. A continuación, se mostrará los tipos de tanques de techo fijo para almacenaje de combustible según sus propiedades y características.

- )] **Techos Auto-soportados:** Son techos que están directamente soportados en su periferia, diseñados para absorber tanto las cargas generadas por las cargas vivas del peso, por lo que no requieren estructuras internas para su apoyo (Muñoz, 2021).
- )] **Techos Soportados:** Son aquellos cuyo techo no solo está apoyado en la periferia del tanque, sino está sustentado sobre estructuras con una serie de apoyos internos metálicas comprendidas por vigas y columnas.

**Techo flotante:** Estos techos se encuentran apoyados sobre el fluido teniendo como objetivo el eliminar la cámara de aire entre la superficie del líquido y el techo, evitando la evaporización del hidrocarburo, estos son usados para almacenar líquidos inflamables con volúmenes mayores a los 60000 barriles (Muñoz, 2021).

- )] **Tanques de techo flotante externo:** Son aquellos que se encuentran expuestos a condiciones ambientales, siendo compuestas por una o dos capas de materiales siendo nombradas techo flotante de cubierta externa simple y doble (Muñoz, 2021; Rodríguez, 1980).

**Figura 6.** Tanque con techo flotante, cubierta externa.



**Fuente:** Extraído de J2MECH Ingeniera y Diseño, “Diseño de tanques según API650”.

En la figura se observa las características a grandes rasgos como es su estructura y que componentes llega a utilizar para su diseño.

- ) **Tanque de techo flotante interno:** Son aquellos techos que no se encuentran expuestos al ambiente por esa razón se encuentran aislados de la radiación solar, lluvia, nieve... (Muñoz, 2021; Rodríguez, 1980).

**Figura 7.** Techo flotante, cubierta externa.



**Fuente:** Extraído de J2MECH Ingeniera y Diseño, “Diseño de tanques según API650”.

En la figura se muestra como llega a ser la estructura y diseño del tanque, aunque implica más complejidad que un techo flotante llega a tener más ventajas que en el otro caso.

### 2.1.1.3.3 Por su presión de operación

Un gran referente para la utilización de tanques, es por medio de las presiones que trabajan cada uno de estos contenedores, para poder realizar con más facilidad un diseño de tanques. Entre los rangos de presión más conocidos para los tipos de tanques se encuentra, los tanques con presión atmosférica, estos son utilizados principalmente para almacenar combustibles líquidos.

En la siguiente tabla veremos los rangos de presiones de operación y los tipos de tanques (Alejandro Quispe, 2020).

**Tabla 2.** Clasificación de tanques según su presión.

| Tipo de tanque     | Rango de presión    | Forma y tipo de pared                                           | Norma utilizada | Tipo de fluido      | Otras características                     |
|--------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------------------------|
| Atmosférico        | Presión atmosférica | Cilíndrico soldado                                              | API-650         | Poco volátiles      | Puede ser techo fijo                      |
| Presiones bajas    | 0 a 2.5 psig        | Cilíndrico soldado. Algunos empernados                          | API-620         | Volátiles           | Techo fijo o flotante                     |
| Presiones medianas | 2.5 a 5 psig        | Cilíndrico con techo cónico. También pueden ser esféricos.      | API - 620       | Muy volátiles       | Usualmente techo fijo                     |
| Presiones altas    | Mayor a 15 psig     | Cilíndricos soldados. También de forma esférica o esferoidales. | CODIGO ASME     | Productos refinados | Usualmente poseen cabezales hemisféricos. |

**Fuente:** Extraído de Presiones en Tanques, Alejandro Q, 2020.

En la tabla se observa como la presión puede influir en el diseño y construcción de un tanque se almacenaje de líquidos.

### 2.1.1.4 Materiales para la fabricación de tanques

Para un mejor diseño, calculo y manufactura de tanques de almacenamiento es de mucha importancia seleccionar el material, esto por la variedad de aceros que existen en el mercado.

Los aceros estructurales se clasifican según a sus propiedades químicas:

A-36 Acero estructural

A-131 Acero estructural

A-283 Placas de acero al carbón con medio y bajo esfuerzo a la tensión.

A-285 Placa de acero al carbón con medio y bajo esfuerzo de tensión

A-516 Placa de acero al carbón para temperaturas de servicio moderado.

A-53 Grados A y B

A-106 Grados A y B

A-105 Forja de acero al carbón para accesorios de acoplamiento de tuberías.

A-181 Forja de acero al carbón para usos en general.

A-193 Grado B7

A-194 Grado 2H.

A-307 Grado B.

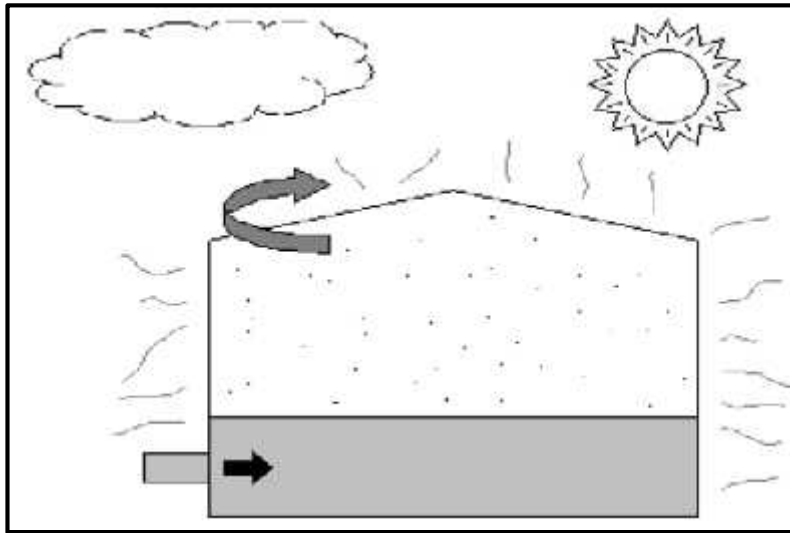
#### **2.1.1.5 Pérdidas en tanques de techo fijo**

En patio de tanques existen varias formas posibles de mermas durante el almacenamiento y algunas de estas formas de pérdidas son:

##### **2.1.1.5.1 Pérdidas de Almacenamiento**

La fuerza impulsadora principal para la pérdida de almacenamiento en un tanque de techo fijo es el ciclo de calentamiento diario, haciendo que la temperatura del espacio del tanque aumente durante la mañana (Nuñez Hidalgo, 2002).

**Figura 8.** *Perdidas por reposo o almacenamiento.*

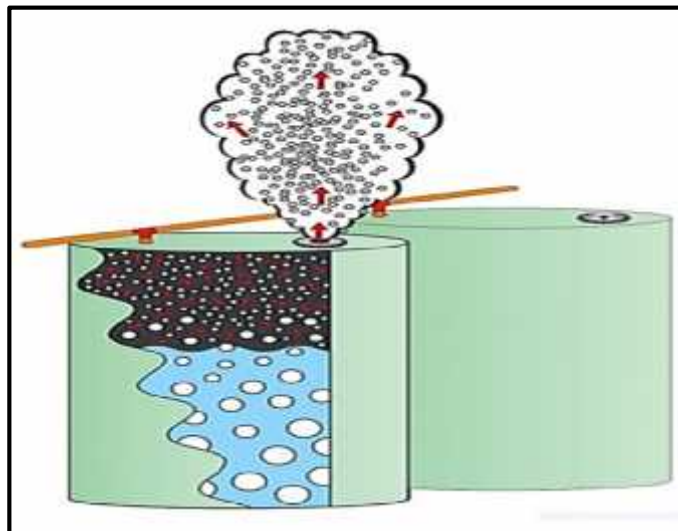


**Fuente:** Extraído de (Nuñez Hidalgo, 2002).

En la figura observamos como las bajas y altas temperaturas influyen para que el líquido almacenado llegué a sufrir los cambios de estado de líquido a vapor.

Este calentamiento hace que la mezcla de aire y vapor en el espacio de vapor del tanque se expanda y aumente de presión hasta el ajuste de presión de la válvula P V, momento en el que el vapor se ventila desde el espacio de vapor del tanque, lo que resulta en pérdida por evaporación (Reyes).

**Figura 9.** *Tanque ventilando.*



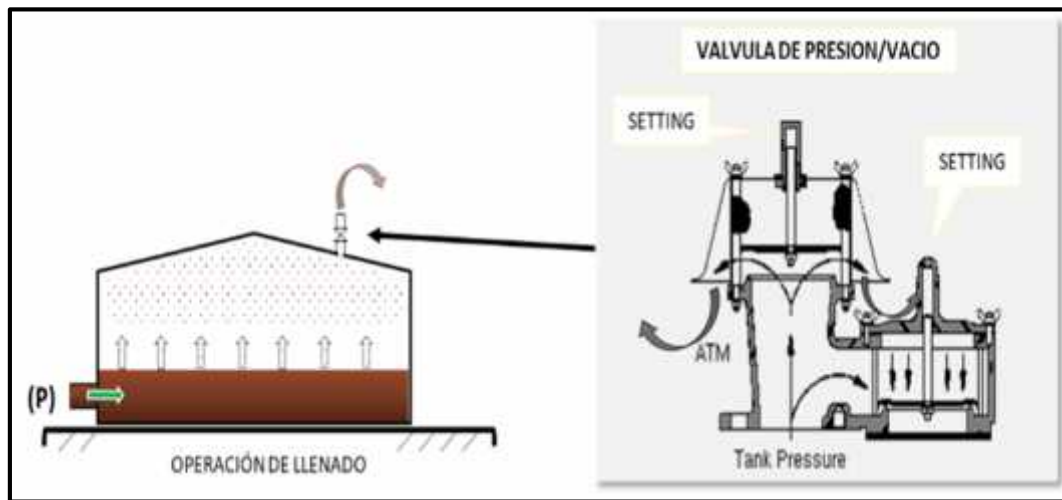
**Fuente:** Extraído de (Reyes).

La figura muestra cómo llega el líquido almacenado a evaporarse, esto en condiciones cuando un lado soleado de la carcasa del tanque está expuesto a la insolación solar directa, difusa y reflejada en el suelo, así como al intercambio de calor por convección con el aire ambiental. El lado sombreado de la carcasa del tanque está expuesto a una insolación solar difusa y reflejada en el suelo, así como al intercambio de calor por convección con el aire ambiental (Reyes).

#### 2.1.1.5.2 Perdidas por Llenado y Vaciado

) **Perdidas por llenado:** Durante el llenado del tanque, a medida que aumenta el nivel de líquido de reserva, la mezcla de aire y vapor en el espacio de vapor del tanque se comprime hasta que su presión alcanza el ajuste de presión de válvula PV (Reyes). En esta condición, se abre la válvula PV y se expulsa la mezcla de aire y vapor del espacio de vapor del tanque para mantener la presión del espacio de vapor cerca del ajuste de alivio de presión (Reyes).

