

**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 ESTACIÓN MÓVIL “CISTERNA”  
PARA EL ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES  
LÍQUIDOS EN LA EMPRESA MINERA SAN ANDRÉS –  
POTOSÍ**

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

**ARNULFO RODRIGUEZ PACO**

**Sucre - Bolivia  
2024**

## **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.



Arnulfo Rodríguez Paco

Sucre, Mayo de 2024

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación le dedico principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis queridos padres y hermanas, por todo el sacrificio, apoyo y cariño incondicional que me brindaron durante todos estos años.

A todas mis amigos/as y a mis estimados docentes por brindarme su sabiduría y compartir conmigo sus experiencias y consejos que han sido de gran apoyo para que este trabajo se realice con éxito.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis queridos padres por todo el apoyo, esfuerzo y sacrificio por brindarme tanto cariño y amor incondicional durante todo este tiempo de mi formación profesional.

A mis hermanas, cuñados y sobrinos quienes me dan la fuerza e inspiración para ser una mejor persona.

A mis amigos y estimados docentes por compartieron conmigo sus conocimientos y experiencia que fueron el pilar fundamental en toda mi formación académica.

Finalmente, a la UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA por cobijarme en sus aulas y laboratorios durante toda la etapa de mi formación profesional.

## RESUMEN

La presente monografía tiene como objetivo satisfacer las necesidades de suministro y abastecimiento eficiente de combustibles líquidos (diésel) en las diferentes operaciones que se desarrollan en la empresa minera San Andrés. La metodología adoptada para el desarrollo de la monografía se basa en el paradigma propositivista de investigación descriptiva que se centra en la recopilación de datos objetivos y medibles para evaluar aspectos técnicos y económicos en la implementación de una estación móvil cisterna. Y los resultados obtenidos respaldan y justifican que es una opción viable tanto económica como técnicamente para abordar el problema de suministro, almacenamiento y el abastecimiento ineficiente de combustible que afronta actualmente la empresa minera identificando los patrones de consumo de combustible según la demanda actual. La ejecución del presente proyecto de implementación del tanque móvil cisterna funcional con todos los requerimientos necesarios y cumplimiento normativo de 20,000 litros de capacidad de almacenamiento, tendrá una inversión aproximada de 1,170,905 Bs. En conclusión, este estudio garantiza un mayor desarrollo y crecimiento potencial de la empresa minera, no solo para satisfacer la demanda local de combustibles, sino también para aprovechar oportunidades concretas de desarrollo económico y social

## INDICE DE CONTENIDO

### CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.1.1	Planteamiento del problema.....	2
1.1.2	Formulación del problema .....	3
1.2	OBJETIVOS.....	3
1.2.1	Objetivo General.....	3
1.2.2	Objetivos Específicos .....	3
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3.1	Justificación Técnica.....	4
1.3.2	Justificación Económica .....	4
1.3.3	Justificación Social .....	4
1.4	METODOLOGÍA.....	5
1.4.1	Paradigma propositivista .....	5
1.4.2	Enfoque.....	5
1.4.3	Investigación descriptiva .....	5
1.4.4	Diseño de investigación.....	5
1.4.5	Métodos .....	6
1.4.6	Técnicas e instrumentos.....	6

### CAPITULO II: DESARROLLO

2.1	MARCO TEORICO (CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL) .....	7
2.1.1	MARCO CONCEPTUAL.....	7
2.1.1.1	Combustibles líquidos .....	7
2.1.1.2	Tanques de almacenamiento de combustibles.....	9
2.1.1.3	Tanques móviles “cisterna” .....	12
2.1.1.4	Accesorios necesarios para la operación .....	18
2.1.1.5	Marco normativo.....	18
2.1.2	MARCO CONTEXTUAL.....	20
2.1.2.1	Empresa Minera “San Andrés R.L” .....	20
2.1.2.2	Principales operaciones que se desarrollan en la empresa .....	21
2.1.2.3	Necesidades de la empresa minera San Andrés .....	23
2.1.2.4	Equipos de alto consumo de combustibles líquidos .....	25

2.1.2.5	Demanda y consumo de combustibles líquidos en la empresa .....	27
2.2	INFORMACION Y DATOS OBTENIDOS.....	28
2.2.1	Diagrama de flujo del proceso de implementación.....	29
2.2.2	Normativas que rigen la operación de camiones cisterna .....	30
2.2.3	Características y dimensionamiento del tanque cisterna .....	30
2.2.3.1	Propiedades del fluido a transportar .....	30
2.2.3.2	Estimación de volúmenes de consumo de combustibles .....	31
2.2.3.3	Cálculo y dimensionamiento del tanque cisterna .....	31
2.2.4	Especificaciones técnicas del camión cisterna (Cap: 25000 Lts) .....	33
2.2.4.1	Características generales de seguridad.....	34
2.2.4.2	Tabla de especificaciones según requerimiento de YPFB .....	35
2.2.5	Descripción gráfica del camión cisterna.....	37
2.2.6	Evaluación de costos de implementación .....	37
2.2.6.1	Costo de adquisición - Adjudicación por ITEMS o por el total .....	38
2.2.6.2	Costos de mantenimiento .....	39
2.3	ANALISIS Y DISCUSIÓN.....	43
<b>CAPITULO III: CONCLUSIONES</b>		
3.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
3.1.1	Conclusiones .....	44
3.1.2	Recomendaciones .....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		46
ANEXOS		

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta Separadora de Líquidos "Carlos Villegas" .....	7
Figura 2 Tanques de Almacenamiento de Combustibles Líquidos .....	9
Figura 3 Tanques Esféricos de Almacenamiento de Gas .....	11
Figura 4 Tanque Móvil Cisterna .....	13
Figura 5 Vista Lateral Autotanque "Remolque" .....	14
Figura 6 Semirremolque-cisterna Soportado sobre Bastidor .....	14
Figura 7 Esquema Gráfico de un Tanque Cisterna .....	15
Figura 8 Recorrido logístico para llegar al área de operación "Sección Andacaba" .....	21
Figura 9 Vista Satelital del área de operación (bocaminas) "Sección Andacaba" .....	21
Figura 10 Equipo de Perforación en Minería Subterránea .....	22
Figura 11 Equipos de Extracción de Carga Subterránea .....	22
Figura 12 Vehículos de Carga Pesada "Volquetas" .....	23
Figura 13 Recorrido para llegar al área de operación "Sección Andacaba" .....	24
Figura 14 Puntos de operación (7 bocaminas) "Sección Andacaba" .....	24
Figura 15 Compresora de Aire .....	25
Figura 16 Maquinaria Pesada de Uso Frecuente .....	26
Figura 17 Camiones de Carga Pesada "Dumpers" .....	26
Figura 18 Diagrama de flujo del desarrollo del proceso .....	29
Figura 19 Camión cisterna de transporte de combustible (Cap. 25,000 Lts) .....	33
Figura 20 Descripción gráfica del camión cisterna .....	37

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de Tanques Convencionales .....	12
Tabla 2 Especificaciones técnicas del Camión Cisterna (Cap. 25000 Lts) .....	17
Tabla 3 Datos Generales de la Empresa .....	20
Tabla 4 Consumo de diésel en Maquinaria Pesada .....	27
Tabla 5 Consumo de diésel en vehículos de transporte y carga pesada .....	28
Tabla 6 Consumo de diésel en equipos de generación de energía .....	28
Tabla 7 Propiedades principales del fluido a transportar (Diésel) .....	30
Tabla 8 Estimación de volúmenes de consumo de combustible .....	31
Tabla 9 Características técnicas del Cisterna (Cap: 25,000 Lts) 6x4 .....	35
Tabla 10 Características del motor .....	35
Tabla 11 Características del sistema de Transmisión .....	36
Tabla 12 Características del sistema de Seguridad .....	36
Tabla 13 Detalles requeridos del camión cisterna para la adjudicación .....	38
Tabla 14 Descripción de costos de mantenimiento en camiones y cisternas – DCLP ..	40
Tabla 15 Mantenimiento de los sistemas de accionamiento .....	40
Tabla 16 Mantenimientos de sistemas de funcionamiento .....	41
Tabla 17 Mantenimiento de accesorios .....	41

## **INDICE DE ANEXOS**

Anexo 1 Adquisición de cisternas para transporte de hidrocarburos en EE.SS

Anexo 1 Características para el dimensionamiento del tanque (horizontal)

Anexo 3 Formato para adjudicación por ITEMS o por el total

Anexo 4 Formulario de especificaciones técnicas solicitadas y propuestas

## **CAPITULO I: INTRODUCCION**

### **1.1 ANTECEDENTES**

El presente tema de estudio sobre el abastecimiento de combustibles líquidos en empresas mineras es una problemática recurrente por la dificultad de no contar con un suministro cercano que garantice el abastecimiento inmediato y eficiente de combustibles. En este contexto surge la propuesta de realizar la implementación de una estación móvil “cisterna” como una alternativa viable, para tal caso se realizó una investigación respectiva del tema.

Se tiene como registro de un proyecto similar que lleva el siguiente título “Propuesta de mejora en el transporte de combustibles líquidos vía terrestre y fluvial en zonas remotas”. Este proyecto fue presentado por los señores: Franz Eder Huanay Allca, Juan Pablo Israel Taboada Gómez, Roberto Paulo Vásquez Benites, realizado en Lima Perú en septiembre del 2015. Este proyecto consiste en “Realizar un estudio para dar solución a la necesidad de reducir los sobre costos generados por una serie de factores que surgen en el proceso de transporte, el tiempo de entrega y normativas vigentes que dependen directamente de una buena planificación y organización” (Franz E. Huanay A, 2015).

Según la entrevista realizada por la fuente “Todo Logística & Comercio Exterior” al ejecutivo de la federación de Transporte pesado de Bolivia el señor José Yucra, donde menciona lo siguiente: “Hay más de 2000 camiones de este tipo que surten a las estaciones de servicio del país y que sin ellos, sería imposible que zonas alejadas a los centros de producción se abastezcan de combustible. En materia de exportación, los camiones cisterna siguen siendo el medio más elegido para transportar combustibles, puesto que el 80% de la carga viaja en ese medio de transporte y sólo el 20% por otros medios de transporte” (Exterior, 2024).

Revisando la base de datos sobre proyectos similares realizados en la Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, no se encontró documentos relacionados al tema de estudio ni similares a la implementación de una estación móvil en empresas mineras.

En este contexto viendo la actual situación de las operaciones y necesidades de la empresa minera San Andrés, previa a un análisis exhaustivo la implementar de una estación móvil “cisterna” equipada con su respectivo tanque de almacenamiento y su dispensador, es una gran alternativa innovadora y viable que puede desplazarse de

manera estratégica según las necesidades de la empresa minera, garantizando así un suministro oportuno y eficiente de combustible, mitigando riesgos operativos y generando una fuente de empleo más estable.

### **1.1.1 Planteamiento del problema**

Las operaciones y trabajos que realizan las diferentes empresas mineras dependen ampliamente de un suministro ininterrumpido, seguro y eficiente de combustible líquidos ya que este es un elemento principal para la operación de las actividades en las empresas mineras. Sin embargo, uno de los grandes desafíos que afrontan, es el no contar con el suministro de abastecimiento eficiente, seguro y cercano para la adquisición inmediata de combustibles líquidos. Esto es uno de los casos más preocupantes que afronta la empresa minera San Andrés R.L. Con sede y oficinas principales ubicadas en la ciudad de Potosí, que viene desarrollando varios años de operación exitosa en el rubro minero en sus diferentes secciones de operación. La de mayor explotación es la sección Andacaba, que en su perímetro cuenta con 7 puntos de operación (bocaminas) que se encuentra ubicadas en un área remota de difícil acceso a unos 35 km de la ciudad de Potosí.

La falta de abastecimiento inmediato y eficiente de combustible genera interrupciones de operación continua de los equipos y maquinarias en operación que deben realizar pausas constantes hasta el suministro y recarga de combustible, esto genera retrasos significativos en el avance programado de operación, costos adicionales a la empresa y riesgos personales.

El tiempo de espera es otro factor preocupante para realizar una recarga inmediata de combustibles, porque no se cuenta con una fuente de suministro y almacenamiento segura en el lugar, ya que actualmente el transporte de combustible se realiza en galones diariamente desde una estación fija distante que se encuentra a una 1 hora y media de transporte desde la ciudad de Potosí, esto genera pérdidas de tiempo, retrasos en el avance, costos adicionales asociados en el transporte, mayor exposición a riesgos accidentales.

Debido a la distancia y la ubicación del área de difícil acceso no es posible implementar una estación fija de servicios, ya que el camino de acceso es de tierra en condiciones

precarias y únicamente el consumo de combustible es en las operaciones de la empresa minera.

