

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

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**ESTUDIO TÉCNICO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE
ALMACENAMIENTO EN LA PLANTA DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS YPFB
LOGÍSTICA DE LA CIUDAD DE TUPIZA**

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

MILTON SANCHEZ CABRERA

Sucre - Bolivia

2023

CESIÓN DE DERECHOS

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

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

Milton Sanchez Cabrera

Sucre, 01 de diciembre de 2023

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Por haberme apoyado en todo momento, por sus valores, por sus consejos, por su cariño y paciencia, por confiar en mí, por siempre motivarme a seguir adelante. Se la dedico de todo corazón, gracias a ustedes estoy aquí, dando mi último paso para culminar mis estudios y este sueño se haga realidad. Los amo.

A mis hermanos, Por la ayuda brindada en este transcurso de mi vida, por apoyarme desde el principio hasta el fin, por acompañarme en este duro camino. Gracias por todo.

A mí amada esposa e hijo, son mi mayor tesoro y también la fuente más pura de mi inspiración llegaron a mi vida en el momento preciso gracias a ustedes no me rendí en este camino me dieron la fuerza para poder superarme cada día más y así luchar por este sueño tan deseado. Los amo demasiado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por llenarme de bendiciones, por brindarme fortaleza, por cuidarme y acompañarme todos los días.

A mis padres, por darme la oportunidad de realizar mis estudios y la libertad de elegir la profesión que me apasiona, estaré eternamente agradecido, gracias por todo.

A mis hermanos, por ser mis amigos y confidentes, por apoyarme en todo momento en cada decisión que tomo y por estar siempre a mi lado.

A mi esposa e hijo, por estar motivándome siempre con esas palabras de aliento que me inspiran a seguir adelante.

A la prestigiosa Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios en la carrera de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural y formarme como profesional.

A los docentes de la carrera de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural, por su tiempo y dedicación, por compartir su experiencia y conocimientos.

A mis amigos, compañeros, familiares cercanos y a todas las personas que me incentivaron y me motivaron a seguir adelante.

RESUMEN

El desarrollo del presente proyecto nace principalmente de la limitada capacidad de almacenaje para hidrocarburos líquidos que actualmente presenta la planta de YPFB Tupiza, la misma que opera alrededor de 40 años y en el transcurso del tiempo no ha desarrollado una ampliación de capacidad que es de necesidad urgente ante el creciente desarrollo de la región, por tanto la investigación pretende proveer una solución a dicho problema presentando un estudio técnico para la ampliación de la capacidad de almacenamiento en la planta de combustibles líquidos YPFB logística de la ciudad de Tupiza para satisfacer la demanda de combustible y aumentar la autonomía.

De manera breve se expone una descripción de la planta de hidrocarburos líquidos y los sistemas operativos con los que cuenta actualmente, apoyados por fichas técnicas, fotografías e información recopilada de la planta, demostrando claramente el contexto actual de las instalaciones, equipos y operaciones habituales. En este punto también se abordó un análisis de mercado en base a datos históricos en base a los datos históricos de la oferta y demanda de combustibles líquidos alcanzando a determinar una tasa de incremento anual de la demanda de 7% para gasolina especial y diésel oíl (productos con mayor consumo y demanda en el mercado interno).

En la información y datos obtenidos se elaboró una proyección de la demanda de combustible hasta el año 2030 según los respaldos de proyección se ha definido el número de tanques requeridos para instalarse y su correspondiente capacidad de almacenaje faltante en la planta obteniendo finalmente 676,6 m³ (2 tanque) y 1182,5 m³ (3 tanques) para gasolina especial y diésel oíl respectivamente.

En el dimensionamiento de los tanques se ampara bajo la norma API 650 los cálculos se efectuaron de forma individual para el cuerpo, fondo, techo y accesorios principales. En la parte de evaluación económica, se exhiben los presupuestos básicos de obra y la inversión total de 581.128 USD para el proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	viii
CAPÍTULO 1: INTRODUCCION.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1 Justificación Práctica	3
1.3.2 Justificación Teórica.....	3
1.4 METODOLOGÍA.....	4
1.4.1 Técnicas de investigación.....	4
1.4.2 Instrumentos de investigación	4
CAPÍTULO II: DESARROLLO.....	5
2.1 MARCO TEÓRICO	5
2.1.1 Marco conceptual	5
2.1.1.1 Gasolina.....	5
2.1.1.1.1 Características de la gasolina	5

2.1.1.2	Gasolina Especial	6
2.1.1.3	Diésel Oil.....	6
2.1.1.4	Plantas de almacenamiento de hidrocarburos.....	6
2.1.1.5	Tanque de almacenamiento	8
2.1.1.5.1	Características de los tanques de almacenamiento para combustibles	9
2.1.1.6	Clasificación de Tanques de almacenaje	9
2.1.1.6.1	Por Presión	9
2.1.1.6.2	Por su construcción	9
2.1.1.6.3	Por su geometría.....	10
2.1.1.7	Tipos de tanque según el techo.....	10
2.1.1.7.1	Techo Fijo	10
2.1.1.7.2	Techo Flotante.....	12
2.1.1.8	Normativas aplicables.....	13
2.1.1.9	Construcción e instalación de los tanques	14
2.1.1.9.1	Construcción.....	14
2.1.1.9.2	Prueba hidráulica de calibración	15
2.1.1.9.3	Instalación	15
2.1.1.10	Materiales a emplear en tanques de almacenamiento.....	18
2.1.2	Marco contextual.....	19
2.1.2.1	Descripción general de la planta.....	19
2.1.2.2	Ubicación de la planta	19
2.1.2.3	Distribución de la planta (sistemas principales y secundarios de la planta).....	20
2.1.2.3.1	Sistema de recepción	21
2.1.2.3.2	Sistema de almacenaje.....	22