**Figura 10.** *Proceso de llenado del tanque.*

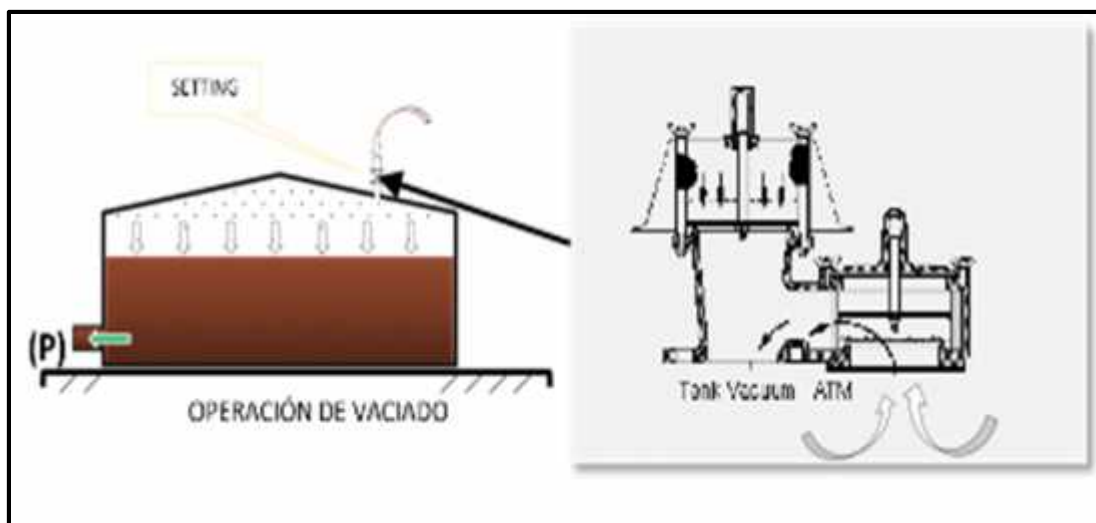


**Figura:** Extraído de (Reyes).

En la figura llega a mostrar el proceso de llenado de tanque, en esta condición, un volumen de líquido que ingresa al tanque desplaza un volumen esencialmente igual de mezcla de aire y vapor del espacio de vapor del tanque. A medida que avanza el proceso de llenado del tanque, el grado de saturación en el vapor ventilado se aproxima a las condiciones de saturación (Reyes) .

- ) **Perdidas por vaciado:** Durante el vaciado del tanque, a medida que disminuye el nivel de líquido de reserva, disminuye la presión de la mezcla de aire y vapor en el espacio de vapor del tanque. Cuando la presión alcanza el ajuste de vacío de válvula PV, el aire ingresa al espacio de vapor del tanque a través de la válvula PV (Reyes).

**Figura 11.** *Proceso de vaciado de tanque.*



**Fuente:** Extraído de (Reyes).

Se observa en la figura el vaciado de tanque, durante un proceso de vaciado rápido, el volumen de existencias eliminado del tanque es aproximadamente igual al volumen de aire que ingresa al espacio de vapor del tanque (Reyes).

#### 2.1.1.6 Compuestos orgánicos volátiles

Son compuestos químicos orgánicos que pueden vaporizarse e introducirse en la atmósfera. Compuestos orgánicos volátiles incluye compuestos como el metano, benceno, xileno, propano y butano. Los compuestos orgánicos volátiles, son emitidos principalmente por el transporte, procesos industriales y por el uso de solventes industriales (Comisión Europea [CE], 2000) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

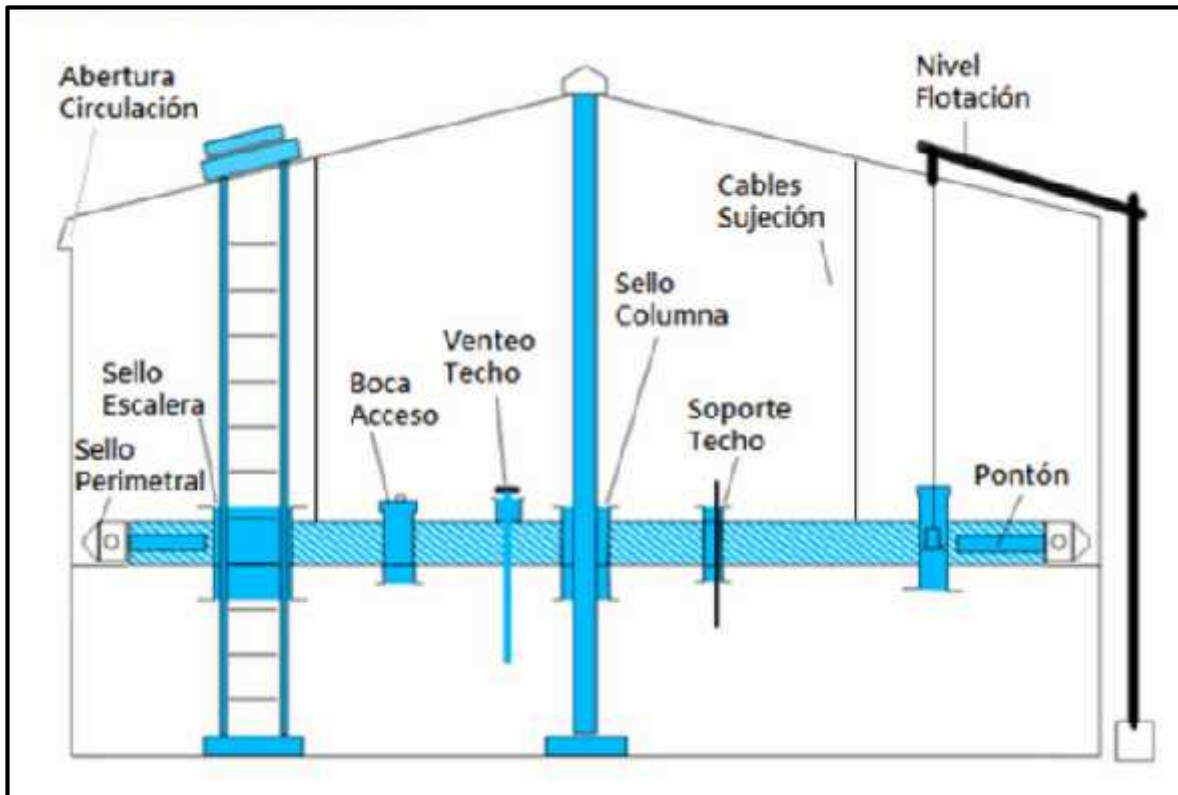
#### 2.1.1.7 Medidas de Reducción de COV

Los tanques verticales de techo fijo presentan las mayores emisiones. Para su control se han desarrollado diversas variantes, de las cuales se presentan a continuación las más usuales (JMB, 2003).

#### 2.1.1.1.1. Plataforma flotante

La utilización de un techo interno flotante controla la formación de una atmósfera saturada de COV dentro de todo el volumen vacío del tanque. Consistente en una plataforma circular que habitualmente se desplaza sobre una columna guía central y desliza con los bordes internos del tanque mediante distintos tipos de sellos (JMB, 2003).

**Figura 12.** Partes de un techo flotante interno.



**Fuente:** Extraído de (Diseño de techos flotantes, 2022).

En la siguiente figura se muestra una la estructura con sus respectivas partes que llega a componer esto permite la reducción de compuestos volátiles.

#### Características:

- Es usado para la reducción de pérdidas por evaporación del combustible almacenado y evitar emisiones de compuestos a la atmosfera. Consta de un techo fijo y una cubierta en su interior o techo flotante, el techo flotante sube y baja al mismo nivel que el líquido,

teniendo un contacto con el fluido, estos techos flotantes internos no están en contacto con la atmosfera

- J Su construcción es mucho más ligera comparara con los de techos flotantes externos. Este tipo de tanques son muy utilizados para almacenar gasolina u otros combustibles volátiles.
- J Existe varios tipos de techos flotantes internos(TFI) como ser: TFI ventilado hacia arriba de la envolvente, TFI con ventilación en el techo y rebosadero en la envolvente, TFI de aluminio sin contacto y TFI de aluminio con contacto.
- J Actualmente es el diseño de mayor aceptación en la industria para el almacenamiento. El techo utiliza aluminio por su durabilidad, ligereza, fácil mantenimiento y de gran resistencia a la corrosión.
- J Es anticorrosiva ya que en la estructura se forma una capa fina adherente de óxido de aluminio sobre la superficie del metal, provocando así una película impermeable, impidiendo la difusión del oxígeno hacia el metal base.
- J En algunos casos algunos tipos de techos flotantes internos no necesitan soldadura para ser contruidos, no sufren abolladuras, son más ligeros y no se necesita de mantenimiento.

#### **Ventajas:**

- J La eficiencia de control de emisiones varía generalmente entre el 60% y el 99%.
- J Inversión con máxima rentabilidad.
- J Evita el mantenimiento Periódico y reduce los Costos de Operación.
- J Instalación rápida y eficiente en el sitio dispuesto, evitando el tiempo perdido.
- J La calidad del producto almacenado queda protegida de los diversos agentes contaminantes.
- J Los altos índices de seguridad que se logran, disminuyen el promedio de desastres potenciales.
- J El diseño modular de los componentes permite fácil manejo, eliminando la necesidad de implementar accesos para introducirlos al tanque de almacenamiento.
- J Aplicable para altas presiones de vapor.

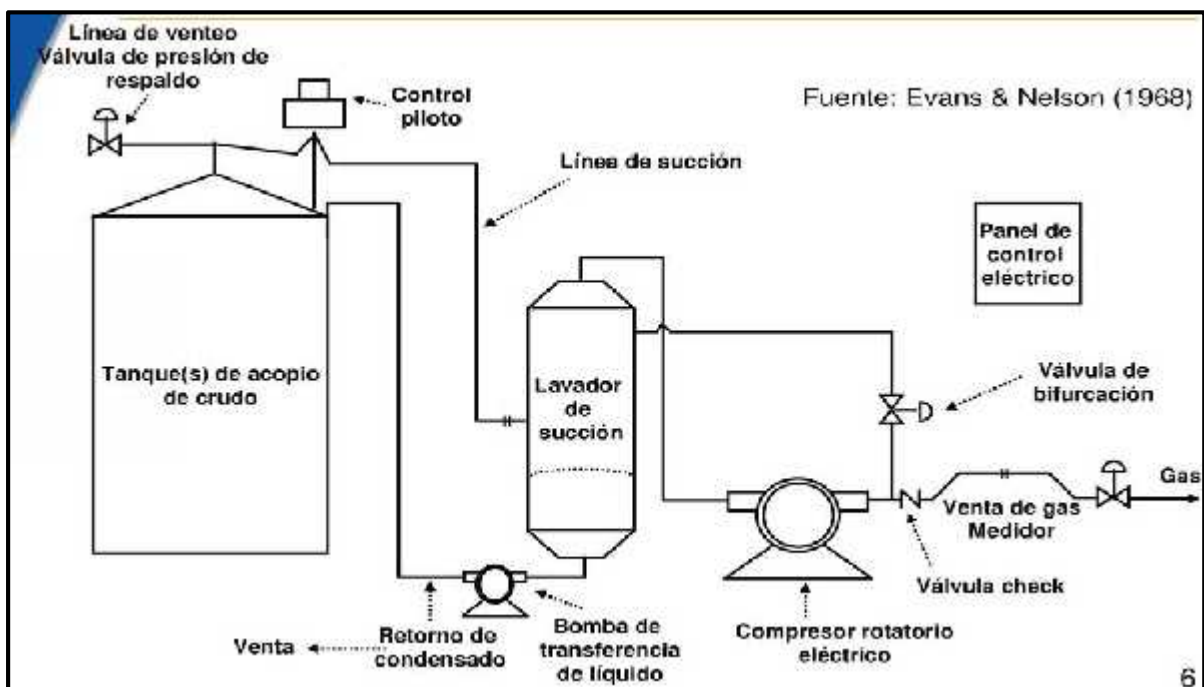
## Desventajas

- )] Más costoso que otras técnicas de mitigación de COV.
- )] En algunos casos no es aplicable para modificaciones.
- )] Perdida adicional en la capacidad del tanque.
- )] Los servicios para el trabajo con aluminio son muy limitados.
- )] No aplicable para combustibles que tienen alto grado de viscosidad.
- )] Al ser de aluminio estos llegan a tener menor vida útil que el acero.
- )] Son extremadamente vulnerables al hundimiento o a llegar a voltearse.
- )] Es más costoso la implementación de un techo flotante interno a un tanque fijo (Beltran Rivera, y otros, 2021), (Taurus Energy Corp S.A.S., 2014), (TECNOVENT S.L., 2009).