El este contexto el presente estudio para la implementación de una estación móvil "cisterna" se ve como una solución potencialmente viable, eficiente y segura que puede trasladarse a diferentes puntos dentro del perímetro minero para realizar recargas inmediatas a los equipos en funcionamiento y abastecimiento eficiente de combustibles líquidos según la demanda de sus maquinarias y equipos de operación en actividades de perforación, extracción y transporte, minimizando riesgos accidentales cumpliendo las regulaciones y normativas vigentes para la ejecución y funcionamiento de este proyecto.

### **1.1.2 Formulación del problema**

¿De qué manera se puede minimizar el desabastecimiento de combustibles líquidos que existe en los diferentes puntos de trabajo de la Empresa Minera San Andrés?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Proponer una estación móvil "cisterna" para el abastecimiento de combustibles líquidos en la empresa minera San Andrés – Potosí

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar las necesidades de abastecimiento de combustibles líquidos en la Empresa Minera San Andrés - Potosí, identificando áreas de desabastecimiento y logística.
- Estudiar la normativa vigente sobre transporte y almacenamiento de combustibles para garantizar el cumplimiento de regulaciones durante la implementación de la estación móvil "cisterna".
- Desarrollar una propuesta técnica y económica viable para la implementación de la estación móvil "cisterna", considerando costos de implementación, adquisición del equipo, capacidad de almacenamiento, gastos operativos, sistemas de seguridad y características del terreno.

## **1.3 JUSTIFICACION**

### **1.3.1 Justificación Técnica**

La necesidad crítica de abordar problemas recurrentes en la empresa minera San Andrés, relacionados con la carencia de un medio de transporte seguro y eficiente para garantizar el suministro continuo de combustibles, ha generado retrasos continuos debido a la distancia hasta las estaciones fijas de abastecimiento de combustible, lo cual interrumpe la operación y genera riesgos para el personal, así como altos costos asociados al transporte y distribución en el área de operación. Ante esta situación, la implementación de una estación móvil "cisterna" se presenta como la solución idónea, abordando aspectos logísticos, dimensionamiento del equipo, cálculos técnicos, requisitos normativos y un análisis exhaustivo de las necesidades de abastecimiento de combustible en la industria minera, con el objetivo de garantizar un abastecimiento oportuno y eficiente, reduciendo los retrasos y costos operativos asociados.

### **1.3.2 Justificación Económica**

La ejecución de esta propuesta de implementación y su respectivo funcionamiento, brindando un abastecimiento inmediato permite reducir riesgos accidentales y los costos operativos al minimizar los tiempos de espera y los gastos de transporte asociados con el suministro desde estaciones fijas distantes, aumentando visiblemente el avance operativo y la rentabilidad económica de empresa.

### **1.3.3 Justificación Social**

Garantizar un suministro ininterrumpido de combustible mediante una estación móvil "cisterna" mejoraría ampliamente en las actividades de la empresa reduciendo costos operativos, tiempos interrumpidos de operación, brindando mayor seguridad y eficiencia. Como resultado de esto es la optimización en las operaciones que generan más rentabilidad para la empresa por ende genera más fuentes de empleos directos e indirectos para un gran porcentaje de la población local que se dedican a este trabajo, siendo la fuente principal de ingresos para el sustento de sus familias. También cabe mencionar que las operaciones mineras son una fuente principal que promueve el desarrollo socioeconómico del todo país.

## **1.4 METODOLOGIA**

### **1.4.1 Paradigma propositivista**

El presente proyecto hace uso del paradigma propositiva puesto que se describirá y explicará las variables de interés, considerando la necesidad de proponer soluciones innovadoras para optimizar el abastecimiento de combustibles líquidos en empresas mineras ubicadas en áreas remotas y distantes de una estación fija, con este enfoque se busca analizar diseñar un plan logístico, viable y efectivo de implementación para enfrentar este desafío. Este paradigma enfatiza la acción y la intervención directa para generar cambios significativos en el entorno de estudio, promoviendo así la mejora continua y la innovación en la industria minera (Investigación de Campo, 2024).

### **1.4.2 Enfoque**

Se centra en un análisis cuantitativo y cualitativo mediante la adquisición de datos de la empresa y observación visual del área donde se pretende realizar la implementación de la estación móvil "cisterna", la presente propuesta es una gran alternativa para dar solución innovadora y viable al abastecimiento de combustibles líquidos en empresas mineras ubicadas en zonas alejadas de estaciones fijas, buscando maximizar la eficiencia y la seguridad del suministro de combustible adaptándose a las necesidades específicas promoviendo así la mejora continua y crecimiento de la empresa por ende generando más fuentes laborales.

### **1.4.3 Investigación descriptiva**

Se realizará un análisis exhaustivo sobre las características logísticas de área a implementar y las necesidades requeridas para el funcionamiento eficiente de la estación móvil "cisterna", así como los desafíos y beneficios asociados con su implementación en la empresa minera. Este enfoque me permite comprender mejor la viabilidad técnica, logística y económica, proporcionando una descripción clara y detallada del impacto potencial en la industria minera.

### **1.4.4 Diseño de investigación**

Para llevar a cabo mi investigación, se empleará el diseño de investigación mixto que combina elementos cualitativos y cuantitativos. Esto me permite obtener una comprensión integral del problema y evaluar la eficacia de la solución propuesta desde diferentes perspectivas. La propuesta se centra en realizar una implementación práctica de la estación móvil "cisterna" y en la evaluación de su impacto en términos de eficiencia operativa, seguridad y viabilidad económica.

#### **1.4.5 Métodos**

Utilizo una variedad de métodos de investigación, incluyendo la revisión bibliográfica y normativa vigente, diálogo con los operarios, análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como observación directa. Estos métodos me permiten recopilar datos relevantes y obtener una comprensión profunda del problema de estudio y analizar una alternativa efectiva como solución a la problemática de estudio.

#### **1.4.6 Técnicas e instrumentos**

La técnica que se utilizará en la presente investigación será la observación participante y recorrido del trayecto hasta la zona específica de operación identificando los puntos críticos y la estación temporal que realizará la cisterna en la zona de trabajo.

Para tal efecto como instrumento de observación para el posterior análisis de registros fotográficos se utilizará una cámara digital y adquisición del plano general de Google Earth, el cual permitirá seleccionar el lugar más adecuado para ubicación de la estación temporal y todo el recorrido que se debe realizar para la distribución hacia los demás puntos del área de operación.

## CAPITULO II: DESARROLLO

### 2.1 MARCO TEORICO (CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL)

#### 2.1.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 2.1.1.1 Combustibles líquidos

**Definición:** Son sustancias en estado líquido que en presencia de oxígeno generan energía. Pueden ser de origen fósil, como sucede en el caso de los derivados del petróleo, vegetal o animal como ocurre en el caso de los biocombustibles (GRECC, 2015).

#### Figura 1

*Planta Separadora de Líquidos "Carlos Villegas"*



**Fuente:** Obtenido de (LOS TIEMPOS, 2021)

#### a) Características de los combustibles líquidos

Según la publicación del sitio web (Gasogenio by Eligenio, 2024), presenta la siguiente descripción de las características de los combustibles que son derivados del petróleo y las principales propiedades que los caracterizan se mencionan a continuación.

- **Poder calorífico:** También conocido como calor de combustión. En este caso, la energía liberada cuando el combustible se oxida rápidamente hace que el combustible se oxide por completo y libere una gran cantidad de calor que puede ser aprovechado a nivel industrial.

- **Densidad:** Los combustibles líquidos pueden presentar una densidad específica o relativa. Esta fue la primera característica utilizada para clasificar los combustibles líquidos. El combustible se vende en volumen, por lo que es importante conocer su densidad a temperatura ambiente.
- **Viscosidad:** Mide la resistencia interna de un líquido al movimiento de sus moléculas. Esta resistencia proviene de la fricción de unas partículas con otras. Puede ser absoluta o dinámica, relativa o cinemática.
- **Volatilidad:** La volatilidad está determinada por la curva de destilación, que expresa el porcentaje de volumen vaporizado en función de la temperatura. El combustible líquido es una parte de la destilación del petróleo crudo.

Los combustibles tienen una propiedad muy importante a analizar que es su punto de inflamación. Son muy peligrosos cuando su punto de inflamación está bajo, porque pueden arder de manera más fácil y, por lo tanto, requieren mucho cuidado. Además, como todos los líquidos, tiene un punto de fusión y un punto de evaporación (Gasogenio by Eligenio, 2024).

#### **b) Principales combustibles líquidos de mayor consumo**

- **Diésel:** El diésel es un combustible líquido utilizado principalmente en motores diésel, que se caracteriza por tener un alto poder calorífico y proporcionar una mayor eficiencia que otros combustibles líquidos.

El diésel se utiliza ampliamente en diversos sectores, como el transporte de mercancías, la generación de energía eléctrica y la industria marítima. En el sector del transporte, los vehículos diésel son populares debido a su mayor eficiencia y menor consumo de combustible en comparación con los vehículos de gasolina.

- **Gasolina:** La gasolina es otro tipo de combustible líquido ampliamente utilizado en motores de combustión interna. Se caracteriza por ser volátil y altamente inflamable. La gasolina tiene un poder calorífico relativamente alto y es capaz de liberar una gran cantidad de energía cuando se quema.

La gasolina es principalmente utilizada como combustible para vehículos de pasajeros, como automóviles y motocicletas.

Es el combustible preferido en estos vehículos debido a su facilidad de uso y menor costo en comparación con otros combustibles.

- **Queroseno:** El queroseno es un tipo de combustible líquido similar a la gasolina, pero con un punto de ebullición más alto. Se caracteriza por ser menos volátil y más estable que la gasolina, lo que lo hace más seguro de almacenar y manipular. El queroseno tiene un poder calorífico comparable al de la gasolina, el queroseno se utiliza en diversas aplicaciones, es el combustible más utilizado en los aviones de reacción. Es importante considerar estas características al seleccionar el combustible adecuado (Enciclopedia Argentina de Ejemplos, 2024).

### 2.1.1.2 Tanques de almacenamiento de combustibles

Los tanques de almacenamiento son recipientes cilíndricos verticales que están diseñados para guardar en su interior hidrocarburos líquidos o combustibles, pueden tener un techo fijo o flotante para evitar la pérdida de producto por evaporación (PLAREMESA, 2024).

#### Figura 2

*Tanques de Almacenamiento de Combustibles Líquidos*



**Fuente:** Obtenido de (YPFB, 2024)

Entonces, un tanque de almacenamiento de combustible es aquella estructura diseñada especialmente para cumplir satisfactoriamente las anteriormente necesidades, a saber:

- ✓ Recibir el combustible
- ✓ Permitir el registro de la cantidad de combustible
- ✓ Almacenar como tal, en óptimas condiciones, el combustible.
- ✓ Permitir una eventual distribución del combustible

Los tanques de almacenamiento de combustible, para llevar a cabo estas funciones, debe cumplir con una serie de requerimientos técnicos muy específicos. Tales disposiciones dependen de la ley local vigente al respecto (Perez Presición Works, 2024).

#### **a) Características generales de los tanques de almacenamiento**

Debido a las características de tanques de almacenamiento de combustible, las funciones de este componente permiten mantener el líquido en un lugar seguro hasta que sea necesario para su correcto uso.

Adjuntando a esto, cuentan con otros rasgos distintivos que los hacen ideales para cualquier aplicación que requiere de un funcionamiento seguro y eficiente (REJIGLASS, 2023).

- **Material de construcción:** Los tanques se fabrican con materiales resistentes, como acero al carbono, acero inoxidable o concreto.
- **Capacidad:** Cuentan con una variedad de tamaños y capacidades, desde tanques pequeños que almacenan cientos de galones, hasta tanques inmensos que pueden contener miles de galones de combustible.
- **Accesorios de seguridad:** Están equipados con accesorios de seguridad, como sistemas de prevención de sobrepresión, válvulas de alivio de presión y sistemas de detección de fugas.
- **Medidores y sistemas de monitoreo:** Cuentan con medidores y sistemas de monitoreo para controlar el nivel de combustible, la temperatura y la presión.
- **Normativas y regulaciones:** Su fabricación cuenta con las regulaciones y normativas tanto locales como nacionales de seguridad y medioambiente.