2.1.2.3.3	Sistema de despacho	24
2.1.2.4	Logística de abastecimiento de combustible	26
2.1.2.5	Análisis de mercado de hidrocarburos líquidos (oferta y demanda)	26
2.1.2.6	Oferta y demanda de combustible	27
2.1.2.7	Crecimiento de la demanda de combustible	28
2.2	INFORMACION Y DATOS OBTENIDO	28
2.2.1	Especificaciones de un tanque	28
2.2.2	Periodo de seguridad energética	29
2.2.3	Proyección de la demanda y evaluación del periodo de seguridad energética	30
2.2.4	Determinación del número de tanques a instalar	31
2.2.5	Dimensionamiento de los tanques	32
2.3	ANALISIS Y DISCUSIÓN	34
2.3.1	Evaluación económica	34
2.3.1.1	Determinación de egresos – costos de inversión	34
CAPITULO III: CONCLUSIONES.....		38
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍACAS.....		39
ANEXOS		42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Planta De Almacenamiento Tupiza.....</i>	7
Figura 2: <i>Tanque de almacenamiento de combustibles líquidos.....</i>	8
Figura 3: <i>Tanques de almacenamiento techo fijo según API 65.....</i>	11
Figura 4: <i>Esquema de un tanque atmosférico de techo fijo.....</i>	11
Figura 5: <i>Tanque de almacenamiento con techo flotante.....</i>	12
Figura 6: <i>Esquema de un tanque atmosférico de techo flotante.....</i>	13
Figura 7: <i>Ubicación de la planta de combustibles líquidos YPFB Tupiza.....</i>	20
Figura 8: <i>Sala de recepción de combustible planta Tupiza.....</i>	21
Figura 9: <i>Área de tanques de almacenamiento en planta Tupiza.....</i>	23
Figura 10: <i>Sala de despacho de combustible.....</i>	25

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Características para la construcción de un tanque de almacenamiento.....</i>	15
Tabla 2: <i>Capacidad del Tanque.....</i>	17
Tabla 3: <i>Capacidad de Recepción en Planta Tupiza.....</i>	22
Tabla 4: <i>Capacidad del sistema de almacenamiento.....</i>	24
Tabla 5: <i>Régimen de despacho de combustibles líquidos.....</i>	25
Tabla 6: <i>Logística de abastecimiento para la planta Tupiza.....</i>	26
Tabla 7: <i>Oferta y demanda interna de gasolina especial.....</i>	27
Tabla 8: <i>Oferta y demanda interna de diésel oil.....</i>	27
Tabla 9: <i>Tasa de crecimiento demanda de combustibles históricos y proyectados.....</i>	28
Tabla 10: <i>Ficha técnica TK-522.....</i>	29
Tabla 11: <i>Plan de distribución futura de los tanques en la planta.....</i>	30
Tabla 12: <i>Capacidad faltante, requerida y seguridad energética proyectada para Gasolina Especial.</i>	30
Tabla 13: <i>Capacidad faltante, requerida y seguridad energética proyectada para Diésel oil</i>	31
Tabla 14: <i>Costo de inversión obras civiles.....</i>	35
Tabla 15: <i>Costo de inversión obras mecánicas.....</i>	35
Tabla 16: <i>Costo de inversión, provisión de materiales.....</i>	36
Tabla 17: <i>Costo de inversión, alquiler de equipos.....</i>	37

CAPÍTULO 1: INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

Ampliación de la capacidad de almacenamiento de hidrocarburos en planta San Fernando proyecto realizado en Bogotá Colombia en la universidad piloto de Colombia en la facultad de ciencias sociales y empresariales especialización en gerencia de proyectos, este proyecto tiene como objetivo construir un tanque metálico de 200.000 bls con el fin de ampliar la capacidad de almacenamiento de la estación San Fernando. (Garcia, 2020)

En la actualidad hay bastante información académica básica sobre la ampliación de almacenamiento de combustible, con la realidad que se vive en nuestro país la escases de combustible tanto gasolina como diésel, YPFB (yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos) tomó la decisión de ampliar la capacidad de almacenamiento de combustible de la planta de senkata el alto, el proyecto consiste la implementación de cuatro nuevos tanques de combustible, se amplió la capacidad de almacenamiento de diésel oíl de 8.538 metros cubico a 28.538 metros cúbicos, logrando una autonomía de 16 días. También se incrementó la capacidad de almacenaje de gasolina especial de 11.657 metros cúbicos a 27.657 metros cúbicos, logrando una autonomía de 12 días. (Agencia Boliviana de Informacion, 2021)

También la plata de Palmasola de la ciudad de Santa Cruz aumento su capacidad de almacenaje con la implementación de cuatro nuevos tanques de combustible, se amplió la capacidad de almacenamiento de diésel oíl de 15.000 metros cubico a 35.000 metros cúbicos, logrando una autonomía de 17 días. También se incrementó la capacidad de almacenaje de gasolina especial de 10000 metros cúbicos a 26.000 metros cúbicos, logrando una autonomía de 15 días (La Razon, 2022) .Toda esta situación motiva a desarrollar el siguiente proyecto la ampliación de la capacidad de almacenamiento de la planta YPFB LOGISTICA de la ciudad de Tupiza.