### 2.1.1.7.1 Sistema de recuperación de Vapores

Consiste en la captura de vapores y su reconversión a fase líquida. Para la recuperación se utilizan distintos métodos: absorción líquida/vapor, compresión de vapores, enfriamiento de vapores, absorción vapor/sólido o combinaciones de las anteriores (JMB, 2003).

**Figura 13.** Sistema de recuperación de vapor.



**Fuente:** Extraído de (Simillan Olivos, 2020)

Se observa en la figura un esquema de cómo está compuesto un sistema de recuperación de vapores, llegándonos a mostrar qué tipo de equipos llega a requerir.

### **Características**

- )] Los SVR, deben ser instalados de acuerdo al proyecto ejecutivo, con las consideraciones por corrosión y las recomendaciones del análisis de riesgos. Se realiza también pruebas como las: pruebas de protocolo, pruebas iniciales y pruebas periódicas esto para su mejor funcionamiento.
- )] Los SVR deben estar habilitados para operar de forma continua, con excepción de los periodos de mantenimiento. El conjunto de componentes y accesorios del sistema de recuperación de vapor deben ser herméticos.
- )] Los SRV deben cumplir con un rango de presión en los tanques de almacenamiento.
- )] Existe varios tipos de procesos de SRV siendo las más conocidas: Unidad de recuperación de vapor convencional (URVC) y Unidad de recuperación de vapor por eyector Venturi o vapor jet (EVRUTM).
- )] En una URVC se utiliza un compresor para succionar los vapores emite la presión atmosférica del tanque, los compresores requieren energía eléctrica o un motor. En una EVRUTM se utiliza eyectores Venturi en lugar de los compresores rotatorios, no tienen partes móviles. El EVRUTM necesita una fuente de alta presión motriz de gas y un sistema de descargo, el vapor jet necesita alta presión motriz de agua.

### **Ventajas**

- )] La eficiencia de estos sistemas es de entre el 90 % y el 98%.
- )] Llegan a recuperar los vapores que son enviados a la atmosfera.
- )] Bajo costo de servicio.
- )] No se necesita electricidad.
- )] No se tienen costos por operación y mantenimiento.
- )] Dado a que las unidades son modulares, estas pueden irse desincorporando de acuerdo a los pronósticos de producción.
- )] Ya fueron implementadas en instalaciones de otras plantas con éxito.

- )] Los vapores recuperados tienen un contenido de energía mayor.
- )] Operación automatizada.

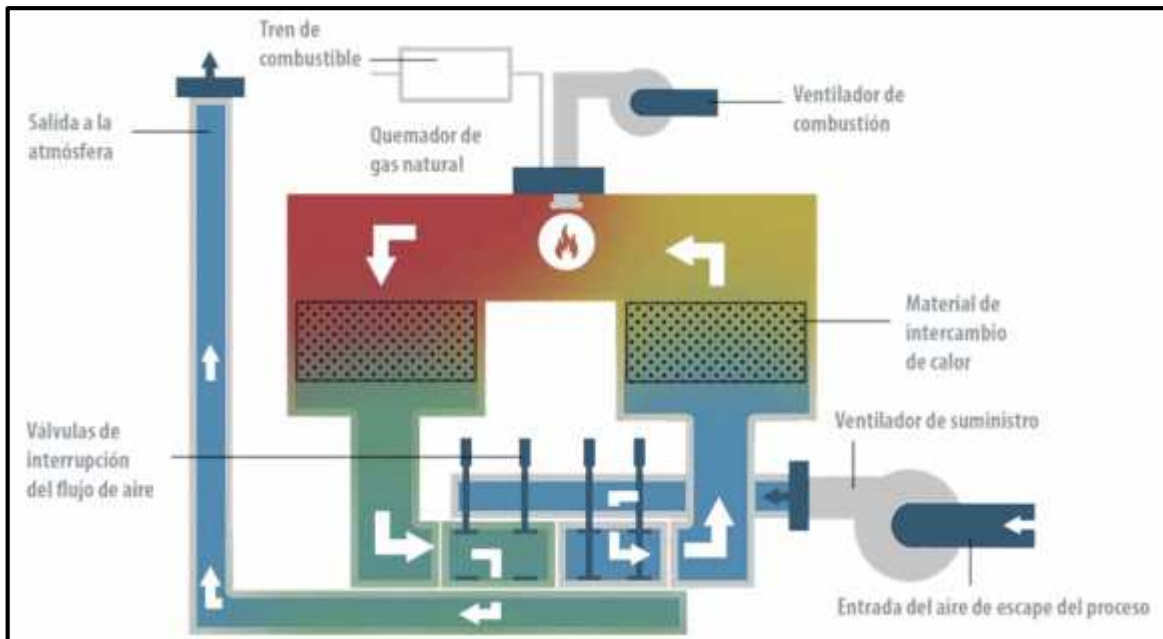
### Desventajas

- )] Estos sistemas llegan a tener un límite para manejar los fluidos en vapor del líquido.
- )] Inversión inicial alta.
- )] Genera Gastos de operación y mantenimiento debido a que el sistema llega a incluir un separador.
- )] Se requiere en algunos casos un gas a alta presión (Simillan Olivos, 2020), (Ing. Urbina Beroes, 2003), (SECOB, Diario Oficial de la Federacion, 2018) (Mendoza Medina, Mosqueda Jimenez, & Perez Alpuche, 2016)

#### 2.1.1.7.2. Sistema por oxidación térmica

El sistema por oxidación térmica, se utiliza para la limpieza del aire de salida que provienen de las industrias los cuales contienen disolventes y olores. Se utiliza en distintos sectores de la industria ayudando al medio ambiente.

**Figura 14.** Sistema de oxidación térmica.



**Fuente:** Extraído de (Lozano S., 2022).

En la figura se muestra que en este caso la mezcla aire/vapor se inserta a través de una válvula de quemador en un área de combustión de un incinerador (JMB, 2003). Llegando a trabajar con grandes volúmenes de emisiones de COV:

### **Características**

- )] Es un tratamiento térmico de incineración siendo ampliamente utilizado, siendo realizados siempre y en este tratamiento se utiliza los siempre y cuando lo permitan las características técnicas, así también como su composición.
- )] Este método de tratamiento térmicos llega a reducir el volumen de los residuos en forma significativa y permiten la recuperación de energía, los incineradores llegan a funcionar a temperaturas muy elevadas (sobre los 1000°C).
- )] Conocido también como oxidador termal regenerativo (OTR) o un oxidador catalítico regenerativo (COR) si se utiliza un catalizador.
- )] Estos incineradores pueden ser utilizados para reducir emisiones, por lo general llegan a ser aptas cuando su flujo es alto (mayor 2,4 m<sup>3</sup>/s), con concentraciones bajas de COV menores a 1000 ppmv. Las velocidades típicas del flujo de aire para los incineradores regenerativos son de 2,4-240 m<sup>3</sup>/s.
- )] Un OTR utiliza gas natural para calentar el vapor de desecho, capaz de operar hasta los 1100°C. Un OCR usa catalizador de metal precioso, el cual permite la oxidación ocurra aproximadamente a 400°C.

### **Ventajas:**

#### **Incinerador regenerativo OTR**

- )] Su eficiencia para la recuperación de COV es del 97%.
- )] Requisitos más bajos de combustible.
- )] Una capacidad para temperatura alta (hasta 1100°C).
- )] Proporciona una mejor eficiencia de destrucción sobre los incineradores recuperativos.
- )] Menos susceptibles a problemas con compuestos clarinados.
- )] Emisiones de NO<sub>x</sub> generalmente más bajas que la oxidación térmica.

#### Incinerador regenerativo OCR

- ) Requisitos más bajos de combustible que los OTR.
- ) El catalizador también destruye CO en la corriente de desecho.
- ) Emisiones de NO<sub>x</sub> menores que los OTR.

#### **Desventajas**

#### Incinerador regenerativo OTR

- ) Alto costo inicial.
- ) Instalación difícil y costosa.
- ) Gran peso y tamaño
- ) Alta demanda de mantenimiento para las partes en movimiento.

#### Incinerador regenerativo OCR

- ) Alto costo inicial
- ) Instalación difícil y costosa.
- ) Gran peso y tamaño
- ) Alta demanda de mantenimiento para partes en movimiento y el monitoreo del catalizador.
- ) El catalizador gastado no puede ser regenerado (Quijilla Delgado, 2013), (Lozano S., 2022).

### **2.1.2 MARCO LEGAL**

Las normas o reglamentos importantes por la que se rige para el diseño, construcción de tanques de almacenamiento y control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) de hidrocarburos son las siguientes:

**API Standar 620:** Norma utilizado para el diseño y construcción de tanques de almacenamiento grandes, soldados y a baja presión

**API Standar 650:** Tanques soldados para almacenamiento de petróleo, esta norma se creó para dar seguridad, sostenibilidad y desempeño ambiental de los tanques de almacenamiento de petróleo, generando confianza entre operadores y fabricantes (API, 2021).

**API Standar 653:** Esta norma cubre los tanques de almacenamiento de acero contruidos según API 650 y su predecesor API 12C. proporcionando mínimo de requisitos para mantener la integridad de dichos tanques ( (Energy API, 2014).

**API Specification 12D:** Es una norma utilizado para la especificación para tanques soldados en campo para almacenamiento de líquidos de producción.

**API Specification 12F:** Norma que llega a identificar detalladamente el tamaño de cada tanque en diámetro y altura.

**API MPMS 19.1** Perdidas por evaporación de tanques

**Decreto supremo N°24335 19 de julio de 1996**

Artículo 31°. - Para el almacenamiento de combustibles

Artículo 35°. - Para los fines de este reglamento y del contrato de riesgo compartido.

**Ley medio Ambiental N°1333**

Artículo 73°. - Los recursos energéticos constituyen factores esenciales para el desarrollo sostenible del país, debiendo su aprovechamiento realizarse eficientemente, bajo las normas de protección y conservación del medio ambiente.

**Ley de Hidrocarburos N° 1689 30 de abril 1996 Art.4**

Artículo 4°. - Las actividades petroleras objeto de ésta Ley, se ejecutarán utilizando técnicas y procedimientos modernos para la explotación de los campos, bajo la supervisión de YPFB, a fin de establecer niveles de producción acordes con prácticas eficientes y racionales de recuperación de reservas hidrocarburíferas.