#### **b) Tipos de tanques de almacenamiento de combustibles**

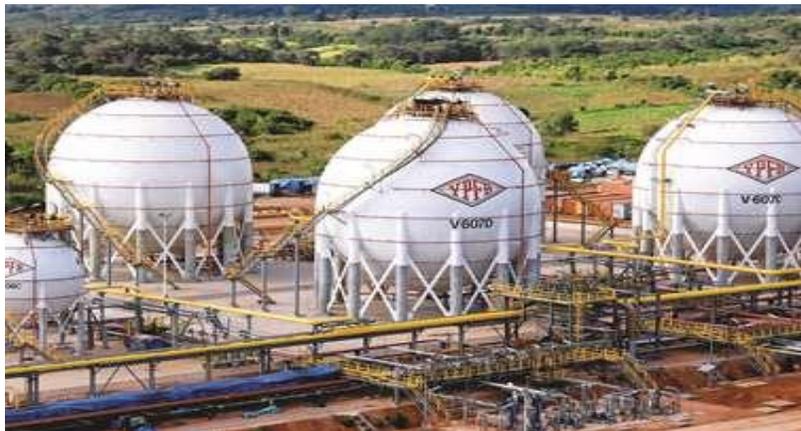
Según la información pública de la página web (Perez Presición Works, 2024). Realiza la siguiente descripción de la clasificación de los tipos de tanques según sus características para el almacenamiento de combustible, debes saber que existen muchos tipos de tanques destinados para este propósito. Sin embargo, difieren unos de otros en cuanto a su forma y el uso, dados los diferentes tipos de combustible que almacenan y las condiciones que requieren.

### Según la forma

- **Rectangulares:** Su diseño es expresamente solicitado cuando las condiciones del lugar destinado para su instalación lo requieren así. Demanda demasiado material en su construcción.
- **Cilíndricos:** Son el tipo de tanques más solicitado y funcional. Este tipo de tanque cuenta con un diseño pensado para albergar la mayor cantidad de combustible líquido de forma segura. Son un tipo de tanque que puede tener una o dos paredes.
- **Esféricos:** Los tanques de almacenamiento esféricos son aquellos pensados para albergar combustible gaseoso. Están diseñados para que la presión de los gases en su interior se expanda de forma uniforme.

### Figura 3

*Tanques Esféricos de Almacenamiento de Gas*



**Fuente:** Obtenido de (YPFB, 2024)

### Según su disposición final

- **Tanques fijos:** Son el tipo de tanques que están instalados a nivel del suelo. Con respecto a los demás tipos de instalación, podría decirse que no requieren mayores preparativos. También llamados aéreos, son usados en la industria química y petrolera con una capacidad aproximada entre 200.000 y 300.000 Litros de almacenamiento.
- **Tanques subterráneos:** Los tanques subterráneos son aquellos que se instalan por debajo del nivel del suelo. Como permanecerán muchísimo tiempo enterrados, es preciso que sean especialmente resistentes a la corrosión o a las fugas. Por ello, el acero inoxidable es el material ideal para este tipo de instalación. Son usados, principalmente, en las estaciones urbanas de distribución de combustible.

- **Tanques móviles:** Los tanques móviles son aquellos que se instalan en algún vehículo que permite su transporte hacia lugares de difícil acceso, en donde el combustible normalmente no llega. Así, estos tanques móviles, hechos también en acero inoxidable por motivos de seguridad, pueden contener 3.000 Litros de combustible o más.

**Tabla 1**

*Características de Tanques Convencionales*

<b>Tipo de Tanque</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Usos y Aplicaciones</b>
T. de almacenamiento subterráneo (gasolina)	10,000 L	Almacenamiento de gasolina para estaciones de servicio y flotas de vehículos.
T. de almacenamiento subterráneo (diésel)	20,000 L	Almacenamiento de diésel en estaciones de servicio, maquinaria pesada e industrias.
Cilindro de GLP	10 kg	Uso doméstico en cocinas y estufas, así como en pequeñas empresas y vehículos con GLP.
Tanque estacionario de gas natural	100 m <sup>3</sup>	Almacenamiento de gas natural, suministro a empresas, industrias, etc.
Tanque de almacenamiento de etanol	50,000 L	Almacenamiento de etanol para mezcla con gasolina, uso industrial y en plantas de producción.

**Fuente:** Obtenido de (Montaño, 2011, pág. 17)

**c) Consideraciones en el transporte, carga y descarga del tanque**

El tanque debe ser transportado de forma segura para evitar fallas estructurales en su cuerpo y en su sistema de protección, por lo cual durante su carga, transporte y descarga no debe arrastrarse, golpearse ni rodarse, tampoco se deben utilizar elementos cortopunzantes en su movimiento, como cadenas o cables alrededor del tanque (Singh, pág. 88).

**2.1.1.3 Tanques móviles “cisterna”**

Los tanques móviles, cisternas, declaran un volumen para el transporte de diferentes fluidos principalmente hidrocarburos, estos recipientes deben encontrarse en buenas condiciones de operación conforme a la normativa correspondiente, mediante la verificación se brinda la trazabilidad de las mediciones y el control de las condiciones de seguridad que poseen los tanques cisterna (Instituto Boliviano de Metrología, 2024).

## Figura 4

### Tanque Móvil Cisterna



Fuente: Obtenido del (Instituto Boliviano de Metrología, 2024)

#### a) Importancia de los Tanques cisterna o camiones cisterna

El sector petrolero es uno de los que más contribuye a la riqueza del país, por lo cual existe un crecimiento acelerado en la industria petrolera y su impacto es determinante para varios sectores industriales como transporte, generación eléctrica, etc.

El sistema de tanque cisterna es el más adecuado y seguro para transportar líquidos de manera segura minimizando riesgos para las personas ajenas al sector, los operadores, evitando daños a la propiedad y al medio ambiente.

#### b) Función principal de un camión cisterna

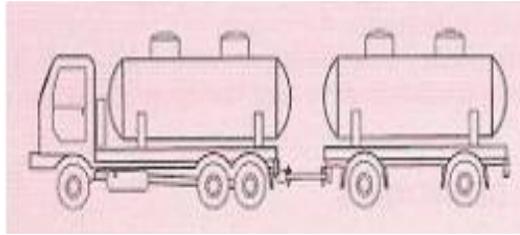
La función principal es transportar líquidos o gases de una manera segura. En el caso de la pocería, los camiones ciertos cumplen dos funciones simultáneamente: la de transportar agua para usarla a modo de presión y la de transportar aguas residuales tras succionarlas (Henares, 2022).

#### c) Tipos de tanques cisterna

**Remolques:** Son elementos de transporte integrados por una cisterna sobre un bastidor soportado por ejes de ruedas delantero y trasero, unido a una parte tractora o camión cisterna por un enganche reglamentario, pudiendo ambas partes quedar separadas (Sebatian Enriquez, 2014).

## Figura 5

*Vista Lateral Autotanque "Remolque"*

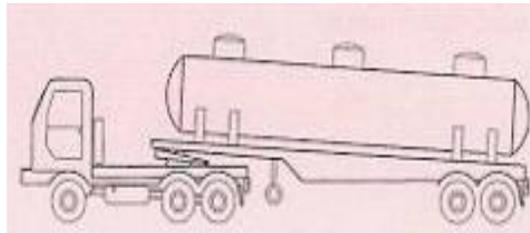


**Fuente:** Obtenido de (Sebatian Enriquez, 2014)

**Semirremolques:** Al igual que los remolques, no pueden moverse por sí mismos, precisando de un elemento motriz. Carecen de ejes de rueda delanteros, materializándose la unión a la parte tractora a través de una articulación especial donde queda fijado el pivote de sujeción (pivote real) de 2 pulgadas de diámetro del que va provisto todo semirremolque. A la parte de esta unión que va fija al tractor se le denomina la quinta rueda y se localiza a unos 300 mm por delante del último eje del tractor (Sebatian Enriquez, 2014).

## Figura 6

*Semirremolque-cisterna Soportado sobre Bastidor*



**Fuente:** Obtenido de (Sebatian Enriquez, 2014)

Tienen un número par de ejes de ruedas (2-4 ejes) pudiendo sostenerse apoyados por sí mismos, aunque estén desenganchados de la cabeza motriz que los remolca.

Tiene la gran ventaja de su reducido peso muerto y la de permitir la libre dilatación con productos a temperaturas distintas a la atmosférica. Mecánicamente trabaja como una viga simplemente apoyada en sus extremos. Son casi cilíndricas con fondos o casquetes semiesféricos.

#### **d) Sistemas de seguridad en cisternas**

Según la publicación del sitio web (BILBAO TRUCK, 2024), empresa dedicada a la construcción y diseño de tanques cisternas, realiza una descripción detallada de los sistemas de seguridad que deben tener las cisternas para la operación en el transporte de combustibles líquidos, mencionando claramente que la seguridad en el transporte de cisternas es de vital importancia debido a la naturaleza de las cargas que transportan, que a menudo incluyen materiales peligrosos o inflamables.

A continuación, se realiza la descripción respectiva de cada sistema de seguridad.

#### **Figura 7**

*Esquema Gráfico de un Tanque Cisterna*



**Fuente:** Obtenido de (CARBIS LOADTEC, 2023)

- **Sistema de frenado antibloqueo (ABS)**

El sistema de frenado antibloqueo (ABS) es esencial para garantizar un control adecuado durante las frenadas. Al prevenir el bloqueo de las ruedas, el ABS ayuda a mantener la estabilidad y el control del vehículo, especialmente en situaciones de emergencia o en carreteras resbaladizas. Esto reduce el riesgo de derrapes y evita la pérdida de control brindando una mayor seguridad a los usuarios en la vía.

- **Sistema de control de estabilidad (ESP)**

El sistema de control de estabilidad (ESP) es fundamental para contrarrestar la posibilidad de vuelcos y desvíos en las cisternas. Utilizando sensores y actuadores, el ESP monitorea constantemente la trayectoria del vehículo y aplica los frenos de manera selectiva para corregir cualquier desviación. Esto proporciona una mayor estabilidad direccional y evita situaciones peligrosas que podrían derivar en accidentes graves.

- **Sistema de control de presión de neumáticos (TPMS)**

El sistema de control de presión de neumáticos (TPMS) es esencial para mantener la seguridad y el rendimiento adecuado de los neumáticos en las cisternas. Al monitorear constantemente la presión de los neumáticos, el TPMS alerta al conductor sobre cualquier pérdida de presión o pinchazo. Esto permite que se tomen medidas rápidas para prevenir reventones y pérdida de control del vehículo debido a neumáticos desinflados.

- **Sistema de detección de fugas (LDS)**

Dado que las cisternas transportan cargas potencialmente peligrosas, contar con un sistema de detección de fugas (LDS) es esencial. Este sistema utiliza sensores y tecnología de monitoreo para detectar cualquier cambio en la presión o composición del contenido de la cisterna. En caso de una fuga, se emite una alerta inmediata para que el conductor pueda tomar las medidas necesarias y evitar riesgos mayores.

- **Sistema de mitigación de incendios**

Las cisternas que transportan materiales inflamables o peligrosos deben estar equipadas con sistemas de mitigación de incendios. Estos sistemas utilizan detectores de calor, humo o llamas para identificar cualquier indicio de incendio en la carga. A continuación, se activan automáticamente sistemas de extinción de incendios para controlar y extinguir el fuego de manera rápida y efectiva.

- **Sistema de iluminación de seguridad**

La instalación de un sistema de iluminación de seguridad adecuado en las cisternas es esencial para mejorar la visibilidad y alertar a otros conductores sobre la presencia del vehículo en la vía. Esto incluye luces traseras, luces de freno, luces intermitentes y luces de giro que cumplan con los requisitos de seguridad vial.

Implementar y mantener estos sistemas de seguridad en las cisternas es crucial para proteger la vida y la integridad de los conductores, así como para prevenir accidentes y minimizar los riesgos asociados con el transporte de cargas peligrosas. Al priorizar la seguridad, se contribuye a mantener la vialidad y proteger el medio ambiente, promoviendo un transporte responsable y confiable (BILBAO TRUCK, 2024).

### e) Requerimientos que deben cumplir los camiones cisterna

Los camiones cisterna deberán cumplir la siguiente normativa.

#### Nacional

- Ley Boliviana N°441 (25 de noviembre de 2013) “Ley de Control de Pesos y Dimensiones Vehiculares en la Red Vial Fundamental”.
- NB-62002 Calidad del Aire –Emisiones de fuentes móviles-Generalidades, clasificación y límites máximos permitidos

#### Características importantes, según la capacidad

**Ejemplo:** Capacidad 25000 Litros

**Tracción:** Los camiones cisterna deberán tener una tracción 6x4, de tres ejes y tracción en los dos ejes traseros.

**Configuración:** Cada camión cisterna debe poder transportar las 25 Tn máximas permitidas, por lo que según la “Ley de Control de Pesos y Dimensiones Vehiculares en la Red Vial Fundamental”.

**Composición:** Compuesto por 3 ejes de la siguiente forma, un eje delantero con 2 llantas, ejes traseros con 4 llanta cada uno como se muestra en la siguiente figura siguiente

**Dimensionamiento:** De acuerdo con el Art. 6 del D.S. N° 25629. Los camiones cisterna NO deberán sobrepasar las siguientes dimensiones. (Cámara Forestal de Bolivia, 1999).