Proyectos que contemplan la ampliación de capacidad de almacenamiento en plantas de combustibles líquidos en la Universidad Mayor Real y Pontificia San Francisco Xavier de Chuquisaca, Carrera de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural, se tienen los siguientes proyectos: “Propuesta de diseño para incrementar la capacidad de almacenaje de hidrocarburos líquidos en la planta de palmasola”, elaborado por el universitario Sernichs Cespedes Tomas Alejandro el

año 2016. Así también el proyecto de grado “Estudio técnico económico para la ampliación de la planta de almacenamiento de hidrocarburos líquidos en la planta de Qhora Qhora”, elaborado por el universitario Ballesteros Quechu Eva Franciesca el año 2017.

1.1.1 Planteamiento del problema

En Tupiza es común el pase de extranjeros o turistas con tránsito a Uyuni, la Paz u Oruro con moviidades de último modelo, al revisar el flujo de turistas ya en el 2014 se observa en al ámbito sudamericano a turistas argentinos con cerca de 578 al año considerando que el resto de turistas son de Europa y Asia en mayores cantidades. (PTDI, 2019, pág. 219)

La planta de almacenamiento de Tupiza opera alrededor de 40 años, misma que desde entonces y hasta la fecha poco se invirtió para su evolución tecnológica, renovación de infraestructura y ampliación de almacenamiento, situación que se refleja en las condiciones operativas actuales de recepción y despacho de combustible de forma eficiente independiente y simultánea.

Además es evidente el gran desarrollo de esta región del país en los últimos años teniendo como consecuencia un crecimiento de consumo de gasolina especial y diésel oíl productos con gran demanda en el mercado teniendo como resultado que la actual capacidad de almacenaje de la planta no sea suficiente para garantizar el periodo de seguridad energética.

Debido a la situación actual que vive nuestro país por la escases de combustible en distintas partes del territorio boliviano se vio la oportunidad de aprovechar la planta existente en Tupiza, sería una excelente oportunidad la construcción de uno o más tanques de almacenamiento para gasolina especial y diésel que permita albergar las cantidades necesarias y definidas por ley para ser un punto de distribución y expansión de estés combustibles, así podamos reforzar el suministro de combustible en la región.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Realizar el estudio técnico para la ampliación de la capacidad de almacenamiento en la planta de combustibles líquidos YPFB Logística de la ciudad de Tupiza.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar las condiciones operativas actuales de la planta de combustibles líquidos YPFB Logística de la ciudad de Tupiza.
- Realizar un estudio estadístico de la demanda de combustibles y proyectar el volumen requerido de almacenamiento para aumentar la autonomía de la planta de Tupiza.
- Realizar el dimensionamiento de los tanques necesarios, para la ampliación de la capacidad de almacenamiento y cubrir la demanda proyectada de combustibles en la ciudad de Tupiza.
- Realizar una estimación económica del costo de inversión para la construcción de tanques de almacenamiento que cubran la autonomía requerida.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Práctica

La presente investigación que pretende ampliar la capacidad de almacenamiento de la planta de combustibles líquidos de la ciudad de Tupiza, lograra que YPFB pueda abastecer combustible de manera continua y repercutirá en beneficios para la empresa tales como: un proceso más eficiente en el almacenamiento de combustibles líquidos, aumento de la autonomía de la planta para satisfacer la demanda de combustible. Además, la ampliación de capacidad de almacenamiento generaría nuevas alternativas de empleo para YPFB como tal o privados enfocados en este tipo de áreas, por otra parte, es de interés personal el aplicar lo aprendido respecto a la temática de Ingeniería de Transporte Distribución y Almacenamiento de hidrocarburos, como especialidad en diseño y almacenamiento de tanques de combustible.

1.3.2 Justificación Teórica

En el presente trabajo se desarrolló lo aprendido en los módulos de fundamentos de transporte y almacenamiento de hidrocarburos, Ingeniería en tanques de almacenamiento, por parte del pensul académico cursado, evaluación de proyectos, metodología de la investigación, seguridad industrial, legislación y comercialización de hidrocarburos, mediante los cuales se pudo realizar la investigación y cumplir los objetivos de manera puntual y eficiente.

1.4 METODOLOGÍA

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

1.4.1 Técnicas de investigación

La información necesaria para la elaboración de la presente monografía fue proporcionada a través de YPFB Logística S.A. mediante datos técnicos y algún informe como extra enrolado en formularios, historial de despachos, para ello se hizo la solicitud escrita de la información a la gerencia general, además se realizó una entrevista para la obtención de datos tanto puntuales como empíricos que manejan los operarios encargados del almacenamiento y despacho de YPFB Logística S.A. Por otra parte se hizo la revisión de fuentes secundarias, como la página oficial de YPFB donde se muestra información de los procesos de contratación de las empresas que realizan la dimensión y diseño de tanques de almacenamiento, también se hizo la revisión de sitios web donde se muestra la información de los procesos de envíos y recepción de combustible líquidos en la planta de Tupiza.