### **2.1.3 MARCO CONTEXTUAL**

#### **2.1.3.1 Planta Qhora-Qhora**

La investigación se llevó a cabo en la planta Qhora-Qhora, ubicada en el distrito Sucre, que sirve como estación central del poliducto Sucre – Potosí. La instalación, compuesta por siete tanques, se dedica a recibir, almacenar y despachar combustibles como gasolina especial y gas licuado de petróleo (GLP). Cada movimiento de productos, tanto en recepción como en despacho, se registra de manera computarizada para evaluar la actividad diaria, semanal, mensual y anual. Se realiza un riguroso control de calidad, exigiendo certificaciones para todos los productos comercializados.

El Instituto Boliviano de Metrología (IMBMETRO) y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) actúan como entes reguladores, verificando el cumplimiento de normas y reglas establecidas, incluyendo la calibración de instrumentos, la verificación de volúmenes recibidos, almacenados y despachados, así como la seguridad del personal y la calidad del combustible.

La planta Qhora-Qhora abastece principalmente al departamento de Chuquisaca y ocasionalmente al departamento de Potosí. Los suministros se dirigen mayormente a estaciones de servicio (EESS), puestos de venta (PVCL) y grandes consumidores (GRACOS). La planta no solo cuenta con áreas logísticas, sino también con áreas comerciales y de transporte.

##### **2.1.3.1.1 Ubicación de la Planta Qhora-Qhora**

La planta Qhora-Qhora, situada en el departamento de Chuquisaca, ciudad de Sucre, a la altura del kilómetro 7 de la carretera Sucre - Monteagudo, ocupa un extenso territorio de 70,794 m<sup>2</sup>. Inició sus operaciones en 1989, desempeñándose como un importante centro en la recepción, almacenaje y despacho de combustibles.

) Latitud S 19°04'50.12''

) Latitud O 65°13'20.68''

) Elevación 2911 msnm

Por consiguiente, se mostrará una figura donde se podrá visualizar el terreno ocupado por la Planta de Almacenaje Qhora Qhora.

**Figura 15.** Imagen de la Planta Qhora-Qhora.



**Fuente:** Imagen extraída, Google Earth.

Se observa en la figura la ubicación satelital de la estación Qhora donde también se encuentra la planta de Almacenaje de hidrocarburos como gasolina especial, diésel oíl y Gas Natural Licuado).

#### **2.1.3.1.2 Poliducto Camiri-Sucre**

La planta de Qhora-Qhora se suministra exclusivamente con gasolina especial a través del poliducto Camiri-Sucre (PCS), cuya construcción se llevó a cabo entre 1947 y 1949. Este poliducto, vital para el abastecimiento, se caracteriza por tener dos tramos distintos a lo largo de su recorrido.

- ) Tramo Chorety a Tapirani: Este tramo tiene un diámetro de tubería de 6 pulg., teniendo una longitud de 236 Km, llegando a transportar 8000 BPD de combustible.

- ) Tramo Tapirani a Sucre: Este tramo tiene un diámetro de tubería de 4 pulg., teniendo una longitud de 303.80 Km, llegando a transportar 4000 BPD de combustible.

En su recorrido cuenta con cinco Estaciones de Bombeo:

- ) Chorety.
- ) Monteagudo.
- ) El Rosal.
- ) Tarabuquillo.
- ) Tapirani.

A continuación, se presentará una tabla donde se verá algunas características del poliducto.

**Tabla 3.** Sistema por ductos en Camiri-Sucre.

| POLIDUCTO              | SIGLA | EMPRESA         | LONG. (KM) |
|------------------------|-------|-----------------|------------|
| CHORETY (CAMIRI)-SUCRE | PCS   | YPFB TRANSPORTE | 302,90     |

**Fuente:** Extraído de (ANH, Agencia Nacional de Hidrocarburos;, 2013).

Esta tabla nos sirve para la descripción de poliducto, opera dentro de un rango de presión de 1365 a 910 Psi. Este sistema de transporte maneja diversos combustibles líquidos.

- ) Gas licuado de petróleo (GLP).
- ) Gasolina especial.
- ) Diésel oíl.
- ) Kerosene (separador entre diésel y gasolina especial).

Llegando a transportar en total 3100 BPD de productos refinados. El poliducto cuenta con una terminal de recepción que se encuentra en la planta Qhora-Qhora (Sucre) (Ayala Reinicke & Velasquez Llanos , 2014).

#### **2.1.3.1.3 Almacenaje, recepción y despacho en la planta de almacenaje Qhora-Qhora**

Asimismo, cuenta con nueve tanques horizontales de (tipo salchicha) y un tanque esférico, utilizados para el almacenaje de Gas Licuado de Petróleo (GLP).

La planta de almacenaje Qhora-Qhora dispone de siete tanques cilíndricos destinados al almacenaje de Diésel, Gasolina Especial y fluido contaminado por interfaz de gasolina especial y diésel.

**Tabla 4.** *Capacidad de almacenaje en la planta Qhora-Qhora.*

| PLANTA | OD (M3)  | GE (M3)  | IDO (M3) | IGE (M3) |
|--------|----------|----------|----------|----------|
| SUCRE  | 2.934,00 | 1.454,00 | 880,00   | 448,00   |

**Fuente:** Extraído de (YPFB Logística S.A., 2022).

Esta tabla nos es de utilidad para conocer la capacidad de almacenaje que existe tanto de diésel oíl como gasolina especial en la planta.

La planta de Qhora-Qhora se abastece exclusivamente de gasolina especial a través del poliducto Camiri-Sucre (PCS), siendo su única fuente de recepción. Durante la recepción, se supervisa el caudal permitido en los tanques, y simultáneamente se lleva a cabo un estricto control de calidad para verificar la conformidad del producto antes de su almacenaje.

**Tabla 5.** *Histórico de volúmenes despachados en la planta Qhora-Qhora.*

| PLANTA | 2020      | 2021       | 2022       | VAR. (22-21) | PORC. (22-21) | PART. 2022 |
|--------|-----------|------------|------------|--------------|---------------|------------|
| SUCRE  | 89.027,00 | 114.004,00 | 124.661,00 | 10.657,00    | 9.35%         | 2.61%      |

**Fuente:** Extraído de (YPFB Logística S.A., 2022).

En la tabla se muestra los datos históricos de despacho de la planta de almacenaje en la ciudad de Sucre en los años 2020 al 2022 esta información es obtenida de Operaciones en YPFB Logística S.A.

El despacho de gasolina especial en la planta se lleva a cabo comúnmente mediante cisternas o a través del poliducto Sucre-Potosí (PSP). En el caso del transporte por poliducto, se utilizan

bombas, mientras que con cisternas se emplean contómetros, dispositivos automáticos de medición. Este proceso de despacho se realiza de manera regular.

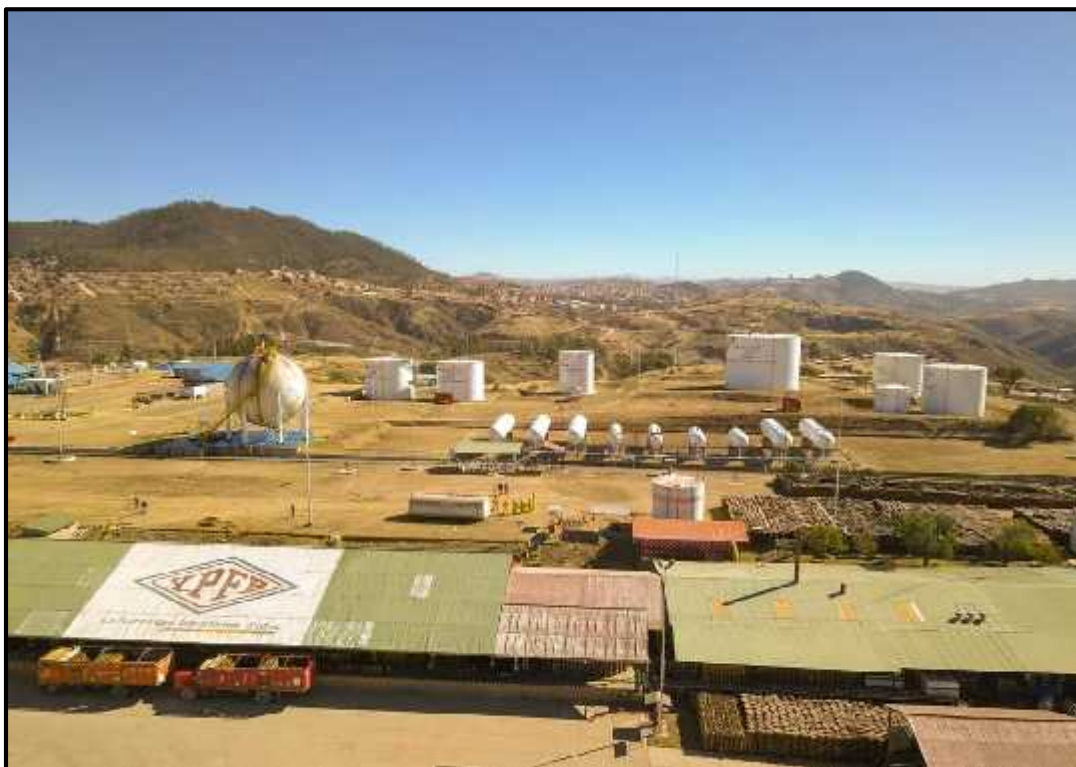
#### **2.1.3.1.4 Consumo de gasolina especial por EESS y GRACOS abastecidos por la planta Qhora-Qhora**

En el departamento de Chuquisaca, el mayor consumo de gasolina especial se atribuye principalmente al suministro a estaciones de servicio (EESS) y a grandes consumidores (GRACOS). Este fenómeno se debe al significativo aumento en el parque automotor, también familias chuquisaqueñas usan este combustible como materia prima para el funcionamiento de su empresa. (ANEXO).

#### **2.1.3.2 Tanques de almacenaje TK-109 y TK-108**

A continuación, una imagen de los tanques de almacenaje en la planta Qhora-Qhora.

**Figura 16.** *Tanques de almacenamiento de la planta Qhora-Qhora*



**Fuente:** Extraído de (Fedehep Chuquisaca, 2023).

En la imagen mostrada, logramos verificar la existencia de tanques de almacenaje de gasolina especial y otros llegando a ser contenedores tipo techo fijo cónico.

En las siguientes tablas, se muestra las unas fichas técnicas de sus características y sus especificaciones de los dos tanques atmosféricos de la planta Qhora Qhora.