**Tabla 2**

*Especificaciones técnicas del Camión Cisterna (Cap. 25000 Lts)*

Conf. vehicular	N° Ejes llanta	Long. (m)	Pesos brutos máximos permitidos por eje o grupos de ejes					P.B. Total permitido
			Eje Del.	Ejes Traseros				
			Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4	Eje 5	
	1RS-2RD	12,20	7	18	-	-	-	25

**Fuente:** (YPFB - Yacimientos Perolíferos Fiscales Bolivianos, 2013)

#### **2.1.1.4 Accesorios necesarios para la operación**

Los principales accesorios con los que deben ser provistos los camiones cisterna son:

- Porta llanta de auxilio doble.
- Franjas reflexivas.
- Guardabarros individual de alta resistencia.
- Protección lateral para ciclista (ambos lados).
- soportes para extintores y conos.
- 1 porta manguera lateral con manguera.
- Soporte de placa de producto peligroso con placas.
- Escalera Trasera.
- Pasarela superior del tanque deberá estar provista de piso deslizante.

#### **2.1.1.5 Marco normativo**

##### **a) Decretos**

**DECRETO SUPREMO NO. 24721 DE 23 DE JULIO DE 1997**

##### **ANEXO N° 5**

##### **REQUISITOS TECNICOS DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL EN OPERACIONES CON CISTERNAS DE CARBURANTES LIQUIDOS**

El transporte de hidrocarburos en camiones o vagones cisternas involucra un riesgo potencial cuando circula por las calles, avenidas y carreteras, así como durante las operaciones de carga y descarga, por lo tanto, deberán cumplir mínimamente el conjunto de requisitos y medidas que se detallan en el presente Anexo y que están referidos a:

- Requisitos de aprobación y operación para tanques cisterna de carburantes
- Procedimiento para la descarga de cisternas
- Procedimiento de seguridad durante la carga o descarga de cisternas
- El cuidado y manipuleo de las mangueras
- Recomendaciones para conductores de cisternas de carburantes

## **b) Reglamentos**

### **REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE DE CARBURANTES A TRAVES DE UNIDADES DE TRANSPORTE Y TANQUES CISTERNA**

Aprobado con RAN-ANH-UN N° 0024/2016, de 18 de octubre de 2016

#### **RESUELVE:**

**PRIMERO:** Aprobar el Reglamento para el Transporte de Carburantes a través de Unidades de Transporte y Tanques Cisterna, que se encuentra adjunte a la presente Resolución Administrativa y forma parte indivisible de la misma.

**SEGUNDO:** La Agencia Nacional de Hidrocarburos a través de la Dirección de Tecnologías de Información y Comunicación (DTIC) hasta el 31 de diciembre de 2016 desarrollará el sistema para el registro y autorización de las Unidades de Transporte con placa de circulación nacional o extranjera y Tanques Cisterna.

**TERCERO:** Desde el 01 de enero de 2017 hasta el 30 de junio de 2017, todas aquellas personas naturales o jurídicas que prestan el Servicio de Transporte de Carburantes a través de Unidades de Transporte con placa de circulación nacional o extranjera y Tanques Cisterna deberán proceder al registro y obtención de la autorización conforme a lo establecido en el Reglamento para el Transporte de Carburantes a través de Unidades de Transporte y Tanques Cisterna.

**CUARTO:** Se debe verificar que las Unidades de Transporte y Tanque Cisterna se encuentren registradas y autorizadas por la ANH, en caso de verificarse que no se encuentran registradas y autorizadas por la ANH, no se procederá a la recepción o despacho de carburantes.

## **c) Normativas**

### **NORMATIVA PARA TRANSPORTE EN CISTERNA**

(ARTÍCULO 49)

**I.** Los procedimientos y normas que deben cumplir los camiones cisterna en la carga, transporte y descarga de Combustibles de Aviación, están especificados en la Norma NFPA 385, la Norma NFPA 407 y/o Norma Boliviana vigente.

**II.** Todas las cisternas para el transporte de Jet Fuel y Av Gas deberán ser de transporte dedicado es decir de exclusivo para este transporte de Jet Fuel. Las cisternas podrán tener diferentes compartimientos, sin embargo, no está permitido el carguío y transporte simultáneo de los dos combustibles de aviación antes mencionados.

## 2.1.2 MARCO CONTEXTUAL

### 2.1.2.1 Empresa Minera “San Andrés R.L.”

La Empresa minera San Andrés R.L. Con sede y oficinas principales ubicadas en la ciudad de potosí, provincia Tomas frías con varios años de operación exitosa en el rubro minero, dedicada a la actividad de explotación y comercialización de minerales con un objetivo claro y específico de generación de ingresos económicos y diversas fuentes laborales que tiene como resultado un gran impacto en el desarrollo del país se caracteriza por tener una visión, misión muy importante.

- **Misión:** Desarrollar una minería modelo a través de operaciones seguras, de bajo costo, con tecnología innovadora, con compromiso social y respeto por el medio ambiente y a la madre tierra.
- **Visión:** Ser una empresa minera líder con proyección nacional e internacional, realizando sus diversas actividades y operaciones con la explotación y comercialización de recursos minerales metálicos.

Entre sus diversas secciones o zonas de operación, la de mayor explotación es la sección Andacaba que se encuentra ubicada en un área remoto de difícil acceso a unos 35 km de la ciudad de potosí, con tiempo aproximado de 1 hora y 30 minutos de transporte.

#### a) Datos generales de la empresa minera “San Andrés R.L.”

**Tabla 3**

*Datos Generales de la Empresa*

RAZÓN SOCIAL	Empresa minera San Andrés R.L.
Representante legal	Sr. Julio Copa Mamani
Domicilio particular	Av. Luis Solux y Calle Colombia
Registro	01.01.0318

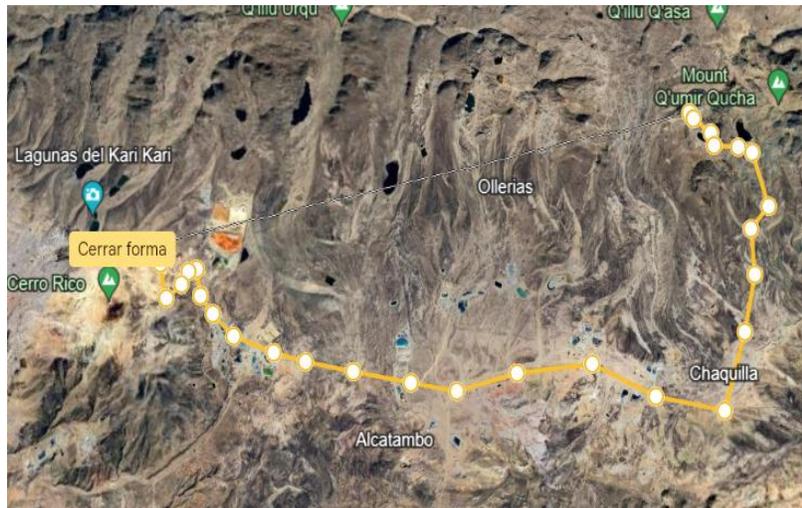
**Fuente:** Obtenido de la página de la empresa

#### b) Ubicación geográfica del área de operación “Sección ANDACABA”

La sección Andacaba es una de las zonas de mayor desarrollo y explotación minera de la empresa “San Andrés” actualmente con siete puntos (bocaminas) de operación dentro del perímetro de zona. Se encuentra ubicada a unos 35 km de la ciudad de potosí, con tiempo aproximado de transporte para el recorrido de 1 hora y 30 minutos por las características de acceso a la zona.

## Figura 8

Recorrido logístico para llegar al área de operación "Sección Andacaba"



Fuente: Obtenido de (Google Hearth, 2024)

## Figura 9

Vista Satelital del área de operación (bocaminas) "Sección Andacaba"



Fuente: Obtenido de (Google Hearth, 2024)

### 2.1.2.2 Principales operaciones que se desarrollan en la empresa

#### a) Perforación

La perforación es el primer paso en el proceso de minería. Las empresas mineras utilizan equipos de perforación para crear agujeros en la tierra, que luego se llenan con explosivos. Estos explosivos se detonan para romper la roca y acceder a los minerales.

## Figura 10

### *Equipo de Perforación en Minería Subterránea*



Fuente: Obtenido de (MINERA SAN CRISTOBAL S.A., 2024)

## b) Extracción

Una vez que la roca ha sido fragmentada por la detonación, los minerales se extraen del suelo. Esto puede hacerse a mano en operaciones de minería a pequeña escala, o con maquinaria pesada en operaciones de minería a gran escala.

## Figura 11

### *Equipos de Extracción de Carga Subterránea*



Fuente: Obtenido de (MINERA SAN CRISTOBAL S.A., 2024)

## c) Transporte

Después de la extracción, los minerales se transportan desde el sitio de la mina hasta una planta de procesamiento. Esto se hace generalmente utilizando camiones de gran tamaño o sistemas de cinta transportadora. En la planta de procesamiento, los minerales se limpian, se clasifican y se preparan para su venta.

## Figura 12

### *Vehículos de Carga Pesada "Volquetas"*



Es importante mencionar que todas estas actividades deben realizarse siguiendo estrictas medidas de seguridad y sostenibilidad ambiental.

#### **2.1.2.3 Necesidades de la empresa minera San Andrés**

A continuación, se realiza una breve descripción de las principales necesidades que afronta actualmente la empresa minera San Andrés.

##### **a) Falta de suministro eficiente para el abastecimiento de combustibles**

- Al no contar con una fuente de suministro cercano, las operaciones de la empresa tienden a retardar el avance y no cumplir con las planificaciones programadas
- La falta de abastecimiento inmediato y seguro de combustible genera interrupciones de operación continua de los equipos y maquinarias en operación que deben realizar pausas contantes hasta el suministro y recarga de combustible.

##### **b) Equipo adecuado para el almacenamiento de combustibles**

Necesidad de implementación de un equipo adecuado y seguro para el almacenamiento de combustibles líquidos que preserve la seguridad del personal y la reducción mínima posible de contaminación ambiental.

##### **c) Distancia lejana entre la zona de operación y una estación de servicios**

La zona de operación para el cual se realiza el presente estudio es un área distante a unos 35 Km, donde se tarda un tiempo aproximado de 1 hora y 30 minutos en el recorrido desde la ciudad de Potosí donde se encuentran las estaciones fijas para el suministro de combustibles.

La empresa carece de un equipo adecuado para el transporte y distribución a los diferentes puntos de operación. Lo cual genera pérdidas de tiempo y también un alto grado de inseguridad y exposición continua a accidentes en los trabajadores.

**Figura 13**

*Recorrido para llegar al área de operación "Sección Andacaba"*



**Fuente:** Obtenido de (Google Hearth, 2024)

**d) Varios puntos de operación en la misma zona**

La sección Andacaba es una de las zonas de mayor desarrollo y explotación minera de la empresa "San Andrés" actualmente con siete puntos (bocaminas) de operación dentro del perímetro de zona con distancias variables de 300, 500 y 1000 metros de distancia entre puntos de operación como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 14**

*Puntos de operación (7 bocaminas) "Sección Andacaba"*



**Fuente:** Obtenido de (Google Hearth, 2024)

El tiempo de espera es otro factor preocupante para realizar una recarga inmediata de combustibles, porque no se cuenta con una fuente de suministro y almacenamiento segura en el lugar. Actualmente para el consumo diario en los diferentes puntos de operación, el combustible se lleva en galones diariamente desde una estación fija, tardando un tiempo aproximado de una 1 hora y 30 minutos de transporte desde la ciudad de Potosí. Esto genera retrasos interrupciones constantes en el funcionamiento de los equipos y maquinarias por falta de combustible, provocando retrasos significativos en el avance programado de operación, costos adicionales a la empresa y riesgos personales.

#### **2.1.2.4 Equipos de alto consumo de combustibles líquidos**

En las diferentes operaciones que realiza la empresa minera en los 7 puntos específicos (bocaminas) ubicadas en el perímetro de la zona presenta un elevado consumo de combustible (diésel), debido a que la mayoría de los equipos funcionan a base de este combustible llegando a consumir diariamente un volumen aproximado de 300 a 400 Litros por punto de operación y un aproximado de 2500 a 3000 litros por día, siendo un volumen elevado que se describe a detalle en las siguientes páginas.

##### **a) Equipos de Generación de Energía**

Generadores Diésel: Estos generadores proporcionan energía eléctrica para alimentar las instalaciones mineras, campamentos, iluminación y equipos auxiliares.

Compresores Diésel: Utilizados para suministrar aire comprimido a herramientas neumáticas y sistemas de ventilación.

#### **Figura 15**

*Compresora de Aire*



**Fuente:** Obtenido de (MINERA SAN CRISTOBAL S.A., 2024)

## **b) Maquinarias y Equipos de Operación y Trabajo**

Excavadoras: Realizan excavaciones, carga y manipulación de materiales.

Cargadoras Frontales: Utilizadas para cargar material en camiones y volquetas.

Perforadoras Diésel: Utilizadas para perforar agujeros en la roca para la colocación de explosivos o para exploración geológica.