1.4.2 Instrumentos de investigación

La información obtenida se recopiló para su posterior análisis, en planillas de consumo diario, informes de recepción, informes de despacho, planillas de costos del diseño de tanques, también se obtuvo información mediante revisiones bibliográficas, documentos digitales (PDF), páginas web, entrevistas a YPFB Logística.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Marco conceptual

2.1.1.1 Gasolina

Según PEMEX (s.f.) “es una mezcla volátil de hidrocarburos líquidos con pequeñas cantidades de aditivos, apropiada para usarse como combustible en motores de combustión interna con ignición por chispa eléctrica, con un rango de destilación de aproximadamente 27 a 225° C” (pág. 94).

2.1.1.1.1 Características de la gasolina

a) Octanaje

“El octanaje se define como la principal propiedad de la gasolina ya que está altamente relacionada con el rendimiento del motor del vehículo” (Berrones & Anchundia, s.f., pág. 4)

b) Curva de destilación

Por ser una mezcla de diversos productos, la gasolina no tiene punto de ebullición fijo sino una curva de destilación o curva de temperatura de ebullición que depende del tipo y contenido de compuestos que contenga la gasolina, comenzando aproximadamente 300 C y termina, generalmente antes de los 2000 C; su densidad varía entre 0.700 y 0.790 kg/l. (Zambrano, 2016, pág. 16)

c) Volatilidad

La volatilidad de la gasolina es una medida indirecta del contenido de los compuestos volátiles y es uno de los parámetros que indica el comportamiento de esta en el momento del encendido del motor, dado que indica la facilidad con que el motor se enciende en frío y el comportamiento de este a las altas temperaturas. (Zambrano, 2016, pág. 16)

d) Contenido de azufre

Es un componente natural del petróleo que se encuentra en productos derivados, los cuales en cantidades excesivas pueden incrementar las emisiones nocivas para las personas y dañar a vida útil del motor (Zambrano, 2016)

2.1.1.2 Gasolina Especial

Según YPF Refinación (2022):

Es un líquido inflamable, ligero, compuesto por una serie de hidrocarburos volátiles obtenidos del petróleo. Es de color cristalino amarillento y olor característico. Su principal característica es el octanaje o grado de resistencia a la compresión antes de su detonación o ignición de 85 octanos. Es un producto sin plomo. (párr. 1)

2.1.1.3 Diésel Oíl

El diésel también conocido como gasoil o gasóleo es un hidrocarburo líquido formado por parafinas y comúnmente se usa como combustible para motores diésel o calefacción. La gran densidad de este combustible le da un gran poder energético generando menos dióxido de carbono. (España, 2020)

La composición química del diésel está formada por tres cuartas partes de hidrocarburos saturados y otra cuarta parte de aromáticos. No se mezcla con etanol, aunque tiene más aditivos que mejoran sus propiedades. Una curiosidad es que el 81 % del gasoil es carbono.

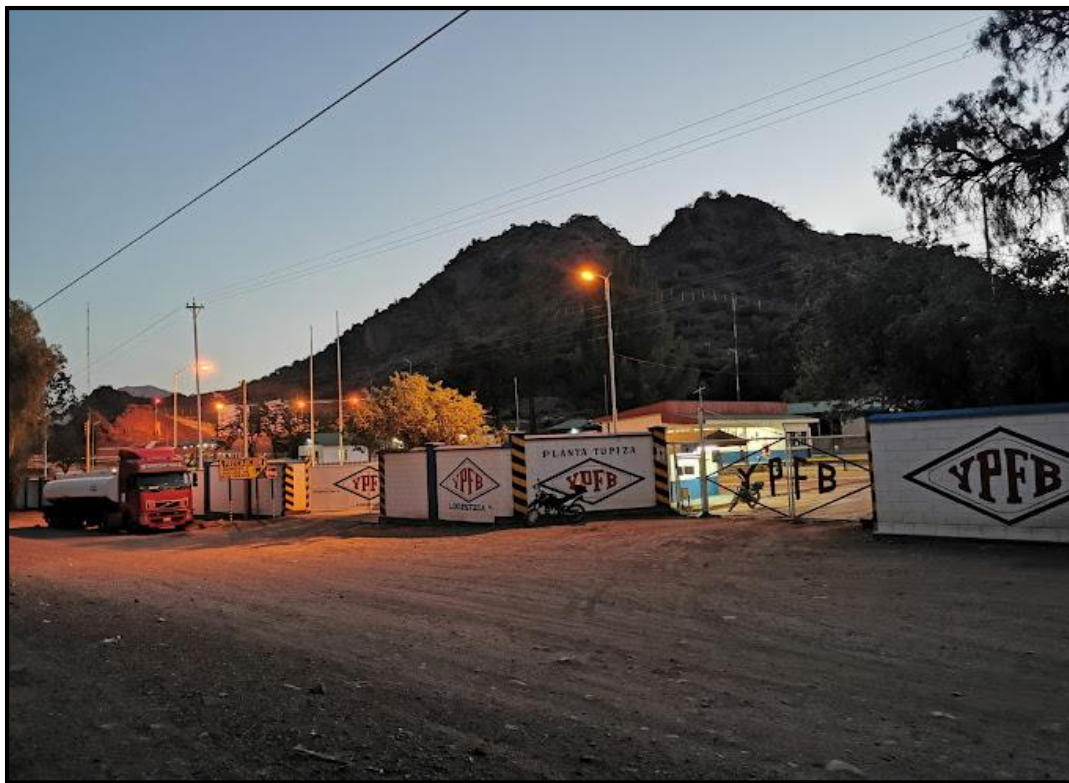
El diésel es un combustible pesado, denso y aceitoso, de color blanquecino y verdoso, que tiene una densidad de 850 kg/m³ y un poder calorífico de 8.80 kcal/kg y cuyos hidrocarburos son muy poco volátiles. Al ser tan aceitoso permite lubricar muchas de las partes del motor. (España, 2020)