**Tabla 6. Ficha técnica del TK-109**

| <b>Servicio</b>                 | <b>Tanque de Almacenamiento</b>                                                                  |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Producto                        | <b>Gasolina especial</b>                                                                         |
| Número YPFB LOGISTICA S. A      | <b>109</b>                                                                                       |
| Ubicación                       | Area tanques                                                                                     |
| Tipo                            | Cilíndrico, vertical, soldado (6 virolas)                                                        |
| Material                        | Planchas de acero de 1/4" (6.9 mm de espesor)                                                    |
| Area del Cuerpo                 | 307.78m <sup>2</sup>                                                                             |
| Area del techo                  | 88.91 m <sup>2</sup>                                                                             |
| Color                           | Blanco                                                                                           |
| Altura                          | 9.162mm                                                                                          |
| Diámetro                        | 10.657 mm                                                                                        |
| Capacidad Bruta                 | 789.9m <sup>3</sup>                                                                              |
| Capacidad Neta                  | 715.2m <sup>3</sup>                                                                              |
| Tipo de Techo/espesor           | Cónico Fijo de 1/4"                                                                              |
| Tipo de fondo                   | Plano-soldado                                                                                    |
| Olla de Drenaje                 | SI (Diámetro 91.0 cms)                                                                           |
| Válvula de Recepción PCS        | 4"x150 CRANE                                                                                     |
| Válvula de Despacho Planta      | 4"x 150 CRANE                                                                                    |
| Válvula de Despacho PSP         | 4"x 150 ANISTON                                                                                  |
| Válvula de Drenaje              | 3"X 150 WALWORT                                                                                  |
| Válvula de presión vacío        | SI                                                                                               |
| Válvula de alivio               | SI (Salida Planta-Salida PSP-Entrada PCS)                                                        |
| Ventoe                          | NO                                                                                               |
| Tipo de boca de medición        | Cuello con tapa (Bisagra)6"                                                                      |
| Conexión de Espuma              | 2"                                                                                               |
| Entrada de hombre               | Cilindro 20" - Techo 20"                                                                         |
| Deflector de turbulencias       | SI (Salida Planta- Salida PSP)                                                                   |
| Tipo de escalera                | Semicircular con baranda de protección                                                           |
| Base soporte                    | Piedra, ripio y cemento asfáltico                                                                |
| Conexiones especiales           | A tanque Slop                                                                                    |
| Año de construcción             | 1.996                                                                                            |
| Constructor                     | YPFB                                                                                             |
| Puesta a tierra                 | SI (4 puntos)                                                                                    |
| Línea de recirculación          | NO                                                                                               |
| Baranda de Seguridad (Superior) | SI                                                                                               |
| Ultima Limpieza de fondo        | Julio-03 NCD                                                                                     |
| Ultima Fecha Calibración        | 17-11-2017(IBMETRO)-CV-LP-TNQ-0097-2018                                                          |
| Ultima Reparación General       | Julio-03 NCD (Cambio de olla de drenaje)                                                         |
| Reemplazo Fondo                 | Julio-03(30%)                                                                                    |
| Ultimo Pintado Exterior         | Diciembre-2007(BOINCOS) anticorrosivo<br>Fosfato de Zinc de Coral - Esmalte Sintético<br>CORALIT |
| Ultimo pintado Interior         | Septiembre-03 NCD                                                                                |

**Fuente:** Extraído de la Planta Qhora-Qhora (YPFB Logística S.A.)

Esta tabla nos sirve para poder tener información acerca del TK-109 y en qué condiciones está diseñada, ayudando esto a poder proponer una técnica que se adecue en el tanque.

**Tabla 7.** *Ficha técnica del TK-108*

| <b>Servicio</b>                 | <b>Tanque de Almacenamiento</b>                           |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Producto                        | <b>Gasolina Especial</b>                                  |
| Número YPFB LOGISTICA-S.A       | <b>108</b>                                                |
| Ubicación                       | Área de Tanques                                           |
| Tipo                            | Cilíndrico, Vertical, Soldado (5 virolas)                 |
| Material                        | Planchas de acero de 1/4" (6.9 mm espesor)                |
| Área del Cuerpo                 | 308.20m <sup>2</sup>                                      |
| Área del techo                  | 89.08m <sup>2</sup>                                       |
| Color                           | Blanco                                                    |
| Altura                          | 9.193 mm                                                  |
| Diámetro                        | 10.652 mm                                                 |
| Capacidad Bruta                 | 793.3m <sup>3</sup>                                       |
| Capacidad Neta                  | 732.3m <sup>3</sup>                                       |
| Tipo de Techo/espesor           | Cónico-Fijo de 1/4"                                       |
| Tipo de fondo                   | Plano-Soldado a tope                                      |
| Olla de Drenaje                 | Si (Diámetro 39.0 Cms)                                    |
| Válvula de Recepción PCS        | 4"x150 CRANE                                              |
| Válvula de Despacho Planta      | 4"x 150 CRANE                                             |
| Válvula de Despacho PSP         | 4"x 150 CRANE                                             |
| Válvula de Drenaje              | 3"x 150 NIAGARA                                           |
| Válvula de presión vacío        | SI                                                        |
| Válvula de alivio               | SI (Salida Planta-Salida PSP-Entrada PCS)                 |
| Venteo                          | No                                                        |
| Tipo de boca de medición        | Cuello con tapa (Bisagra) 6"                              |
| Conexión de Espuma              | Cañería de 2"                                             |
| Entrada de hombre               | 20" Cilindro - Techo 20"                                  |
| Deflector de turbulencias       | SI (Salida Planta-Salida PSP)                             |
| Tipo de escalera                | Semicircular con baranda de protección                    |
| Base soporte                    | Piedra, ripio y cemento asfáltico                         |
| Conexiones especiales           | A Tanque Slop                                             |
| Año de construcción             | 1.998                                                     |
| Constructor                     | YPFB                                                      |
| Puesta a tierra                 | Si (4 Puntos)                                             |
| Línea de recirculación          | NO                                                        |
| Baranda de Seguridad (Superior) | SI                                                        |
| Ultima Limpieza de fondo        | Febrero-04(IST)                                           |
| Ultima Fecha Calibración        | 11-06-2016 (IBMETRO) CV-LP-TNQ-0121-2016                  |
| Ultima Reparación General       | Febrero-04(IST)                                           |
| Reemplazo Fondo                 |                                                           |
| Ultimo Pintado Exterior         | Marzo-04 IST(Ameron Epoxi 670HS/polui 990 6/3 MIL)        |
| Ultimo pintado Interior         | Marzo-04 IST(Ameron Epoxi Fenoliac Amercoat 90HS 5/5 MIL) |

**Fuente:** Extraído de la Planta Qhora-Qhora (YPFB Logística S.A.)

Esta tabla nos sirve para poder tener información acerca del TK-108 y en qué condiciones está diseñada, ayudando esto a poder proponer una técnica que se adecue en el tanque.

### 2.1.3.3 Registro de PVR en tanques de gasolina especial

Este dato es muy importante en cuanto al Almacenaje y Transporte en la industria de petróleo, al tener el dato de presión de vapor de los combustibles a una misma temperatura, se llega a tener más seguridad.

A continuación, se mostrará la siguiente tabla donde se observará como actúa el PVR en los dos tanques de almacenaje de gasolina especial.

**Tabla 8.** Registro de PVR en los tanques de la planta Qhora-Qhora.

| CALIDAD DE LA GASOLINA ESPECIAL (PVR)<br>PLANTA SUCRE<br>GESTION 2022 |                 |                 | CALIDAD DE LA GASOLINA ESPECIAL (PVR)<br>PLANTA SUCRE<br>GESTION 2023 |        |        |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| MES                                                                   | TK-108<br>(psi) | TK-109<br>(psi) | MES                                                                   | TK-108 | TK-109 |
| ENERO                                                                 | 9,70            | 9,90            | ENERO                                                                 | 9,90   | 10,00  |
| FEBRERO                                                               | 9,60            | 9,50            | FEBRERO                                                               | 9,90   | 10,00  |
| MARZO                                                                 | 9,60            | 9,40            | MARZO                                                                 | 9,50   | 9,70   |
| ABRIL                                                                 | 9,40            | 9,30            | ABRIL                                                                 | 9,80   | 9,90   |
| MAYO                                                                  | 9,60            | 9,90            | MAYO                                                                  | 10,10  | 9,80   |
| JUNIO                                                                 | 9,80            | 9,70            | JUNIO                                                                 | 9,80   | 9,90   |
| JULIO                                                                 | 9,90            | 10,00           | JULIO                                                                 | 10,10  | 9,80   |
| AGOSTO                                                                | 9,80            | 9,90            | AGOSTO                                                                | 10,20  | 10,10  |
| SEPTIEMBRE                                                            | 10,10           | 10,40           | SEPTIEMBRE                                                            | 9,60   | 9,50   |
| OCTUBRE                                                               | 9,40            | 9,40            | OCTUBRE                                                               |        |        |
| NOVIEMBRE                                                             | 9,50            | 9,40            | NOVIEMBRE                                                             |        |        |
| DICIEMBRE                                                             | 9,90            | 9,70            | DICIEMBRE                                                             |        |        |

**Fuente:** Extraído de la Planta Qhora-Qhora (YPFB Logística S.A.)

Esta información en tabla nos ayudara a realizar un análisis más real, para determinar en qué condiciones se encuentra el fluido en el tanque de almacenaje.

Si en el medio hay un aumento de temperaturas la presión de vapor puede llegar a ser igual que la presión del medio donde esta conservado, llegando a producir en combustibles volátiles la evaporación dando como resultado perdidas.

#### 2.1.3.4 Límites de Variación en los tanques de gasolina especial

Los límites de variación son instrumentales para verificar tanto pérdidas como ganancias en productos como la Gasolina Especial. Estos límites, regulados por normativas específicas, son fundamentales para mantener un estricto control de calidad y asegurar la integridad del producto a lo largo de su manipulación y almacenaje.

En la siguiente tabla se da a conocer los limites en los que se rigen la planta Qhora Qhora, para la emisión de COV de gasolina especial.

**Tabla 9.** Variación máxima y mínima de gasolina especial.

| LIMITE MINIMO (%) | LIMITE MAXIMO (%) |
|-------------------|-------------------|
| -0,25             | 0,25              |

**Fuente:** Extraído de la Planta Qhora-Qhora (YPFB Logística S.A.).

Esta tabla es de mucha importancia, ya que permite a la empresa trabajar con más responsabilidad al momento de almacenar líquidos volátiles, verificando y controlando las emisiones de COV.

## 2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

### 2.2.1 Cálculo de mermas y/o variaciones en la planta Qhora-Qhora

En la tabla siguiente se presentan los informes recopilados de los tanques TK-109 y TK-108 de gasolina especial en la planta de almacenaje Qhora-Qhora.