### **Figura 16**

*Maquinaria Pesada de Uso Frecuente*



**Fuente:** Obtenido de (MINERA SAN CRISTOBAL S.A., 2024)

## **c) Vehículos de Transporte de Carga**

Camiones Volquete (Dumpers): Estos vehículos transportan grandes cantidades de material (rocas o minerales) desde la mina hasta la planta de procesamiento.

Camiones de Transporte de Carga Pesada: Utilizados para mover minerales, rocas y otros materiales dentro de la mina o hacia áreas de procesamiento.

### **Figura 17**

*Camiones de Carga Pesada "Dumpers"*



**Fuente:** Obtenido de (MINERA SAN CRISTOBAL S.A., 2024)

### 2.1.2.5 Demanda y consumo de combustibles líquidos en la empresa

El uso de los combustibles líquidos (diésel) es fundamental para la operación de maquinarias pesadas, equipos de generación de energía y vehículos de transporte de carga pesada y personal de operación en la industria minera.

A continuación, en la (Tabla 4) se realiza una breve descripción de los altos volúmenes de consumo diario por unidad y el consumo total aproximado semanal y mensual en maquinaria pesada como ser: excavadoras, perforados, palas cargadoras, etc. Cabe mencionar que estos equipos operan diariamente dentro del perímetro, algunos de los equipos realizan rotaciones por los diferentes puntos de operación de acuerdo con el requerimiento.

**Tabla 4**

*Consumo de diésel en Maquinaria Pesada*

<b>Maquinaria pesada</b>	<b>Unidades</b>	<b>Consumo diario c/u (Lt)</b>	<b>Consumo diario (Lt)</b>	<b>Consumo semanal (Lt)</b>	<b>Consumo mensual (Lt)</b>
Excavadoras	5	45	225	1350	5850
Retroexcavadoras	2	35	70	420	1820
Palas Cargadoras	5	25	125	750	3250
Perforadoras subterráneas	7	55	385	2310	10010
Acoplados de Extracción	5	30	150	900	3900

En la siguiente (Tabla 5), se realiza una breve descripción del consumo diario de combustible (diésel) en vehículos de transporte de carga pesada encargados de llevar el mineral extraído del subsuelo hacia los ingenios mineros y lagunas de flotación para su posterior procesamiento.

También se hace mención el alto consumo diario de diésel en microbuses y camionetas para el transporte del personal de operación en diferentes horarios ya que los turnos de trabajos son continuos y rotativos, cada punto de operación (cada bocamina) cuenta con su respectivo personal de operación continua.

**Tabla 5***Consumo de diésel en vehículos de transporte y carga pesada*

<b>Vehículos de transp.</b>	<b>Unidades</b>	<b>Consumo diario c/u (Lt)</b>	<b>Consumo diario (Lt)</b>	<b>Consumo semanal (Lt)</b>	<b>Consumo semanal (Lt)</b>
Volquetas	11	45	495	2970	12870
Microbuses	7	11	77	462	2002
camionetas	5	9	45	270	1170

Los combustibles líquidos son un elemento esencial no sólo para el funcionamiento de maquinarias pesadas o vehículos de transporte, también tienen un rol muy importante en la generación de energía. Cabe mencionar que debido a la distancia de la zona de operación no se cuenta con instalación de corriente eléctrica directa, por tal motivo se utilizan generadores de alto voltaje que funcionan a diésel generando energía para otros equipos eléctricos que requieren un determinado voltaje para su funcionamiento como se describe en la siguiente tabla.

**Tabla 6***Consumo de diésel en equipos de generación de energía*

<b>Equipos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Consumo diario c/u (Lt)</b>	<b>Consumo diario (Lt)</b>	<b>Consumo semanal (Lt)</b>	<b>Consumo semanal (Lt)</b>
Compresoras	7	45	315	1890	8190
Generadores	7	35	245	1470	6370

## **2.2 INFORMACION Y DATOS OBTENIDOS**

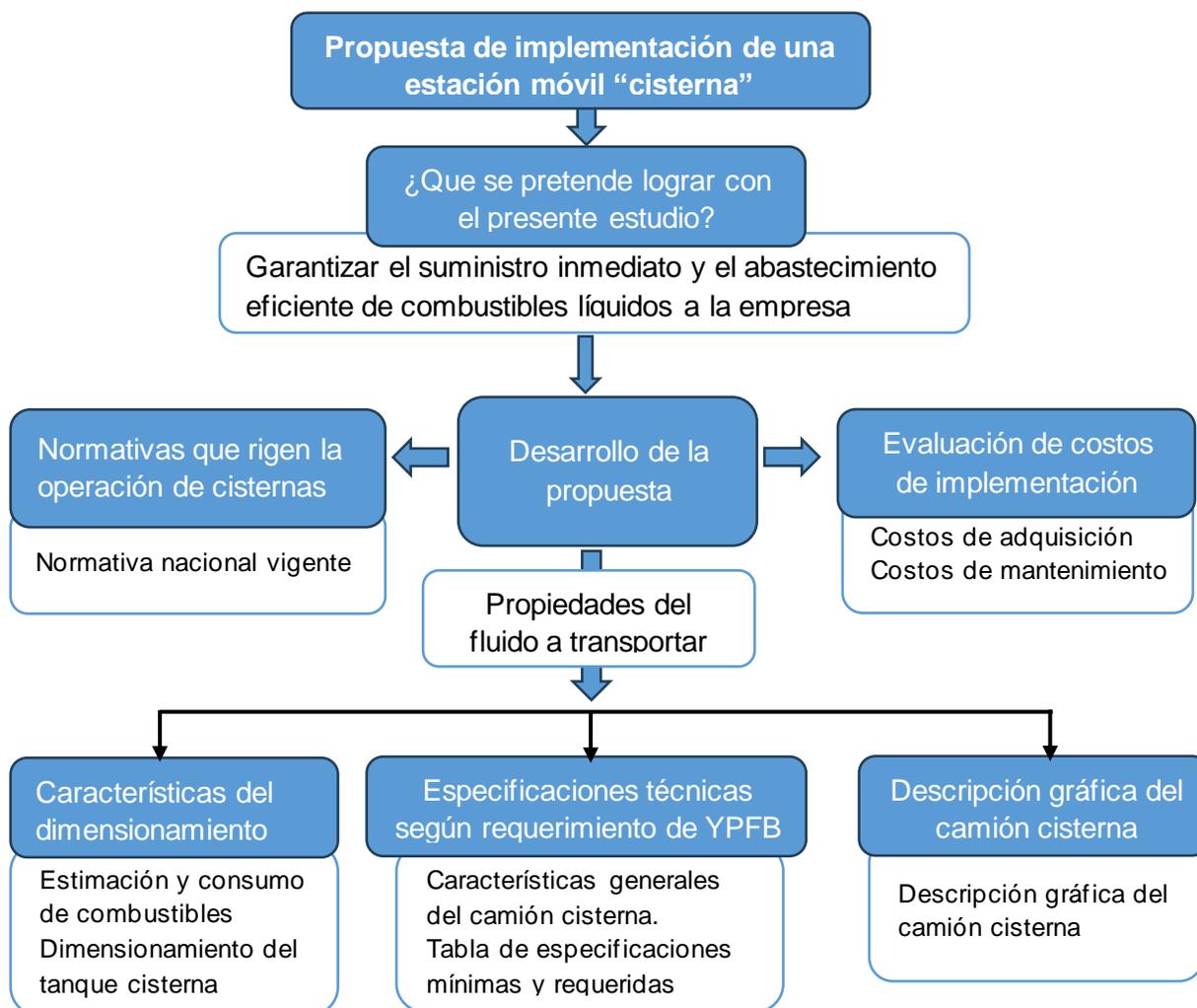
Debido a la alta demanda de consumo de combustibles líquidos diésel en la empresa minera que son la fuente principal para el desarrollo de las operaciones, se lleva a cabo una proyección estratégica de implementación, considerando aspectos importantes para el dimensionamiento y la capacidad de almacenamiento de acuerdo a las regulaciones y normativas vigentes, esto con la finalidad de brindar un servicio eficiente en el transporte, almacenamiento y posterior distribución de combustibles en el lugar de operación. La proyección permitirá una planificación objetiva viable considerando no solo la demanda actual, sino también las proyecciones de crecimiento futuro garantizando un potencial de crecimiento y desarrollo de la región y el país.

## 2.2.1 Diagrama de flujo del proceso de implementación

A continuación, se presenta el diagrama de flujo que hace referencia al desarrollo del proceso de la implementación de la estación móvil cisterna en la empresa minera.

**Figura 18**

*Diagrama de flujo del desarrollo del proceso*



### ¿Que se pretende lograr con el presente estudio?

Con la implementación de una estación móvil cisterna "Camión cisterna" se pretende garantizar el suministro inmediato y el abastecimiento eficiente de combustibles líquidos a todos los equipos de operación en la empresa minera.

Como resultado eficiente se evitará interrupciones y pausas en las diferentes actividades por falta de combustibles, minimizando riesgos ambientales y riesgos accidentales personales durante en el transporte y posterior distribución de combustibles.

## 2.2.2 Normativas que rigen la operación de camiones cisterna

### Normativa nacional:

- ✓ Ley Boliviana N°441 (25 de noviembre de 2013) “Ley de Control de Pesos y Dimensiones Vehiculares en la Red Vial Fundamental”.
- ✓ NB 138001:2013 Vehículos cisterna para el transporte terrestre de combustibles líquidos e inflamables (excepto GLP y GNL) - Requisitos de inspección y operación.
- ✓ Norma NFPA 385: Los procedimientos y normas que deben cumplir los camiones cisterna en la carga, transporte y descarga de Combustibles

Los camiones cisterna deberán cumplir la normativa nacional vigente para la autorización y la respectiva operación, que se describe en ellos anteriores párrafos.

## 2.2.3 Características y dimensionamiento del tanque cisterna

### 2.2.3.1 Propiedades del fluido a transportar

El diésel es un combustible líquido derivado del petróleo crudo que se utiliza principalmente como fuente de energía en motores diésel, tanto en vehículos de transporte como en maquinaria industrial y generadores de electricidad.

Se caracteriza por su alto contenido energético y su capacidad para producir altos niveles de torque, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren un rendimiento robusto y una alta eficiencia en el consumo de combustible.

### Tabla 7

*Propiedades principales del fluido a transportar (Diésel)*

Propiedad	Valor General
Densidad	0.82 - 0.85 g/cm <sup>3</sup>
Punto de Inflamación	52 - 96 °C
Poder Calorífico	42.6 - 45.4 MJ/kg
Viscosidad	2 - 4.5 cSt (40°C)
Punto de Congelación	-10 a -20 °C

**Fuente:** Obtenido de (Montaño, 2011)

Estos valores son generales y pueden variar según el tipo de diésel, su origen y su grado de refinamiento. Es importante tener en cuenta que estos valores pueden estar sujetos a regulaciones y estándares específicos en diferentes regiones y países.

### 2.2.3.2 Estimación de volúmenes de consumo de combustibles

Previo a un análisis exhaustivo de los altos volúmenes de consumo diario de combustible diésel en los diferentes puntos de operación en maquinarias y equipos como se puede observar en las anteriores tablas: (Ver tabla 4, tabla 5 y tabla 6)

A continuación, se puede observar un alto volumen de consumo diario de combustibles, como se describe en la siguiente tabla sacando un promedio diario, semanal y mensual.

**Tabla 8**

*Estimación de volúmenes de consumo de combustible*

<b>Concepto</b>	<b>Diario</b>	<b>Semanal</b>	<b>Mensual</b>
Maquinarias pesadas	955	5730	24830
Vehículos de transporte	617	3702	16042
Equipos	560	3360	14560
Total (lt)	2132	12792	55432

Realizando un análisis a detalle de los altos volúmenes de consumo de Diesel diario, semanal y mensual. Con el fin de brindar un servicio eficiente de suministro y abastecimiento se propone implementar un tanque cisterna con la capacidad de 25000 litros de almacenamiento de combustible, que garantizará el suministro eficiente e inmediato evitando interrupciones y pausas en las diferentes actividades.

### 2.2.3.3 Cálculo y dimensionamiento del tanque cisterna

Para el dimensionamiento de la capacidad del tanque tomaremos en cuenta la Norma NFPA 20 en la sección 11.4 Suministro y Disposición de Combustible y en la subsección 11.4.1.3 Capacidad del Tanque de Suministro de Combustible.