2.1.1.4 Plantas de almacenamiento de hidrocarburos

Las plantas de almacenamiento de hidrocarburos representan un elemento clave dentro del sector de la energía, ya que permiten a los agentes de la cadena de valor adaptarse a las

variaciones en la demanda y aportan flexibilidad en las operaciones, a la vez que garantizan que los diferentes productos queden preservados en condiciones óptimas

Figura 1: *Planta De Almacenamiento Tupiza.*



Fuente: Extraído de (ANH Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2021)

Para llevar a cabo sus diferentes funciones, las plantas cuentan con tanques de almacenamiento, pero también con una serie de elementos comunes: zonas de recepción de combustibles, sistemas de filtrado y bombeo, tanques de aditivos, muelles para la carga de los camiones cisterna, laboratorios, sistemas de seguridad y salas de control desde donde se pueden manejar todos los sistemas de la planta. Este tipo de instalaciones cumplen con estrictas normas de seguridad y están equipadas con tecnologías y sistemas de prevención avanzados, además de ser muy respetuosas con el medio ambiente.

Además, las plantas deben estar ubicadas en localizaciones estratégicas y permanecer operativas las 24 horas de los 365 días del año para poder satisfacer la demanda de combustibles. Por otro

lado, una función adicional de este tipo de instalaciones es la de almacenar las reservas de seguridad y estratégicas de hidrocarburos de un país, como marcan los organismos reguladores

2.1.1.5 Tanque de almacenamiento

Un tanque de almacenamiento es en realidad un contenedor que cumple con las normas de almacenamiento para líquidos inflamables, y una de las características más importantes, es que debe de ser seguro.

Figura 2: *Tanque de almacenamiento de combustibles líquidos.*



Fuente: Extraído de (ANH Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2021)

Dependiendo el uso y aplicación requerida para el tanque de almacenamiento, es que existen diferentes tipos, por ejemplo; están los tanques fijos, los tanques que almacenan e inyectan combustible, tanques móviles, y los tanques pipa para transportar gasolina o diésel. Los tanques de almacenamiento para gasolina son muy especiales, por lo tanto, debe de seleccionarse muy bien al distribuidor, ya que es muy importante cumplir con los requerimientos especiales que estos tanques necesitan (TecnoTanques, 2017).

2.1.1.5.1 Características de los tanques de almacenamiento para combustibles

- Las capacidades de los tanques de almacenamiento van desde los 200 hasta los 100.000 litros.
- Los tanques pueden ser verticales, horizontales o subterráneos.
- Algunos tanques cuentan con contenedores de derrame de diésel o gasolina.
- Diseño y fabricación de tanques a la medida.
- Pueden incluir medidores para el control de nivel y llenado.
- Los materiales de fabricación son acero inoxidable o incluso acero al carbón.
- Cumplen con las normas de requerimiento para estos tipos de tanques, por ejemplo, la norma UL 142.

2.1.1.6 Clasificación de Tanques de almacenaje

2.1.1.6.1 Por Presión

Presión Atmosférica: Son diseñados para operar a presión atmosférica, esta categoría generalmente se utiliza en tanques cilíndricos verticales, generalmente para almacenar crudo y gasolina natural.

Baja Presión (0 a 2.5 psig): Generalmente usados para productos intermedios que requieren cierto nivel de presión, normalmente son de forma cilíndrica y son construidos con soldadura.

Media Presión (2.5 a 15 psig): Son utilizados para almacenar productos intermedios altamente volátiles y productos que no pueden ser almacenados a bajas presiones, generalmente son de forma cilíndrica y esférica.

Alta Presión (mayor a 15 psig): Normalmente utilizados para almacenar productos refinados, pueden tener geometría cilíndrica o esférica.

2.1.1.6.2 Por su construcción

Empernados: Son construidos en plantas de producción donde la actividad sea temporal y se necesite el desmantelamiento que debe ser de fácil proceso.

Soldados: Estos tanques son de mayor capacidad de almacenamiento, además de tener la gran ventaja de que las juntas de las planchas soldadas son permanentes evitando fugas.

2.1.1.6.3 Por su geometría

Esféricos: Son principalmente usados para almacenamiento de productos ligeros como propano, butano y GLP, su forma facilita que soporten presiones sobre los 25 psig.

Cilíndricos: Los tanques cilíndricos se clasifican a su vez en horizontales y verticales de fondo plano.