**Tabla 10.** Reporte de movimiento de gasolina especial en la planta Qhora-Qhora

| <b>REPORTE DE MOVIMIENTO DE PRODUCTOS (RECEPCIÓN Y DESPACHO) DE TERMINALES DE ALMACENAJE DE GASOLINA ESPECIAL (litros)</b> |                                 |                  |                                          |                   |                                             |                   |                   |                   |                                      |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------|------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|------------------|
| MES                                                                                                                        | SALDOS<br>(reportado en planta) |                  | CAUDAL RECIBIDO<br>(reportado en planta) |                   | CAUDAL DE DESPACHO<br>(reportado en planta) |                   |                   |                   | SALDO FINAL<br>(reportado en planta) |                  |
|                                                                                                                            | 2022                            | 2023             | 2022                                     | 2023              | BOMBA<br>2022                               | CISTERNA<br>2022  | BOMBA<br>2023     | CISTERNA<br>2023  | 2022                                 | 2023             |
| Enero                                                                                                                      | 701.938                         | 928.923          | 6.380.529                                | 8.449.250         | 1.001.000                                   | 4.913.000         | 3.162.377         | 5.472.800         | 1.150.572                            | 725.076          |
| Febrero                                                                                                                    | 1.150.572                       | 725.076          | 7.609.575                                | 8.528.337         | 2.708.948                                   | 4.837.200         | 3.026.840         | 5.267.700         | 1.201.612                            | 940.903          |
| Marzo                                                                                                                      | 1.201.612                       | 940.903          | 8.117.094                                | 8.577.613         | 3.037.680                                   | 5.465.400         | 3.200.409         | 5.644.500         | 803.329                              | 646.973          |
| Abril                                                                                                                      | 803.329                         | 646.973          | 7.164.401                                | 9.315.560         | 1.723.420                                   | 5.564.200         | 3.298.075         | 5.518.700         | 668.388                              | 1.123.535        |
| Mayo                                                                                                                       | 668.388                         | 1.123.535        | 7.988.923                                | 8.696.722         | 2.182.892                                   | 5.464.000         | 3.479.218         | 5.677.500         | 995.167                              | 643.934          |
| Junio                                                                                                                      | 995.167                         | 643.934          | 6.390.416                                | 9.162.178         | 1.400.540                                   | 5.169.700         | 3.397.965         | 5.570.100         | 801.480                              | 825.707          |
| Julio                                                                                                                      | 801.480                         | 825.707          | 8.116.449                                | 9.122.459         | 2.402.767                                   | 5.540.400         | 3.302.015         | 5.848.181         | 959.952                              | 781.052          |
| Agosto                                                                                                                     | 959.952                         | 781.052          | 8.666.406                                | 9.261.783         | 3.103.125                                   | 5.668.500         | 3.313.091         | 5.777.000         | 839.663                              | 939.509          |
| Septiembre                                                                                                                 | 839.663                         | 939.509          | 8.138.100                                | 9.196.641         | 2.902.831                                   | 5.421.000         | 3.484.101         | 5.632.000         | 638.390                              | 1.007.000        |
| Octubre                                                                                                                    | 638.390                         | 1.007.777        | 7.032.635                                | 10.199.779        | 1.751.206                                   | 5.837.800         | 4.461.131         | 5.886.400         | 66.573                               | 845.508          |
| Noviembre                                                                                                                  | 66.573                          | -                | 7.942.060                                | -                 | 2.000.330                                   | 5.283.600         | -                 | -                 | 707.016                              |                  |
| Diciembre                                                                                                                  | 707.016                         | -                | 7.978.627                                | -                 | 1.500.431                                   | 6.232.600         | -                 | -                 | 928.923                              |                  |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                               | <b>9.534.080</b>                | <b>8.563.389</b> | <b>91.525.215</b>                        | <b>90.510.322</b> | <b>25.715.170</b>                           | <b>65.397.400</b> | <b>34.125.222</b> | <b>56.294.881</b> | <b>9.761.065</b>                     | <b>8.479.197</b> |

**Fuente:** Extraído de la Planta Qhora-Qhora (YPFB Logística S.A.) Datos.

En la tabla presentada con anterioridad nos muestra la información que se necesita para poder calcular las perdidas reales existentes en la planta Qhora Qhora.

A continuación, se presentará una tabla donde se realiza un balance para calcular las mermas o perdidas existentes.

**Tabla 11.** *Calculo de mermas y/o variaciones de acuerdo a los movimientos anuales realizados en la Planta Qhora-Qhora*

| MOVIMIENTO DE PRODUCTOS (RECEPCIÓN Y DESPACHO) DE TERMINALES DE GASOLINA ESPECIAL LÍQUIDOS (litros) |                                 |                   |                                      |                   |                                      |                  |                            |                  |                         |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|------------------|----------------------------|------------------|-------------------------|-----------------|
| MES                                                                                                 | CAUDAL EN TANQUE<br>(calculado) |                   | CAUDAL DE<br>DESPACHO<br>(calculado) |                   | SALDO FINAL<br>(reportado en planta) |                  | SALDO FINAL<br>(calculado) |                  | MERMAS Y/O<br>VARIACION |                 |
|                                                                                                     | 2022                            | 2023              | 2022                                 | 2023              | 2022                                 | 2023             | 2022                       | 2023             | 2022                    | 2023            |
| Enero                                                                                               | 7.082.467                       | 9.378.173         | 5.914.000                            | 8.635.177         | 1.150.572                            | 725.076          | 1.168.467                  | 742.996          | -17.895                 | -17.920         |
| Febrero                                                                                             | 8.760.147                       | 9.253.413         | 7.546.148                            | 8.294.540         | 1.201.612                            | 940.903          | 1.213.999                  | 958.873          | -12.387                 | -17.970         |
| Marzo                                                                                               | 9.318.706                       | 9.518.516         | 8.503.080                            | 8.844.909         | 803.329                              | 646.973          | 815.626                    | 673.607          | -12.297                 | -26.634         |
| Abril                                                                                               | 7.967.730                       | 9.962.533         | 7.287.620                            | 8.816.775         | 668.388                              | 1.123.535        | 680.110                    | 1.145.758        | -11.722                 | -22.223         |
| Mayo                                                                                                | 8.657.311                       | 9.820.257         | 7.646.892                            | 9.156.718         | 995.167                              | 643.934          | 1.010.419                  | 663.539          | -15.252                 | -19.605         |
| Junio                                                                                               | 7.385.583                       | 9.806.112         | 6.570.240                            | 8.968.065         | 801.480                              | 825.707          | 815.343                    | 838.047          | -13.863                 | -12.340         |
| Julio                                                                                               | 8.917.929                       | 9.948.166         | 7.943.167                            | 9.150.196         | 959.952                              | 781.052          | 974.762                    | 797.970          | -14.810                 | -16.918         |
| Agosto                                                                                              | 9.626.358                       | 10.042.835        | 8.771.625                            | 9.090.091         | 839.663                              | 939.509          | 854.733                    | 952.744          | -15.070                 | -13.235         |
| Septiembre                                                                                          | 8.977.763                       | 10.136.150        | 8.323.831                            | 9.116.101         | 638.390                              | 1.007.000        | 653.932                    | 1.020.049        | -15.542                 | -13.049         |
| Octubre                                                                                             | 7.671.025                       | 11.207.556        | 7.589.006                            | 10.347.531        | 66.573                               | 845.508          | 82.019                     | 860.025          | -15.446                 | -14.517         |
| Noviembre                                                                                           | 8.008.633                       |                   | 7.283.930                            |                   | 707.016                              |                  | 724.703                    | 0                | -17.687                 | 0               |
| Diciembre                                                                                           | 8.685.643                       |                   | 7.733.031                            |                   | 928.923                              |                  | 952.612                    | 0                | -23.689                 | 0               |
| <b>TOTAL</b>                                                                                        | <b>101.059.295</b>              | <b>99.073.711</b> | <b>91.112.570</b>                    | <b>90.420.103</b> | <b>9.761.065</b>                     | <b>8.479.197</b> | <b>9.946.725</b>           | <b>8.653.608</b> | <b>-185.660</b>         | <b>-174.411</b> |

**Fuente:** Elaboración propia, balance para obtención de mermas.

En la tabla presentada se llega evidenciar las mermas registradas en la planta de almacenaje de gasolina especial durante los años 2022 y la presente gestión hasta octubre de 2023.

Para calcular las mermas, se utilizó la Tabla 10, que contiene los informes proporcionados por YPFB Logística S.A. sobre volúmenes de recepción, despacho y saldos de los años mencionados. Estos datos permitieron realizar un balance en la Tabla 11 para determinar las pérdidas acumuladas durante las gestiones 2022 y 2023.

### **2.2.2 Factores de pérdidas en la Planta Qhora-Qhora**

En su mayoría las perdidas existentes en diferentes plantas y en la planta Qhora-Qhora pueden ser por perdidas por evaporación y por fallas en los equipos.

- ) Las pérdidas debidas a fallas en los equipos no suelen ser frecuentes, ya que la planta se somete regularmente a inspecciones por parte del personal interno y de entes reguladores externos como ANH e IBMETRO.
- ) Las pérdidas por vapor tienden a ser frecuentes debido a la exposición de los tanques a diversas condiciones climáticas, especialmente a elevadas temperaturas. Estas condiciones propician que el combustible volátil alcance estados de vapor, contribuyendo a las pérdidas observadas.

Al analizar las mermas y pérdidas en la planta de almacenaje Qhora-Qhora, se concluye que estas se deben principalmente a la evaporación, descartando fallas en los equipos gracias a su calibración adecuada.

El factor climatológico, especialmente las elevadas temperaturas en la zona, resulta determinante durante la recepción, almacenamiento y despacho de combustibles volátiles. Esto ha llevado a mayores pérdidas en la última gestión de 2023 en comparación con la gestión anterior de 2022.

## 2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

### 2.3.1 Selección de la técnica para reducir las emisiones de los COV

En esta tabla se realizará un análisis por medio de una matriz para determinar que técnica proponer para su implementación en la planta Qhora-Qhora.

**Tabla 12.** Matriz para determinar la técnica de emisiones de COV en los TK-109 y TK-108

| ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DE UNA TÉCNICA PARA LOS TK-109 Y TK-108 |                                |                             |                                                     |            |                                    |                   |                                               |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------|------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| TECNICAS<br>Y/O<br>METODOS                                         | Normativo y/o<br>Reglamentario | Tiempo de<br>Implementación | Complejidad<br>de rediseño<br>para a los<br>tanques | Eficiencia | Modelos<br>Revistas<br>Científicas | Modelos<br>Reales | Nivel de<br>Emisiones de<br>COV se<br>trabaja |
| Sistema de<br>recuperación<br>por Vapores<br>(URV)                 | Alta                           | baja                        | Baja                                                | Alta       | Alta                               | Media             | Baja/Alta                                     |
| Plataforma<br>Flotante                                             | Alta                           | Alta                        | Alta                                                | Alta       | Alta                               | Baja              | Baja/Alta                                     |
| Unidad de<br>Oxidación<br>térmica                                  | Alta                           | Media                       | Media                                               | Alta       | Baja                               | Baja              | Alta                                          |

**Fuente:** Elaboración propia, técnicas analizadas para ejecutar una reducción de COV.

Se llega a verificar en la tabla el análisis realizado a través de una matriz, esto para poder determinar que técnica sería conveniente para la adaptación en los tanques TK-108 y TK-109 en la planta de almacenaje Qhora Qhora. Tras estudiar y elaborar una matriz comparativa de las tres técnicas para la recuperación de vapores, a saber: Plataforma Flotante, Sistema de recuperación de vapores y Sistema por oxidación térmica (SOT).

Se determina que la implementación del Sistema de Oxidación Térmica no resulta adecuada para la reducción de pérdidas en los tanques de la planta Qhora-Qhora. Este sistema, al trabajar con grandes cantidades de emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), implica una pérdida de inversión significativa, por lo que se descarta su aplicación.

Llegando a analizar por medio de la Tabla 12, con más detenimiento las siguientes técnicas, en cuanto a:

Normativas, que esto es fundamental para su implementación. Se verifico que en ambas técnicas de Plataforma Flotante y Sistema de recuperación de vapores cuentan con normas y reglamentos bien establecidos ya sea en el diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Tiempo de implementación y complejidad del diseño, en la técnica por plataforma flotante se verifico que el tiempo de implementación es más alargado, el tanque de techo fijo sufrirá modificaciones de rediseño para lo cual esto llevará tiempo y mucha inversión económica.

En el caso de la técnica por sistema de recuperación de vapores llega a ser más accesible por el tiempo de implementación ya que no se necesita rediseñar el tanque y solo se implementa en la parte exterior del tanque (terreno a lado de los tanques) el sistema, esto dependiendo a las características que se requiere permitiendo así una inversión menor en comparación a la técnica de plataforma flotante.