La norma NFPA 20 en sus secciones nos indica que los tanques de suministro de combustible deberán tener una capacidad al menos igual a 1 gal por hp 5.07L por kW), más un 5 por ciento de volumen para expansión y un 5 por ciento de volumen para sumidero (Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection, 2019), esto quiere decir un 10% extra de volumen por lo que llegaremos a tener la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad del Tanque} = \text{Consumo de diésel} * (1 + \text{Margen de Seguridad}) \quad (1)$$

### a) Cálculo rápido de la capacidad del Tanque (Lt)

Consumo semanal de diésel oil (Lt): 12792

Margen de Seguridad (%): 10

$$\text{Capacidad del Tanque (Lt)} = 12792 \text{ de } d * (1 + 0.1) = 12793.1$$

Como se evidencia en la Tabla 8 que detalla el consumo total semanal de diésel en la empresa minera San Andrés, se destaca un consumo semanal significativo, alcanzando aproximadamente los 12793.1 litros. Es importante señalar que estos volúmenes de consumo son variables, pudiendo superar las cantidades mencionadas en ocasiones.

Tras un análisis minucioso de viabilidad y considerando la necesidad de contar con un suministro que pueda abastecer varios días, se ve como una alternativa viable de adquirir un tanque de mayor capacidad de un volumen promedio entre los más utilizados suelen ser los tanques 25,000 litros. Adquirir un tanque cisterna de mayor capacidad garantiza un abastecimiento eficiente y continuo por más días en referencia al volumen calculado.

A continuación, se realizan los cálculos del dimensionamiento del tanque de almacenamiento de combustible. Como el volumen de consumo es variable realizamos un cálculo general de dimensionamiento con las consideraciones respectivas que se mencionan en el anterior párrafo para un volumen seleccionado de 25000 Litros con las consideraciones respectivas (Ver: Anexo 1)

Capacidad seleccionada:

$$\text{Vol. del Tanque Cilíndrico (Lt)} = 25000 \text{ Lt} = 25m^3$$

### b) Longitud del Tanque Cilíndrico Horizontal

Conociendo el valor de  $V_{TC}$  y tomando en cuenta la consideración  $L_{TC} = 2D_{TC}$ , se puede deducir la ecuación para la longitud  $L_{TC}$  del tanque cilíndrico horizontal.

Para el cálculo del volumen y dimensionamiento del del tanque utilizamos fórmulas de uso general de figuras geométricas, para el calcular el volumen del tanque cilíndrico empleamos la siguiente ecuación:

$$V_{TC} = \pi * R_{TC} * L_{TC} \quad (2)$$

Para calcular la longitud realizamos la siguiente relación:

$$D_{TC} = 2R_{TC} \rightarrow \frac{L_{TC}}{2} = 2R_{TC} \rightarrow R_{TC} = \frac{L_{TC}}{4}$$

Entonces, la siguiente ecuación se tiene:

$$V_{TC} = \pi * \frac{L_{TC}^2}{16} L_{TC} \rightarrow L_{TC}^3 = \frac{16V_{TC}}{\pi} \rightarrow L_{TC} = \sqrt[3]{\frac{16V_{TC}}{\pi}} \quad (3)$$

Reemplazando en la ecuación 3 tenemos:

$$L_{TC} = 2 * \sqrt[3]{\frac{2 * 25m^3}{\pi}} \quad L_{TC} = 5,03m$$

Longitud del tanque cilíndrico horizontal: 5,03 m

### c) Diámetro del tanque cilíndrico horizontal

Esta variable se denota como  $D_{TC}$  y está relacionado con  $L_{TC}$  mediante la siguiente ecuación:

$$D_{TC} = 0.5L_{TC} \quad (4)$$

Reemplazando en la ecuación 4 tendremos:

$$D_{TC} = 0.5 * 5.03m \quad D_{TC} = 2.5m$$

Diámetro del tanque cilíndrico horizontal es: 2,5 m

Con los datos calculados de la capacidad, longitud y diámetro (Ver: Anexo. 2), en cual hace referencia las especificaciones generales de YPFB, (Ver: Anexo 1)

## 2.2.4 Especificaciones técnicas del camión cisterna (Cap: 25000 Lts)

**Material:** Acero inoxidable

**Producto:** Diesel Oil

### Figura 19

*Camión cisterna de transporte de combustible (Cap. 25,000 Lts)*



**Fuente:** Obtenido de (LA RAZÓN, 2024)

**Tracción:** Los camiones cisterna deberán tener una tracción 6x4, de tres ejes y tracción en los dos ejes traseros.

**Configuración:** Las dimensiones totales que deberán tener los camiones cisterna. NO deberán sobrepasar las siguientes dimensiones, de acuerdo con el Art. 6 del D.S. N° 25629:

- Ancho total máximo: 2,60 m
- Altura total máxima: 4,10 m
- Largo total máximo: 12,20 m

Nota: Según los requerimientos generales y especificaciones técnicas por (YPFB), para la capacidad de un tanque cisterna de 25000 litros debe cumplir las siguientes dimensiones y para corroborar estos requerimientos mínimos se realizó los cálculos respectivos en las anteriores páginas (Ver: Página 33 y 34), donde se desarrollan los cálculos respectivos obteniendo resultados aproximados aceptables y para corroborar estas dimensiones según especificación normativa (Ver: Anexo 2)

#### **2.2.4.1 Características generales de seguridad**

Los principales accesorios con los que deben ser provistos los camiones cisterna son:

- Porta llanta de auxilio doble.
- Franjas reflexivas.
- Guardabarros individual de alta resistencia.
- Parachoques trasero.
- Protección lateral para ciclista (ambos lados).
- soportes para extintores y conos.
- 1 porta manguera lateral con manguera.
- Soporte de placa de producto peligroso con placas.
- Escalera Trasera.
- Pasarela en la parte superior del tanque deberá estar provista de piso antideslizante y pega mano, para el acceso de personas (pega mano con sistema manual).

### 2.2.4.2 Tabla de especificaciones según requerimiento de YPFB

A continuación, se presenta una serie de tablas de especificaciones que deben cumplir los vehículos o camiones cisterna para la operación en el transporte y almacenamiento de combustibles líquidos dentro del país.

**Las siguientes tablas:** Tabla 9, tabla 10, tabla 11 y tabla 12. Son especificación mínimas y requeridas según YPFB para la adquisición de cisternas móviles para el transporte de hidrocarburos líquidos para en EE. SS, según cumplimiento normativo descrito en el presente documento.

#### Tabla 9

*Características técnicas del Cisterna (Cap: 25,000 Lts) 6x4*

Concepto	Descripción
Tipo	Camión Cisterna
Material	Acero negro
Color	Blanco con logotipos de YPFB

**Fuente:** Obtenido de (YPFB - Yacimientos Perolíferos Fiscales Bolivianos, 2005)

#### Tabla 10

*Características del motor*

Concepto	Descripción
Tipo	Motor a diésel, 4 tiempos (Turbo intercooler)
Nº de cilindros	6 cilindros
Freno de motor:	Automático mediante válvulas de motor
Potencia Mínima del motor	Igual o mayor a 410 hp a 1900 RPM
Torque Máximo:	2000 Nm, indicar las revoluciones
Trabajo en Altura	Compensador de operación +4000 msnm.

**Fuente:** Obtenido de (YPFB - Yacimientos Perolíferos Fiscales Bolivianos, 2005)

**Tabla 11***Características del sistema de Transmisión*

<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>
Tipo	Mecánica Automatizada/secuencial
Nº de marchas Adelante	Mínimo 12
Nº de marchas Atrás	Mínimo 2
Embrague	Monodisco Reforzado
Eje delantero	Capacidad: Igual o mayor a 7000 Kg. Tratado térmicamente para trabajo pesado.
Eje trasero	Capacidad: Igual o mayor a 25000 Kg Tándem, reforzado para trabajo pesado.
Suspensión delantera y trasera	Tipo parabólica con amortiguadores de acción doble reforzada con barra estabilizadora.
Freno de estacionamiento	Freno neumático, con bloqueo de seguridad y sistema de gestión de aire.
Freno de servicio	Sistema de control EBS/ABS, acción automática
Tipo de chasis	Acero Estructural de alta resistencia y bajo peso
Conexiones	Electricidad y Aire para coplee trasero

**Fuente:** Obtenido de (YPFB - Yacimientos Perolíferos Fiscales Bolivianos, 2005)

**Tabla 12***Características del sistema de Seguridad*

<b>Concepto</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Descripción</b>
Equipo	Material	Aluminio de alta resistencia
	Capacidad total	Mínimo 420 litros
Equipo Eléctrico	Tensión Nominal	24 voltios
	Alternador	Mínimo 80-100A / 24 Voltios
	Corte	Corte de seguridad de batería
Iluminación	Luces delanteras	2 faros de larga distancia
	Neblerinos	2 focos halógenos
	Luz marcha atrás	2 focos de marcha atrás con alarmas
Accesorios	Instrumentos	Medidores
	necesarios	Indicadores de Luz
		Alarmas de sonido, luz y servicio

**Fuente:** Obtenido de (YPFB - Yacimientos Perolíferos Fiscales Bolivianos, 2005)

### 2.2.5 Descripción gráfica del camión cisterna

El tanque es semi ovalado y hecho de acero de carbono o aluminio. El cuerpo del tanque utiliza técnicas avanzadas de soldadura. Tablillas anti-onda se instalan en ellos para garantizar la seguridad.

Para la detección de fugas del tanque se introduce gas a alta presión. Estos pueden estar divididos en uno, dos o tres compartimientos para almacenamiento de combustible, productos químicos o agua, de acuerdo con las necesidades. Utilizan un sistema de carga, donde el líquido ingresa por la parte inferior del tanque, de esta manera no se genera electricidad estática y se recuperan los gases que se encuentran dentro evitando que sean liberados a la atmósfera (PDVSA).

**Figura 20**

*Descripción gráfica del camión cisterna*



**Fuente:** Obtenido del Blog de (PDVSA)

### 2.2.6 Evaluación de costos de implementación

Para la adquisición del camión cisterna se realizó varias indagaciones evaluando costos de diferentes proveedores de este tipo de equipos generalmente los proveedores son de países europeos y evaluando los costos de adquisición y envíos hasta el país y el punto de operación es un gran dilema que no se puede estimar un costo aproximado debido a la distancia y envíos por diferentes puertos, sin mencionar otros requisitos y costos en documentación requerida.

Se hace la siguiente aclaración que los costos de envío y documentación hasta llegar al punto de operación corren por parte del comprador, por tal motivo realizando un previo análisis una alternativa más viable, es realizar una propuesta de adjudicación describiendo las características requeridas de cumplimiento y regulaciones normativas vigentes del país, como realizan muchas de las empresas en Bolivia en este tipo de adquisiciones. Es una alternativa más considerable para la adquisición de camiones cisterna en nuestro país debido a la burocracia de las leyes.

### 2.2.6.1 Costo de adquisición - Adjudicación por ITEMS o por el total

#### Información complementaria

- **Método de Calificación:** Precio evaluado más bajo.
- **Forma de Adjudicación:** Por el TOTAL.
- **Propuesta económica:** Según especificaciones técnicas y condiciones requeridas para el bien a adquirir.

A continuación, en las siguientes tablas se presenta una referencia con las especificaciones técnicas requeridas según cumplimiento normativo y la propuesta económica para la adjudicación de los proveedores. La presente descripción de la (Tabla 13), es un breve resumen de las especificaciones necesarias que realizó la empresa ENDE para la adquisición de un camión cisterna con las características mencionadas y capacidad seleccionada en el desarrollo de este proyecto y también todos los sistemas y accesorios incluidos, ver especificación completa en los anexos (Ver: Anexo 4).

**Tabla 13**

*Detalles requeridos del camión cisterna para la adjudicación*

<b>Características requeridas de adjudicación</b>	<b>Precio promedio (Bs)</b>	<b>Precio total (Bs)</b>
<b>Modelo comercial:</b> 2016 o superior		
Número de cilindros: 6 cilindros - turbo interc. de 13 litros		
Cilindrada: 12.000 CC, como mínimo		
Potencia Neta: 410 HP mínimo, potencia máxima 950 HP	<b>1.169.290,00</b>	<b>1.169.290,00</b>
Tipo: caja de cambio sincronizada de 12+2 marchas		
Sistema de tracción 6x4		

---

**Capacidad: 25.000 litros**

Sistema de Cargamento: Top Loading

Caja de Carga: Cuerpo construido con chapa de acero de alta resistencia ASTM A36 3.35 MM, soldadura TIPO MIG

Rompeolas construidos con acero ASTM A36 4,25MM

Segmentación: 2 compartimentos de 12.500 litros cada uno

**Accesorios de despacho o descarga:**

Kit completo de descarga de combustible con control de caudal a alta presión digital de origen americano.

- ✓ Unidades para carga superior y carga ventral
- ✓ Ticketera en cabina de camión
- ✓ Unidad lista para colocar control de flotas

Detalles Complementarios: (Ver. Anexo 4)

**Importante:** El camión deberá cumplir las regulaciones y normativas vigentes de transporte de hidrocarburos en Bolivia.