Los tanques cilíndricos horizontales son de volumen relativamente pequeño, debido a que pueden llegar a presentar problemas por falla de corte y flexión.

Los tanques cilíndricos verticales de fondo plano nos permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un bajo costo, con la limitante que solo se puede usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas. (Chabarria, 2020)

2.1.1.7 Tipos de tanque según el techo

2.1.1.7.1 Techo Fijo

El tanque opera con un espacio para los vapores, el cual cambia cuando varía el nivel de los líquidos. Techo Fijo.- Se emplean para contener productos no volátiles o de bajo contenido de ligeros (no inflamables) como son: agua, diésel, asfalto, petróleo crudo, etc.

Las ventilaciones en el techo permiten la emisión de vapores y que en el interior se mantenga aproximadamente a la presión atmosférica, pero produciéndose pérdidas de vaporización. Se utilizan principalmente para almacenamiento de productos no volátiles como son: agua, diésel, asfalto, petróleo, crudo, etc. (Cajas & Muglisa, 2007, pág. 5).

Figura 3: Tanques de almacenamiento techo fijo según API 65

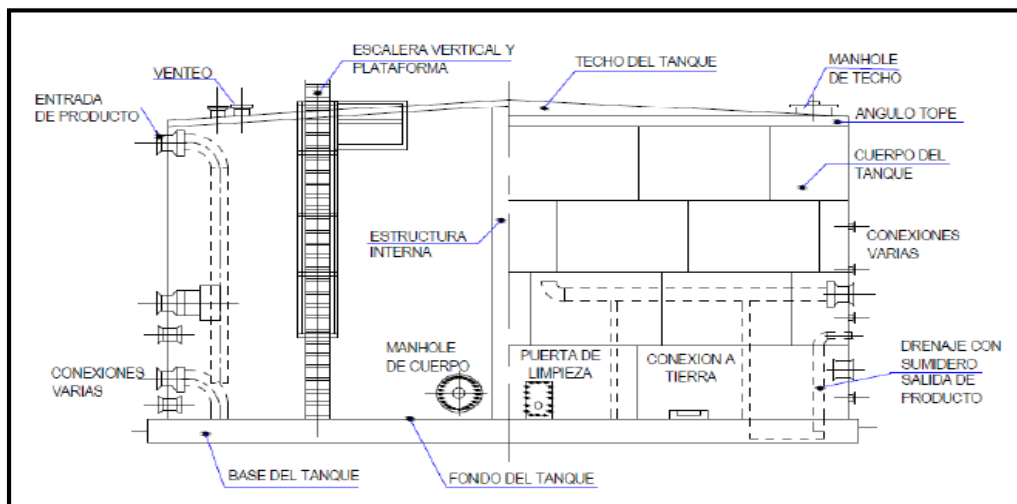


Fuente: Extraído de (NyF SINERTECHS, 2020)

Los tanques de almacenamiento de techo fijo pueden ser de dos tipos:

- Techo fijo Autosoportado: para tanques pequeños (cónicos, domo, sombrilla).
- Techo Fijo Soportado: para tanques con grandes volúmenes y con techos pesados (cónicos).

Figura 4: Esquema de un tanque atmosférico de techo fijo



Fuente: Extraído de (Cajas & Muglisa, 2007, pág. 6)

La clara desventaja de este tipo de tanques es la pérdida permanente de vapores por los venteos cuando un producto volátil se almacena en tanque de techo fijo libremente ventilado.

2.1.1.7.2 Techo Flotante

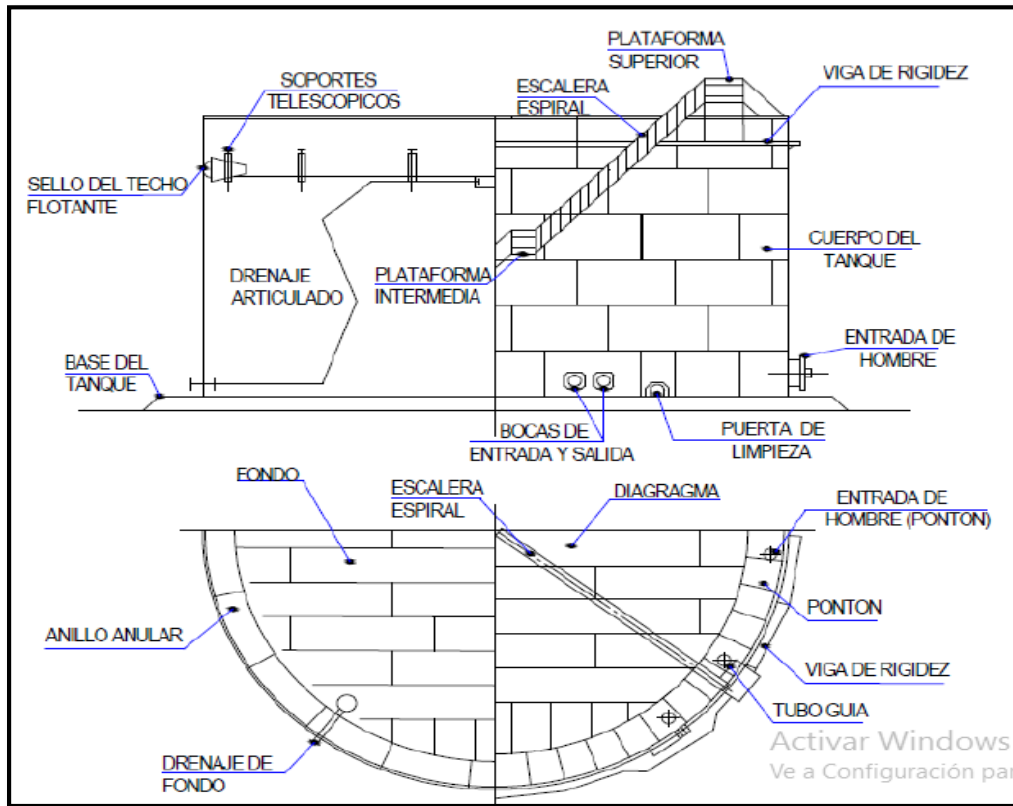
Figura 5: *Tanque de almacenamiento con techo flotante*