En cuanto a eficiencia ambas técnicas son favorables por su alto porcentaje de recuperación manteniéndose en un rango de 90 a 98%.

En cuando a modelos de revistas científicas y reales para la implementación de estas dos técnicas, en ambos casos se tiene mucha información internacional y nacional para su implementación permitiendo así que sea más ventajoso la realización de la técnica. Pero en caso

de la plataforma flotante si se cuenta con información, pero en el país no se vio la aplicación de esta técnica no se hizo ningún rediseño de tanques de techo fijo.

En embargo, la implementación del sistema de recuperación de vapores no representa una novedad, ya que cuenta con modelos reales probados. En el contexto boliviano, la empresa Servipetrol/Petrobras Bolivia llevó a cabo la instalación de una unidad de recuperación de vapores en Caranda a finales de 2008 (Methane to Markets, 2008).

A partir de este análisis, se puede concluir que la técnica más apropiada para la implementación en los tanques de la planta Qhora-Qhora sería el Sistema de Recuperación de Vapores (SRV).

### 2.3.2 Factibilidad de la técnica

A continuación, se verificará cuanto es que puede ser los costos de CAPEX y OPEX.

**Tabla 13.** Costos de equipos y accesorio para la recuperación de vapores

| <b>COSTOS CAPEX</b> |        |                 |                               |                            |                               |
|---------------------|--------|-----------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Equipos</b>      |        | <b>Cantidad</b> | <b>Costo unitario<br/>USD</b> | <b>Costo total<br/>USD</b> | <b>Empresa<br/>Proveedora</b> |
| Separador           | gas    | 1               | 107.800,00                    | 107.800,00                 | Bolpegas S.R.L                |
| liquido             |        |                 |                               |                            |                               |
| Compresor           | (gas)  | 1               | 38.500,00                     | 38.500,00                  | Rotor Flow                    |
| Bomba de liquido    |        | 1               | 21.450,00                     | 21.450,00                  | Ruhrpupem                     |
| Válvula Check       |        | 1               | 774,40                        | 774,4,00                   | Walworth                      |
| Válvula presión de  |        | 1               | 10.250,00                     | 1.0250,00                  | Franko                        |
| vacío               |        |                 |                               |                            |                               |
| Líneas              | c/u=6m | 10              | 1.980,00                      | 19.800,00                  | GE. Oil & Gas                 |
| Interruptor         | de     | 2               | 1.060,037                     | 2.120,074,00               | Telemecanique                 |
| presión             |        |                 |                               |                            | sensors.                      |
| otros accesorios    |        |                 | 18.000,00                     | 18.000,00                  | Bolpegas                      |
| <b>Total</b>        |        |                 |                               | <b>218.694,47</b>          |                               |

**Fuente:** Elaboración Propia, costos de CAPEX (Inversión inicial) para implementar el SRV.

En la Tabla se presentan los costos de Capex, que comprenden la inversión inicial para la implementación de la técnica en la planta. Esta inversión abarca los equipos y herramientas necesarios, proporcionando una estimación general de la inversión requerida. Se cuantifica un costo promedio de 218,694.474 \$us.

**Tabla 14.** *Costos de operación*

| <b>COSTOS OPEX</b>           |            |                          |                        |
|------------------------------|------------|--------------------------|------------------------|
| <b>Equipo de instalación</b> | <b>Día</b> | <b>Costo por día USD</b> | <b>Costo total USD</b> |
| transporte de materias       | 2          | 729,75                   | 1.459,50               |
| Personal de apoyo técnico    | 10         | 722,40                   | 7.224,00               |
| soldadura e inspecciones     | 3          | 3.135,30                 | 9.405,90               |
| Operación de pruebas         | 2          | 467,25                   | 934,50                 |
| Instalación                  | 3          | 2.713,70                 | 8.141,10               |
| <b>Total</b>                 |            |                          | <b>27.165,00</b>       |

**Fuente:** Elaboración Propia, costos de OPEX (operaciones) para la realización de SRV.

En la Tabla se pueden visualizar de manera general los costos operativos asociados a la implementación de un sistema de reducción de vapores. Estos costos promedian alrededor de 27,165 \$us.

Esta aproximación nos da un gasto total de ejecución de 31459,474 USD. de inversión que se necesitaría, si la Planta Qhora-Qhora llegara a ejecutar un proyecto de recuperación de vapores.

### CAPÍTULO III: CONCLUSIONES

- ) Se realizó una descripción la planta Qhora-Qhora, los dos tanques existentes en la planta Qhora-Qhora donde se llegó a verifica que ambos tanques TK108 y TK109 cumplen las características normadas según API 650, normas de seguridad y mantenimientos requeridos.
- ) Al igual ser realizo un cálculo de las pérdidas y/o mermas que llega a tener la planta esto gracias a los registros de despacho, recibo y saldos obtenidos, donde se puede verificar que la planta en estos dos últimos años 2022 y 2023 está manejando pérdidas superiores que en las gestiones 2018 y 2019.
- ) Se determinó las mermas que se registraron en ambos tanques TK-109 y TK-108, llegan a tener mensualmente una perdida que van desde un rango de 11000 a 26000 Lt. esto en los años 2022 y 2023.
- ) Se determinó que la planta de almacenaje de gasolina especial Qhora-Qhora sufre de mermas esto por la composición del combustible, ya que siendo volátil tienden a sufrir pérdidas por evaporización llegando a formarse emisiones de compuestos orgánicos volátiles, en condiciones de almacenamiento o por trabajo (llenado y vaciado).
- ) Se realizó un estudio técnico de tres técnicas para la recuperación de compuestos volátiles, como ser: recuperación por plataforma flotante, sistemas de recuperación de vapor y por sistema de oxidación térmica, llegando a verificar las condiciones que requieren para su implementación.
- ) Se llegó a la conclusión que la mejor forma de minimizar mermas en los compuestos orgánicos volátiles (COV) en la planta de almacenaje de Gasolina especial, es usando la técnica por Sistema de Recuperación de Vapores, llegando a ser la más flexible y accesible en cuanto a su implementación, operación, mantenimiento y costos de instalación.
- ) Finalmente, se realizó un análisis económico de cuánto llegaría a costar la implementación de un sistema de recuperación de vapores, donde para eso se realizó una aproximación de costos CAPEX (referido a los gastos de capital y/o inversiones que se tendría) y OPEX (referido a los gastos operativos que se realizaría) llegando a determinar el gasto de ejecución de unos 31.459,474 USD.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acura, G. (2021, abril 16). Tanques de almacenamiento: Guía con todo lo que necesitas saber. Grupo Acura. <https://grupoacura.com/es/blog/tanques-de-almacenamiento/>
- ANH. (2022). Agencia Nacional de Hidrocarburos. <https://www.anh.gob.bo/w2019/contenido.php?s=5&O=2472>
- Ballesteros Sánchez, J. (2017). TRADING DE CRUDO Y PRODUCTOS PETROLÍFEROS. Universidad Pontificia Icai Icade Comillas.
- Enciclopedia de Energía. (2021). Diésel. [https://energyeducation.ca/Enciclopedia\\_de\\_Energia/index.php/Di%C3%A9sel](https://energyeducation.ca/Enciclopedia_de_Energia/index.php/Di%C3%A9sel)
- YPFB Logística S.A. (2022). Gestión Operativa. <https://www.ypfblogistica.com.bo/index.php/operaciones/gestion-operativa>
- API. (2021). API Standart 650, 13th Ed. Obtenido de, 13th Ed.: <https://www.api.org/products-and-services/standards/important-standards->
- Beltran Rivera, Y., Garcia Fernandez, B., Harriett Davis, J., Armas , N., Corugedo Cueli , A., & Guerra Lopez, S. (Enero-Junio de 2021). Analisis de la falla del techo flotante de un tanque de gasolina. CENIC Ciencias Quimicas, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181669387002>
- Ceja Rodriquez, J., Megyesy , E., Young, E., & Leon Estrada, J. M. (1994). Diseño y Calculo de [https://www.academia.edu/35394338/NORMA\\_API\\_650\\_en\\_espa%C3%B1ol](https://www.academia.edu/35394338/NORMA_API_650_en_espa%C3%B1ol)
- Chinchilla, N. (2016). PROYECTO PERMITIRÁ REDUCIR EMISIONES EN MANEJO DE COMBUSTIBLES. TEC (Tecnologico de Costa Rica), 1.
- Correa Salguero, W. A. (2012). MINIMIZACION DE EMISIONES DE COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES EN EL TANQUE. Cochabamba-Bolivia: Universidad de Aquino Bolivia.
- Energy API. (12 de noviembre de 2014). American Petroleum Institute. Obtenido de American: [https://www.api.org/~media/files/publications/whats%20new/653\\_e5%20pa.pdf](https://www.api.org/~media/files/publications/whats%20new/653_e5%20pa.pdf)

Estrada Yucra, E. (2021). PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE UNA UNIDAD DE RECUPERACION DE VAPORES CONVENCIONAL. Sucre-Bolivia: Universidad San Fransisco Xavier de Chuquisaca.

Fidalgo, R. (21 de diciembre de 2021). Autocasion. Obtenido de Autocasion: <https://www.autocasion.com/diccionario/gasolina-formula-composicion>

Hernandez Sampieri, R. (2014). Metodologia de la Investigacion. Mexico D.F: Mc Graw Hill Education.

Ing. Urbina Beroes, M. d. (octubre de 2003). google academico, de google academico: <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/2010/1/Libro%20Tesis%20Maric%c3%a9%20Urbina.pdf>

Lozano S, J. C. (Dirección). (2023). Oxidacion Termica Regenerativa [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=i4l8vveezWs&t=299s>

Núñez Hidalgo, S. A. (abril de 2002). ESTUDIO DE LAS VARIACIONES VOLUMÉTRICAS OCURRIDAS EN PATIOS DE TANQUES. Caracas, Venezuela. Obtenido de <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/2619/1/CD%20Tesis%20N973.pdf>

Reyes, E. (s.f.). Proceso de evaporación de petróleo y sus derivados en tanques de almacenamiento. PREDICTIVA 21, 1. Obtenido de: <https://predictiva21.com/proceso-de-evaporacion-de->

Rivero Nieto, J. (17 de enero de 2014). Google Academico. Obtenido de Google Academico : <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000691340/3/0691340.pdf>

SECOB, Diario Oficial de la Federacion. (23 de febrero de 2018). refseek. Obtenido de reseek: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5514251&fecha=23/02/2018#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5514251&fecha=23/02/2018#gsc.tab=0)

Simillan Olivos, V. R. (27 de julio de 2020). Google Academico, de Google Academico: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53158/Samillan\\_OVR-](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53158/Samillan_OVR-)

TECNOVENT S.L. (26 de MAYO de 2009). WE FIND ANSWERS. (A. 5. for, Editor) Obtenido de [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/87139/Techo\\_Flotante.p](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87139/Techo_Flotante.p)