---

**Fuente:** Obtenido de (ENDE - EMPRESA NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN, 2016)

Como una alternativa más eficaz para la adquisición de cisternas, varias empresas en nuestro país realizan una propuesta económica de adjudicación, describiendo todas las características necesarias y requeridas que deben cumplir los proveedores o empresas interesadas en proveer el equipo, cómo costo referencial para el presente proyecto se toma en cuenta, la propuesta económica de la empresa nacional ENDE de un costo total de 1.169.290,00 Bs a pagar por el equipo, este monto cubre todas las características que se especifican las referencias.

**2.2.6.2 Costos de mantenimiento**

A continuación, en las siguientes tablas, se presenta una descripción general de los costos de mantenimiento especificando detalladamente cada accesorio y la propuesta económica por el servicio prestado del mantenimiento, estos datos son referenciales adquiridos de las páginas web de publicaciones de YPFB para la adjudicación de personas o empresas externas que brinden servicios de mantenimiento a sus equipos.

**Tabla 14***Descripción de costos de mantenimiento en camiones y cisternas – DCLP*

<b>Mantenimiento</b>	<b>Detalle de los servicios</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio (bs)</b>
	Mantenimiento 50,000 kms	1	902,50
	Mantenimiento 100,000 kms	1	712,50
	Cambio de bomba de alimentación	1	287,45
	Cambiar enfriador de aceite de motor	1	530,67
	Cambio de compresor de aire	1	285,00
<b>Motor</b>	Limpieza, calibración de inyectores	1	522,50
	Cambio de reten de cigüeñal delantero	1	665,00
	Desmontar y montar culatas	1	1.805,00
	Reparación total motor	1	9.500,00
	Cambio reten cigüeñal trasero	1	1.200,00
	Cambio de inyectores	1	890,00
	Cambio de manguera	1	245,00

**Fuente:** Obtenido de (YPFB - Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 2019)**Tabla 15***Mantenimiento de los sistemas de accionamiento*

<b>Mantenimiento</b>	<b>Detalle de los servicios</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio (bs)</b>
<b>Embrague</b>	Cambiar cilindro receptor de embrague	1	232,75
	Cambio de disco de embrague	1	332,50
	Montaje y desmontaje de caja	1	760,00
<b>Frenos</b>	Cambio de discos de frenos y pastillas	1	427,50
	Rectificado de discos de frenos	1	285,00
	Reparación del compresor de aire	1	650,00
<b>Caja de cambios</b>	Reacondicionar caja de cambio	1	2.185,00
	Montaje y desmontaje caja de cambios	1	861,18
<b>Dirección</b>	Cambio de bomba dirección hidráulica	1	332,50
	Cambio y/o reparación caja de dirección	1	570,00
	Revisión columna de dirección	1	490,00
<b>Eje delantero y trasero</b>	Engrasado de rodamientos, ruedas (C/U)	1	349,13
	Cambio de rodamientos de rueda delantero/trasero por eje	1	465,50

**Fuente:** Obtenido de (YPFB - Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 2019)

**Tabla 16***Mantenimientos de sistemas de funcionamiento*

<b>Mantenimiento</b>	<b>Detalle de los servicios</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio (bs)</b>
	Revisión de luces	1	176,89
	Mantenimiento de alternador	1	361,00
<b>Sistema eléctrico</b>	Software unidad de mando Gral.	1	1.400,00
	Cambio de sensor	1	245,00
	Cambio sensor nivel motor	1	450,00
	Cambiar bomba de refrigerante	1	332,50
<b>Sistema de refrigeración</b>	Cambio de ventilador	1	427,50
	Limpieza y/o reparación de radiador	1	535,33
	Carga de gas refrigerante A/C	1	279,30
	Calibración de suspensión	1	93,10
<b>Sistema de suspensión</b>	Cambio bujes de tensores (C/U)	1	186,20
	Cambiar paquetes de muelles LH	1	698,25
	Cambia válvula de nivel	1	186,20

**Fuente:** Obtenido de (YPFB - Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 2019)

**Tabla 17***Mantenimiento de accesorios*

<b>Mantenimiento</b>	<b>Detalle de los servicios</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio (bs)</b>
<b>Cabina</b>	Cambio cilindro bascula de cabina	1	285,00
	Cambio de guardabarros	1	190,00
	Centrado de puertas (Verificar Estado)	1	475,00
<b>Lavado</b>	Lavado de vehículo sin motor	1	95,00
	Lavado de vehículo con motor	1	142,50
<b>Carrocería</b>	Cambio empaque cisterna (c/u)	1	122,50
<b>Rodado</b>	Cambio de pernos de rueda por eje	1	139,65
	Parchado por rueda	1	57,00
	Balanceo (c/u)	1	116,38
	Alineado	1	232,75
<b>Asistencia ext.</b>	Mantenimiento ext. fuera de 30 km	1	1.045,00

**Fuente:** Obtenido de (YPFB - Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 2019)

Es importante aclarar que el equipo a adquirir es relativamente nuevo y los costos de manteniendo anteriores son costos referenciales de propuestas por brindar el servicio, por tal motivo en la evaluación de costos de inversión en el mantenimiento solo se tomara en cuenta los costos de mantenimiento del kilometraje recorrido al llegar a los primeros 50,000 km, con una propuesta a pagar de 902,50 bs y al llegar a los 100,000 km con una propuesta a pagar de 712,50 bs, esta propuesta base de costos se adquiere de las páginas web de YPFB.

Los costos mencionados, son costos referenciales publicados para los interesados en brindar este servicio que se describen a detalle en las anteriores tablas.

Cabe mencionar que el monto descrito de propuesta a pagar por equipo es un costo total puesto el equipo en el punto de operación, donde todos los gastos extras de envío e impuestos de importación y otros gastos extras corren por parte del proveedor.

A continuación, se describe el método de selección:

#### **Información complementaria**

- **Método de Calificación:** Precio evaluado más bajo.
- **Forma de Adjudicación:** Por el TOTAL.
- **Propuesta económica:** Según especificaciones técnicas y condiciones requeridas para el bien a adquirir.

Finalmente, para llevar adelante la propuesta de implementación de una estación móvil cisterna, se realizó un análisis exhaustivo considerando varios puntos importantes anteriores para la implementación de la estación móvil funcional, se tiene un costo aproximado total a realizar una inversión de 1,170,905 Bs. Considerando todas las especificaciones en el presente documento.

### **2.3 ANALISIS Y DISCUSION**

Como objetivo general se propone realizar una implementación de una estación móvil cisterna para cubrir las necesidades críticas de la empresa minera para dar solución al desabastecimiento de combustibles, en base a ello se realizó un análisis exhaustivo de las condiciones actuales realizando una estimación de la demanda y los altos volúmenes de consumo diario de combustible diésel.

La implementación del camión cisterna se realiza bajo el cumplimiento de las normativas nacionales vigentes que rigen el transporte de combustibles líquidos en cisternas, que son: La Norma NFPA 385 donde especifica los “procedimientos y normas que deben cumplir los camiones cisterna en la carga, transporte y descarga de Combustibles”, la Norma Boliviana NB 138001:2013 “Vehículos cisternas para el transporte terrestre de combustibles líquidos e inflamables (excepto GLP y GNL) - Requisitos de inspección y operación” y la Ley Boliviana N°441 “Ley de Control de Pesos y Dimensiones Vehiculares en la Red Vial Fundamental” del 25 de noviembre de 2013

Bajo un previo análisis exhaustivo de la demanda y altos volúmenes de consumo diario de combustible líquido diésel, se hace el dimensionamiento del camión cisterna considerando el aumento del 10% en las medidas de seguridad que refleja la previsión ante posibles variaciones en la demanda de consumo y también se realiza un análisis para contar con un volumen de almacenamiento que garantice el suministro continuo y abastecimiento inmediato eficiente.

Considerando los anteriores aspectos mencionados, se hace elección de la capacidad del tanque de un volumen de 25,000 litros incluyendo los respectivos accesorios y sistemas incluidos. La elección de la capacidad de 25,000 litros no solo cubrirá la demanda proyectada, sino también con el objetivo implementar más puntos de operación y minimizar la frecuencia de recargas continuas debido a la distancia lejana entre la fuente principal de suministro y el área de distribución de combustibles.

Finalmente considerando los anteriores puntos de evaluación económica para la inversión en la implementación de la estación móvil funcional, se tiene un costo aproximado total a realizar una inversión de 1,170,905 Bs. Considerando todas las descripciones y puntos anteriores realizados en el presente documento.

## **CAPITULO III: CONCLUSIONES**

### **3.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.1.1 Conclusiones**

Se realizó un análisis exhaustivo de las necesidades que afronta la empresa minera que impiden un mayor potencial de crecimiento actual en el desarrollo de sus operaciones a causa del desabastecimiento de combustibles que genera interrupciones y pausas al realizar operaciones continuas por falta de combustible. Analizando las carencias actuales se propone la implementación de una estación móvil cisterna como una alternativa altamente eficiente y viable que garantice el suministro inmediato y el abastecimiento eficiente en las actividades de operación continúa.

La ejecución de la propuesta de implementación se realizará bajo el pleno cumplimiento de las regulaciones y normativas establecidas que rigen las operaciones del transporte de combustibles líquidos en camiones cisterna que son determinado por las autoridades competentes de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y las especificaciones técnica necesarias y requeridas por YPFB.

Para el dimensionamiento respectivo del tanque cisterna, se recopiló la información de los altos volúmenes de consumo diario de combustibles líquidos en los diferentes puntos de operación y el largo recorrido que se realiza para transportar el combustible desde una estación de suministro. Considerando los anteriores aspectos mencionados se hace la elección de la adquisición de un camión cisterna de 25000 litros de capacidad de almacenamiento, con todos los sistemas necesarios incluidos con una visión a futuro de crecimiento e implementación de nuevos puntos de operación en la empresa minera.

Para llevar a cabo la ejecución de la propuesta se realizó una evaluación técnica y económica viable de inversión, considerando costos de implementación en la adquisición y mantenimiento del camión cisterna con los sistemas necesarios incluidos llegándose a realizar una inversión aproximada de 1,170,905 Bs. La implementación de la estación móvil es una alternativa altamente viable para satisfacer las necesidades de la empresa de la empresa minera, garantizando seguridad y eficiencia con visión a futuro de un crecimiento potencial, rentable y sostenible a lo largo del tiempo.

### **3.1.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar un monitoreo continuo de evolución de consumo de combustibles en los equipos, vehículos y maquinarias pesadas que demandan un alto volumen de consumo en las diferentes operaciones que se realizan en la empresa minera. Esto permitirá ajustar estrategias operativas y garantizar el abastecimiento de combustibles líquidos a los diferentes puntos de operación.

Es necesario revisar periódicamente los requisitos técnicos y normativos para garantizar la operación de transporte y almacenamiento en cisternas cumpla con los estándares más recientes y brinde un servicio eficiente y seguro. Esto incluye cambios en regulaciones ambientales, normativas de seguridad y cualquier otra normativa aplicable.

Se recomienda realizar verificación general de mantenimiento continuo de todas las partes principales del camión cisterna de acuerdo con el recorrido o kilometraje, según recomendación del fabricante. Esto ayuda a prevenir fallas mecánicas y riesgos accidentes evitando altos costos de mantenimiento a futuro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) ACO Remosa. (28 de Abril de 2024). Depósitos de Almacenamiento de líquidos. Aco Remosa: [https://www.remosa.net/wp-content/uploads/catalogo/almacenamiento/general/ACO%20Remosa\\_Almacenamiento%20de%20liquidos\\_feb24.pdf](https://www.remosa.net/wp-content/uploads/catalogo/almacenamiento/general/ACO%20Remosa_Almacenamiento%20de%20liquidos_feb24.pdf)
- 2) BILBAO TRUCK. (10 de Abril de 2024). Sistemas de seguridad en cisternas, garantizando un transporte confiable y protegido. <https://bilbaotruck.com/montaje-sistemas-seguridad-cisternas-transporte-confiable/>
- 3) Cámara Forestal de Bolivia. (1999). DECRETO SUPREMO N° 25629. Artículo 1. Se aprueba el nuevo reglamento de la Ley de Cargas 1769. <https://www.cfb.org.bo/downloads/DSReg.LEY.DE.CARGAS.pdf>
- 4) CARBIS LOADTEC. (30 de Mayo de 2023). Trabajando en las cisternas: Seguridad en el almacenamiento. <https://www.carbisloadtec.com/trabajando-en-las-cisternas-seguridad-en-el-almacenamiento/>
- 5) CLVEHICLES.COM. (23 de Abril de 2024). Camión Cisterna Diésel de Aceite Combustible SHACMAN de 25000 Litros. [https://es.clvehicles.com/shacman-25000-liter-fuel-oil-diesel-tanker-truck\\_p588.html](https://es.clvehicles.com/shacman-25000-liter-fuel-oil-diesel-tanker-truck_p588.html)
- 6) Enciclopedia Argentina de Ejemplos. (08 de Abril de 2024). Enciclopedia Argentina de Ejemplos. <https://ejemplo.com.ar/combustibles-liquidos-ejemplos/>
- 7) ENDE - EMPRESA NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN. (27 de Marzo de 2016). Adquisición de cisternas para la regional Cobija. <https://www.ende.bo/public/licitaciones/cdcpp-029-cisterna-para-regional-cobija.pdf>
- 8) Exterior, E. T. (Marzo de 2024). Todo logística & Comercio Exterior. <https://todologicitanews.com/index.php/bolivia/6357-los-camiones-cisternas-son-fundamentales-en-el-sector-petrolero-en-el-pais>
- 9) Franz E. Huanay A, J. P. (Septiembre de 2015). Propuesta de mejora en el transporte de combustibles líquidos vía terrestre y fluvial a zonas remotas. Lima, Perú.
- 10) Gasogenio by Eligenio. (08 de Abril de 2024). Gasogenio. <https://ejemplo.com.ar/combustibles-liquidos-ejemplos/>