Fuente: Extraído de (FREEPIK, 2020)

Los tanques de techo flotante son diseñados para poder deslizar verticalmente el techo dentro del armazón del tanque, ya que este tipo de tanques el techo descansa sobre la superficie del líquido, proporciona una mínima constante de vacío entre la superficie del producto almacenado y el techo y así sirve de sello constante entre la periferia del tanque y el techo flotante estas pueden ser fabricadas en un tipo que está expuesto al medio ambiente o un tipo que está dentro de un techo fijo. (Sanaguano, 2012, págs. 4-5)

Figura 6: Esquema de un tanque atmosférico de techo flotante



Fuente: Extraído de (Cajas & Muglisa, 2007, pág. 3)

Este tipo de techo fue desarrollado para reducir o anular la cámara de aire, o espacio libre entre el espejo del líquido y el techo, además de proporcionar un medio aislante para la superficie del líquido, reducir la velocidad de transferencia de calor al producto almacenado durante los periodos en que la temperatura ambiental es alta, evitando así la formación de gases.

2.1.1.8 Normativas aplicables

En los Estados Unidos de Norteamérica y en muchos otros países del mundo, incluyendo el nuestro, el diseño y cálculo de tanques de almacenamiento, se basa en la publicación que realiza el "Instituto Americano del Petróleo", al que esta institución designa como:

STANDAR API. 650, para tanques de almacenamiento a presión atmosférica

STANDAR API. 620, para tanques de almacenamiento sometidos a presiones internas cercanas a 1 Kg /cm² (14lb / pulg²).

El estándar A.P.I. 650 sólo cubre aquellos tanques en los cuales se almacenan fluidos líquidos y están contruidos de acero con el fondo uniformemente soportado por una cama de arena, grava, concreto, asfalto, etc, diseñados para soportar una presión de operación atmosférica o presiones internas que no excedan el peso del techo por unidad de área y una temperatura de operación no mayor de 93 °C, y que no se usen para servicios de refrigeración. Este estándar cubre el diseño y cálculo de los elementos constitutivos del tanque. (Leon, 2018, pág. 8)

2.1.1.9 Construcción e instalación de los tanques

2.1.1.9.1 Construcción

La construcción se efectuará de acuerdo a las Normas API 650 y deberán tener la homologación de la Dirección de Desarrollo Industrial, dependiente de la secretaria nacional de Industria y Comercio. Se fabricarán con planchas de acero al carbono ASTM-A-36, con los espesores nominales mínimos que se indican a continuación:

Se deberá contemplar la construcción de los siguientes dispositivos:

- Conexión para la tubería de llenado.
- Conexión (es) para la (s) tubería (s) de succión.
- Conexión para la tubería de ventilación.
- Conexión para la tubería y boca de medición.
- Entrada de hombre para inspección.
- Dispositivos para el anclaje del tanque
- Escalera fija para ascender al tope del tanque

Tabla 1: Características para la construcción de un tanque de almacenamiento

Diámetro Tanque		Espesor Plancha Cuerpo Tanque		Espesor Plancha Cabezales	
Desde	Hasta	mm.		mm.	
Metros					
1,170	1,92	4,76	(3/16")	----	
1,93	2,45	6,35	(1/4")	----	
2,46	2,8	7,94	(5/16")	12,7	(1/2")
2,81	3,50	9,52	(3/8")	12,7	(1/2")

Fuente: Extraído de (Reglamento para Construcción de tanques de almacenamiento, 1997)

La construcción de tanques se tiene que realizar en empresas que cuenten con las instalaciones y los materiales apropiados para dicha tarea, ya que este tipo de contenedores almacenan sustancias que de no tratarse adecuadamente, podrían ocasionar un accidente.