## ANEXOS

### **Anexo 1.** Métodos de control y tratamiento de compuestos orgánicos volátiles.

| Tipo de Control                                          | Destrucción por oxidación                             |                                                                                                                                   |                               |                                  |                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tecnología                                               | Antorcha                                              | Incinerador recuperativo tipo                                                                                                     | Incinerador tipo recuperativo | Incinerador catalítico           | Incinerador térmico                                                                                                               |
| % de remisión de compuestos orgánicos volátiles          | >98                                                   | 98 – 99                                                                                                                           | 90 – 99                       | 95 – 98                          | 98 – 99                                                                                                                           |
| Recomendado para el sector                               | Producción de plásticos, caucho y recubrimiento       | Industria de artes gráficas, recubrimiento, metalmecánica, producción de caucho y plástico, almacenamiento de líquidos volátiles. | Recubrimiento metalmecánica   | Tratamiento de caucho y plástico | Industria de artes gráficas, recubrimiento, metalmecánica, producción de caucho y plástico, almacenamiento de líquidos volátiles. |
| Concentración de compuestos orgánicos volátiles a tratar | Alta                                                  | Por debajo del 0.25*LII                                                                                                           | Por debajo del 0.25*LII       | Por debajo del 0.25*LII          | Por debajo del 0.25*LII                                                                                                           |
| Flujos de caudal                                         | Alta                                                  | Medio                                                                                                                             | Medio                         | Medio                            | Medio                                                                                                                             |
| Temperatura                                              | Alta                                                  | Alta                                                                                                                              | Alta                          | Alta                             | Alta                                                                                                                              |
| Operación                                                | Proceso continuo con emisiones variable con el tiempo | Proceso continuo                                                                                                                  |                               |                                  |                                                                                                                                   |
| Residuos secundarios                                     | Gases de chimenea                                     | Gases de chimenea                                                                                                                 | Gases de chimenea             | Gases de chimenea                | Gases de chimenea                                                                                                                 |

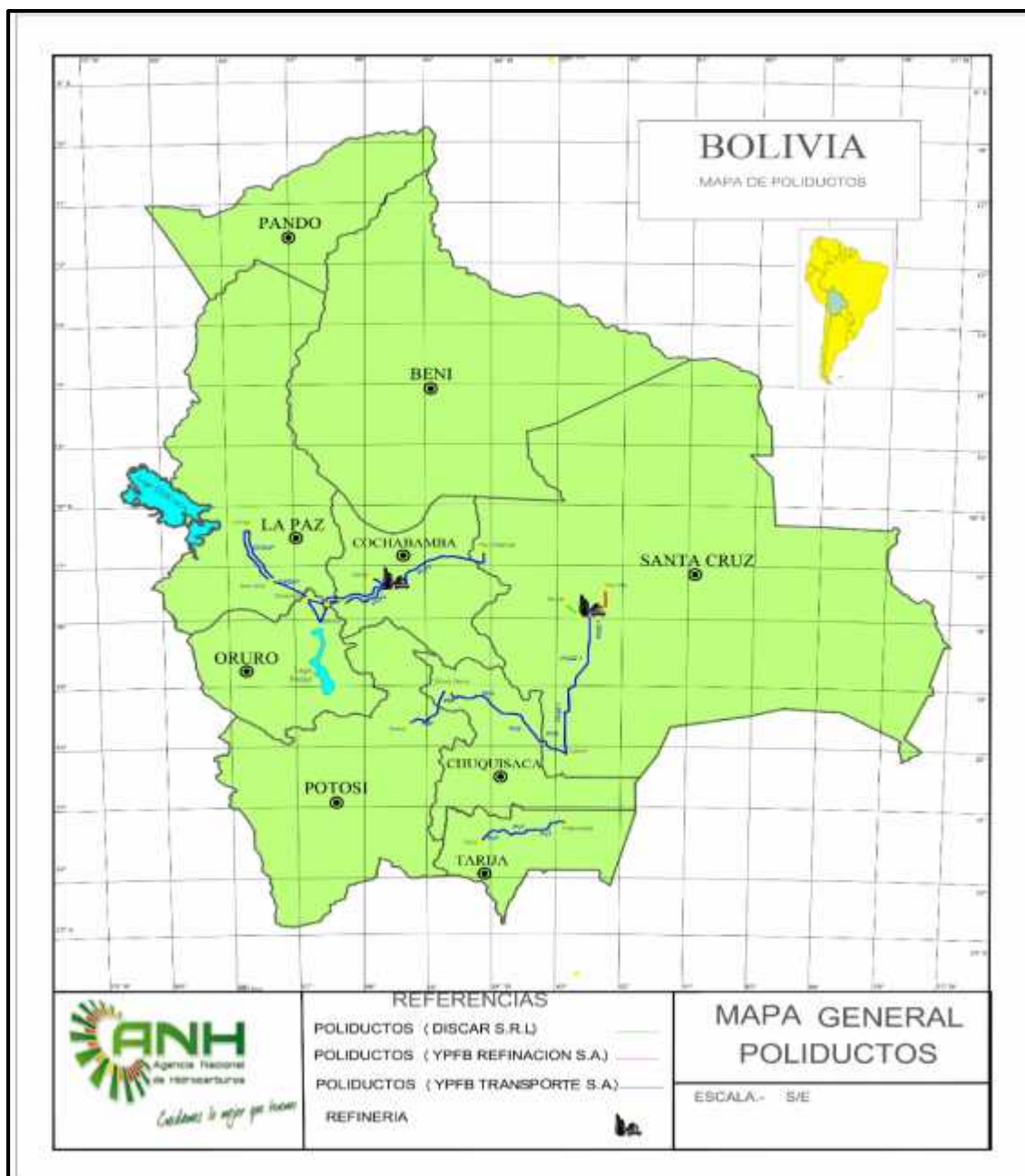
**Fuente:** (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021)

## Anexo 2. Métodos de control y tratamiento de compuestos orgánicos volátiles.

| Tipo de control                                          | Captura                                                                                                          |                                                                 |                                                                 |                                                                                              | Recuperativo                                                                                                    | Descomposición biológica                                                                                         |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tecnología                                               | Adsorción con carbón activado                                                                                    | Depurador con techo de libra                                    | Depurador con lecho empacado, torre empacada                    | Depurador en humedad cámara de aspersión. Torre de aspersión.                                | Condensador                                                                                                     | Infiltró                                                                                                         |
| % de remoción de compuestos orgánicos volátiles          | 50 – 90                                                                                                          | 70 - 99                                                         | 70 - 99                                                         | 50 - 95                                                                                      | >99                                                                                                             | 90 - 95                                                                                                          |
| Recomendado para el sector                               | Almacenamiento de sustancias con alto contenido de compuestos orgánicos volátiles en tanques, procesos por lotes | Tratamiento de plásticos, caucho y recubrimiento                | Tratamiento caucho y plástico                                   | Almacenamiento de sustancias con alto contenido de compuestos orgánicos volátiles en tanques | En general se recomienda para todos. Limitante el alto costo                                                    | Almacenamiento de sustancias con alto contenido de compuestos orgánicos volátiles en tanques, procesos por lotes |
| Concentración de compuestos orgánicos volátiles a tratar | Media – Alta                                                                                                     | Media – Alta                                                    | Media – Alta                                                    | Baja - Media                                                                                 | Media – Alta                                                                                                    | Baja – Media (depende de los compuestos orgánicos volátiles)                                                     |
| Flujos de caudal                                         | Bajo                                                                                                             | Medio                                                           | Medio                                                           | Medio                                                                                        | Medio                                                                                                           | Bajo                                                                                                             |
| Temperatura                                              | Ambiental                                                                                                        | Ambiental                                                       | Ambiental                                                       | Ambiental                                                                                    | Como lo requiera el punto de ebullición más bajo de los compuestos orgánicos volátiles presentes en el efluente | Ambiental                                                                                                        |
| Operación                                                | Proceso por lotes                                                                                                | Proceso continuo                                                | Proceso continuo                                                | Proceso continuo                                                                             | Proceso continuo                                                                                                | Proceso por lotes                                                                                                |
| Residuos secundarios                                     | Carbón cargado                                                                                                   | Efluente líquido contaminado con compuestos orgánicos volátiles | Efluente líquido contaminado con compuestos orgánicos volátiles | Efluente líquido contaminado con compuestos orgánicos volátiles                              | Ninguno                                                                                                         | Material biológico                                                                                               |

**Fuente:** (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021)

### Anexo 3. Gasoductos en Bolivia.



Fuente: (ANH,2015).

**Anexo 4.** Venta anual de gasolina especial en estaciones de servicio.

| Razón Social                                            | GESTION<br>2020      | GESTION<br>2021      | GESTION<br>2022      |
|---------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                                         | TOTAL (LT)           | TOTAL (LT)           | TOTAL (LT))          |
|                                                         | GE                   | GE                   | GE                   |
| COOPERATIVA DE TRANSPORTES DE CARGA MARISCAL SUCRE LTDA | 465.042,75           | 528,261,97           | 530.813,21           |
| EL TEJAR-YPFB                                           | 2.187.215,48         | 2,430,422,93         | 2.723.022,19         |
| ESTACION DE SERVICIO AZARI                              | 2.456.871,27         | 3,345,895,34         | 3.813.958,25         |
| ESTACION DE SERVICIO EL MORRO                           | 2.166.175,75         | 2,562,872,10         | 2.882.009,06         |
| ESTACION DE SERVICIO JUANA AZURDUY                      | 2.467.898,94         | 3,774,992,30         | 5.001.039,07         |
| ESTACION DE SERVICIO MARIA ALEJANDRA                    | 603.629,61           | 924.027,32           | 1.041.888,52         |
| ESTACION DE SERVICIO TREBOL S.R.L                       | 3.890.801,47         | 4.674.084,20         | 5.288.859,64         |
| ESTACIÓN DE SERVICIO NAYLER                             | 5.541.961,95         | 7,194.922,17         | 7.960.238,60         |
| ESTACION DE SERVICIO OQHARIKUNA S.R.L                   | 3.696.533,89         | 4.631.319,04         | 5.248.119,13         |
| INVERSIONES JANA S.A.                                   | 8.443.166,93         | 11.225.947,59        | 12.896.166,12        |
| OSTRIA GUTIERREZ-YPFB                                   | 1.888.270,60         | 2.351,402,31         | 2.597.167,87         |
| EESS.SUPER GRIFO 1                                      | 1,344.862,81         | 2.011.706,51         | 2.750.727,95         |
| ESTACION DE SERVICIO SURTIDOR MESA VERDE                | 2.661.005,94         | 2.708.779,20         | 3.868.209,55         |
| ESTACIÓN DE SERVICIO PUJLLAY                            | 883.911,43           | 1.083.085,88         | 1.146.734,41         |
| ESTACION DE SERVICIO BUEN RETIRO                        | 1.543.901,97         | 2.252.851,08         | 2.432.273,74         |
| ESTACION DE SERVICIO TARABUQUILLO-YPFB                  | 162.477,07           | 580.224,24           | 634.943,82           |
| ESTACIÓN DE SERVICIO MURILLO                            | 1.047.368,16         | 1.347.111,74         | 1.526.268,50         |
| <b>TOTAL</b>                                            | <b>42.051.115,82</b> | <b>53.627.905,91</b> | <b>62.344.439,63</b> |

**Fuente:** Agencia Nacional de Hidrocarburos.

**Anexo 5.** Consumo de gasolina especial de los Grandes Consumidores (GRACOS).

| <b>CONSUMO GRACOS</b>      |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>GESTION 2020<br/>GE</b> | <b>GESTION 2021<br/>GE</b> | <b>GESTION 2022<br/>GE</b> |
| 69800                      | 90000                      | 79900                      |

**Fuente:** Agencia Nacional de Hidrocarburos.