- 11) GRECC. (08 de Abril de 2015). Colombia, potencia de vida. <https://creg.gov.co/publicaciones/8505/que-son/>
- 12) Henares, D. (Octubre de 2022). Función del camión cisterna. <https://www.desatascoshenares.com/blog/caracteristicas-camion-cisterna/>
- 13) Instituto Boliviano de Metrología. (10 de Abril de 2024). IBMETRO. <https://www.ibmetro.gob.bo/cisternas-transporte>
- 14) Investigación de Campo. (10 de Abril de 2024). ¿Qué es una investigación de campo propositiva? Investigación de Campo: <https://investigaciondecampo.com/que-es-una-investigacion-de-campo-propositiva/>
- 15) LA RAZÓN. (21 de Abril de 2024). Camiones cisternas. YPFB trae un convoy de 35 cisternas con gasolina para La Paz. <https://www.la-razon.com/economia/2024/01/30/ypfb-trae-un-convoy-de-35-cisternas-con-gasolina-para-la-paz/>
- 16) LOS TIEMPOS. (Abril de 2021). Planta separadora de líquidos Carlos Villegas. Bolivia.
- 17) Martínez, J. I. (2021). Diseño de Automatización Para El Recibo de Llenadero de Biodiesel de Carro Tanques - Santa Marta. En J. I. Martínez. Universidad Antonio Nariño.
- 18) MINERA SAN CRISTOBAL S.A. (06 de Mayo de 2024). MAQUINARIA Y EQUIPOS. Equipos mineros más utilizados en la minería de superficie: <https://www.minerasancristobal.com/v3/es/inicio/operaciones/maquinaria-y-equipos/>
- 19) Montaña, P. G. (2011). Demanda y Consumo de Combustibles en Bolivia.
- 20) PDVSA. (s.f.). Características del Camión Cisterna. Serie: Aprendamos del Petroleo, pág. 7. <http://www.pdvsa.com/images/pdf/armables/Cisterna.pdf>
- 21) Perez Presición Works. (09 de Abril de 2024). Almacenamiento De Combustible. <https://precisionmetalfabricator.com/caracteristicas-de-tanques-de-almacenamiento-de-combustible/>
- 22) PLAREMESA. (10 de Abril de 2024). Construcción de tanques de almacenamiento de hidrocarburos.
- 23) REJIGLASS. (2023). Características de tanques de almacenamiento de combustible.

- 24) Sebastian Enriquez, J. S. (2014). Diseño y construcción de un tanque para transportar crudo con chasis, con capacidad de 80 BLS o 13000 Lt. ESPE - Universidad de las Fuerzas Armadas.
- 25) Singh, T. D. (s.f.). Carga, transporte y descarga del tanque. En Tanques de Almacenamiento de Combustibles (pág. 88).
- 26) YPFB - Yacimientos Perolíferos Fiscales Bolivianos. (Noviembre de 2005). ADQUISICIÓN DE CISTERNAS PARA TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS PARA EE.SS DE YPFB. Bolivia.
- 27) YPFB - Yacimientos Perolíferos Fiscales Bolivianos. (Noviembre de 2013). ADQUISICIÓN DE CISTERNAS PARA TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS PARA EE.SS DE YPFB. Bolivia.
- 28) YPFB - Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. (2019). REGLAMENTO ESPECÍFICO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE BIENES Y SERVICIOS. REGLAMENTO ESPECÍFICO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE BIENES Y SERVICIOS .
- 29) YPFB - Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. (s.f.). ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. Adquisición de cisternas para transporte de hidrocarburos líquidos para ee.ss de ypfb: <https://contrataciones.ypfb.gob.bo/comun/downloadFile/1071000000000872>
- 30) YPFB. (10 de Abril de 2024). YPFB - La Fuerza Que Transforma Bolivia. <https://www.ypfb.gob.bo/es/component/content/article/15-prensa/248-ypfb-reduce-costos-de-importacion-de-combustibles-y-el-desembolso-para-la-subvencion-baja-mas-del-100>

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### ESPECIFICACIONES TECNICAS

#### Adquisición de cisternas para transporte de hidrocarburos para EE.SS de YPFB

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE CISTERNA
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Capacidad: 25.000 lts.</li><li>✓ Dos compartimientos c/u de 12.500 lts.</li><li>✓ Cuerpo en chapa de acero de alta resistencia ASTM A36 espesor de 3,3 mm.</li><li>✓ Cuerpo auto portante construido en acero ASTM A36 espesor de 4,2 mm.</li><li>✓ Rompeolas internos construidos en acero ASTM A36 espesor de 4,2 mm.</li><li>✓ Color del tanque: blanco, con logos de YPFB en los laterales y parte posterior.</li><li>✓ Sistema de carga Top Loading.</li><li>✓ Tapas de inspección mínimo de 450mm de diámetro.</li><li>✓ El tanque en la parte superior, provista de piso antideslizante y pega mano.</li><li>✓ Escalera trasera.</li><li>✓ Franjas reflexivas.</li><li>✓ Parachoques trasero reforzado.</li><li>✓ 2 soporte para extintores.</li><li>✓ 2 conos.</li><li>✓ Porta manguera lateral con manguera (para hidrocarburos) de 2.5 mts como mínimo.</li><li>✓ Soporte de placa de producto peligroso con placas.</li><li>✓ Luces led, cable eléctrico blindado sin empalmes.</li></ul>
Característica del tanque:
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Segmentados en 2 ó 3 compartimentos</li><li>✓ Kit completo de despacho o descarga de combustible con control de caudal a alta presión digital de origen americano<ul style="list-style-type: none"><li>• Unidades para carga superior y carga ventral</li><li>• Ticketera en cabina de camion</li><li>• Unidad lista para colocar control de flotas y telemedicion</li></ul></li></ul>
Opcional: control de flotas y telemedicion

Fuente: Obtenido de (YPFB - Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos)

## ANEXO 2

### Características para el dimensionamiento del tanque (horizontal)

REF	Volumen (Lts)	D. (mm)	L. (mm)
STDS 1	1.000	1.600	1.600
STDS 1.5	1.500	1.000	2.200
STDS 2	2.000	1.300	1.950
STDS 3	3.000	1.300	2.700
STDS 5	5.000	1.600	2.950
STDS 10	10.000	2.000	3.700
STDS 15	15.000	2.000	5.290
STDS 20	20.000	2.500	4.910
STDS 25	25.000	2.500	5.600
STDS 30	30.000	2.500	6.650
STDS 40	40.000	2.500	8.700

Fuente: Obtenido de (ACO Remosa, 2024)

## ANEXO 3

### Formato para adjudicación por ITENS o por el total

#### FORMULARIO B-1 PROPUESTA ECONOMICA

##### 1. FORMATO PARA ADJUDICACION POR ITEMS O POR EL TOTAL

DATOS COMPLETADOS POR LA ENTIDAD CONVOCANTE						PROPUESTA (A SER COMPLETADO POR EL PROPONENTE)							
Ítem	Descripción del bien	Cantidad	Unidad	Precio Ref. Unitario Bs	Precio Referencial Total Bs	Plazo de entrega solicitado		Marca/ Modelo	País de Origen	Plazo de entrega (en días)	Cantidad Ofertada	Precio Unitario	Precio Total
						Tipo(*)	Días calendario					(Bs.)	(Bs.)
1	<b>CISTERNA – 25.000 litros</b> Según especificaciones ofertadas en Formulario C-1	1	Pza.	1.169.280,00	1.169.280,00	R	90 DÍAS						
<b>TOTAL PROPUESTA (Numeral)</b>													
(Literal)													

(\*) Indicar si es Fijo (F) o Referencial (R)

(Firma del Representante Legal del Proponente)  
(Nombre completo del Representante Legal)

Fuente: Obtenido de (ENDE - EMPRESA NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN, 2016)

## ANEXO 4

### FORMULARIO C-1

#### Formulario de especificaciones técnicas solicitadas y propuestas

DATOS REQUERIDOS POR LA ENTIDAD CONVOCANTE		LLENADO POR EL: Proponente	PARA CALIFICACION DE LA ENTIDAD		
IT	Descripción de los Bienes	Descripción	Cumple	Observ.	
1	CISTERNA – 25.000 litros	Caract.	SI	NO	Especif.
	<p><b>DATOS CAMION</b></p> <p><b>MODELO COMERCIAL:</b> 2016 o superior</p> <p><b>DATOS MOTOR</b></p> <p>Número de cilindros: 6 cilindros - turbo intercooler de 13 litros</p> <p>Cilindrada: 12.000 cc, como mínimo</p> <p>Potencia Neta: 410 HP, como mínimo, potencia máxima 950 HP</p> <p>Sistema de control electrónico, Turbo sobrealimentado con post enfriado aire-aire</p> <p>Freno auxiliar de motor: Automático</p> <p><b>TRANSMISIÓN</b></p> <p>Transmisión mecánica velocidades, caja mecánica con cambios super lenta y crawler</p> <p>Tipo: caja de cambio sincronizada de 12+2 marchas</p> <p>Dos marchas atrás + Dos ultras lentas</p> <p>Sistema de Embrague manual</p> <p>Sistema de tracción 6x4</p> <p><b>SUSPENSION DELANTERA Y TRASERA</b></p> <p>Mecánica – Ballestas parabólica</p> <p>Barra estabilizadora de rigidez normal</p> <p><b>CHASIS</b></p> <p>Tipo: Rígido</p> <p><b>FRENOS</b></p> <p>Frenos a tambor</p> <p>Sistema de freno rígido</p> <p>Sistema de gestión del Aire APS</p> <p>Control de frenos a aire</p> <p>Lámpara de presión de frenos</p> <p>Ajustador de frenos manual</p> <p><b>TABLERO DE INSTRUMENTOS (mínimo)</b></p> <p>Indicador de nivel de aceite</p> <p>Luces</p> <p>Nivel de combustible</p> <p>Batería</p> <p>Velocímetro</p> <p>Odómetro (indicador de kilómetros recorridos)</p> <p><b>TANQUE CISTERNA</b></p> <p><b>Capacidad: 25.000 litros</b></p>				

<p>Sistema de Cargamento: Top Loading          Dos compartimentos de 12.500 litros cada uno          Caja de Carga: Cuerpo construido con chapa de acero de alta resistencia ASTM A36 3.35 MM          Cuerpo auto portante acoplado al chasis del camión a través de cuñas con sistema de fijación por tornillos de alta resistencia, ASTM A36 4,25 MM y fijado mediante soldadura TIPO MIG          Rompeolas internos construidos con acelo ASTM A36 4,25MM          Tapas de inspección          Accesorios: fajas reflectivas, guardabarros individual de alta resistencia          Para barros de goma          Paragolpes trasero          Protección lateral  <b>HERRAMIENTAS</b>          Porta llanta y llanta de auxilio con aro, similar a las que vienen en vehículo.          Gata hidráulica, palancas, llave adecuada para el tipo de vehículo          Destornillador plano, destornillador estrella, alicata de fuerza, alicata de punta, llave crecent 12", llaves de boca y ojo del N° 8 hasta el N° 21.          Triángulos de seguridad.          Extintor para incendio. (2 unidades de 2 kg)          Conos de seguridad reflectivos (3 unidades)          Botiquin de primeros auxilios (De plástico y medicamentos esenciales para primeros auxilios)  <b>ALARMA Y SISTEMA DE SEGURIDAD</b>          Alarma antirrobo, operación de cierre centralizado a control remoto.  <b>ACCESORIOS DE DESPACHO O DESCARGA</b>          Kit completo de despacho o descarga de combustible con control de caudal a alta presión digital de origen americano         <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Unidades para carga superior y carga ventral</li> <li>✓ Ticketera en cabina de camion</li> <li>✓ Unidad lista para colocar control de flotas y telemedicion</li> </ul>         Opcional: control de flotas y telemedicion</p>				
---	--	--	--	--

**Fuente:** Obtenido de (ENDE - EMPRESA NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN, 2016)