2.1.1.9.2 Prueba hidráulica de calibración

- Una vez concluida la construcción del tanque de almacenamiento de hidrocarburos líquidos, se efectuará en el mismo la prueba de hermeticidad o prueba hidráulica correspondiente, con una presión de una media (1,5) veces la presión de trabajo y de acuerdo a normas establecidas para el efecto.
- Así mismo deberá obtenerse del fabricante del tanque de almacenamiento, el documento correspondiente que certifique la realización de la prueba hidráulica, las condiciones a las cuales fue sometido el mismo, así como los resultados obtenidos, debidamente homologados por la Dirección de Desarrollo Industrial de la secretaria nacional de Industria y Comercio.
- Al mismo tiempo de efectuar la prueba hidráulica se deberán tomar todas las medidas interiores y exteriores del tanque de almacenamiento, necesarias para su calibración. (Decreto Supremo 24721, 1997)

2.1.1.9.3 Instalación

La instalación definitiva de los tanques de almacenamiento en las fosas de hormigón armado, deberá observar y cumplir las siguientes condiciones:

- El tanque de almacenaje antes de ser anclado en la fosa, deberá protegerse contra la corrosión externa utilizando cualquiera de los dos siguientes métodos:
 - a) Pintura anticorrosiva “Primer” y cubierta de fibra de vidrio u otro material similar.
 - b) Pintura asfáltica, solamente cuando la fosa del tanque sea rellena con arena fina seca.
- La instalación de los tanques debe ser realizada de forma a evitar golpes o caídas que pudiesen romper o dañar una soldadura o el mismo tanque, además de rayar e inutilizar las protecciones indicadas en (a). Los tanques serán situados sobre fundaciones firmes y adecuadamente anclados.
- Tanto el tanque de almacenamiento como todas sus interconexiones eventualmente aisladas por dispositivos sellantes o de amortiguación, deberán ser conectados a un sistema de puesta a tierra, debidamente construido.
- Las distancias laterales del tanque de almacenaje de las paredes de hormigón deberán tener un mínimo de 0,50 metros, al fondo 0,50 metros y a la tapa de hormigón armado: 0,90 metros.
- Las cavidades que separan el tanque de las paredes de fosa, podrán ser optativamente llenadas con arena fina lavada libre de piedras, posterior a la Inspección Técnica Final o simplemente vacías para su mantenimiento regular. En este último caso se deberá instalar cualquier dispositivo firme y seguro para el ascenso y descenso a la fosa. Asimismo, su ventilación efectiva deberá ser continuamente supervisada.
- La distancia entre tanques situados en la misma fosa será como mínimo de un metro.
- El tanque tendrá una pendiente negativa del 1% (uno por ciento) hacia la boca de llenado. Cada tanque estará provisto de una tubería de ventilación, cuya descarga no estará dentro de ninguna edificación ni a una distancia menor a 1,50 metros de cualquier abertura para iluminación, ventilación o acceso de cualquier ambiente.
- La tubería de ventilación en su tramo horizontal tendrá una pendiente mínima positiva de 2% y en toda su extensión no debe sufrir más de 6 dobleces. El diámetro de esta tubería permitirá el libre escape de vapores, u opcionalmente, su conexión a un sistema de recuperación de los mismos. Los diámetros deberán sujetarse al cuadro siguiente:

Tabla 2: *Capacidad del Tanque*

Capacidad del tanque		Diámetro Nominal
Desde	Hasta	Tubería de Ventilación
	(litros)	(pulgadas)
10.000	30.000	2"
30.001	50.000	3"

Fuente: Extraído de Decreto Supremo 24721

- La salida deberá estar protegida con una funda de malla o pieza de salida adecuada (vapor vents).
- Las cañerías, válvulas y accesorios deberán cumplir las especificaciones del material, presiones y temperaturas dentro de las limitaciones de ANSI-B 31.3-1980 (Petroleum Refinery Piping) ó ANSI-B 31.4-1979 (Liquid Petroleum Transportation Piping System).
- Las bocas de llenado deberán ser instaladas de acuerdo a las siguientes características:
 - a) Estarán dotadas de tapas y conexiones metálicas de material antichispas e impermeables.
 - b) Estarán ubicadas por lo menos a un metro cincuenta centímetros (1,50 mts.) de cualquiera puerta o abertura de la propia Estación de Servicio.
 - c) Se ubicarán de manera que los edificios y propiedades vecinas queden protegidas de cualquier derrame.
 - d) Las diferentes bocas de llenado deberán estar identificadas respecto al tipo de combustible, pintándolas con los siguientes colores:

Rojo	Gasolina Especial
Amarillo	Gasolina Premium
Azul	Diésel Oíl
 - e) Estarán provistas de conexiones que permitirán la descarga de la electricidad estática.

- f) Todas las cámaras de inspección deberán ser construidas a sobre nivel y estar provistas de tapas metálicas y drenajes adecuados, de forma a no permitir la acumulación de agua o combustibles.

2.1.1.10 Materiales a emplear en tanques de almacenamiento.

Para el mejor diseño, cálculo y manufactura de tanques de almacenamiento es importante seleccionar el material adecuado dentro de la variedad de aceros que existen en el mercado, por lo que a continuación listamos los materiales más usados con su aplicación.

ESTÁNDAR A.S.T.M. (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS).

A-36.- acero estructural. Sólo para espesores iguales o menores de 38 mm. (1 ½ pulg.). Este material es aceptable y usado en los perfiles, ya sean comerciales o ensamblados de los elementos estructurales del tanque. (Leon, 2018)

A-131.- acero estructural.

GRADO A para espesor menor o igual a 12,7 mm (1/2 pulg.)

GRADO B para espesor menor o igual a 25,4 mm. (1 pulg.)

GRADO C para espesores iguales o menores a 38 mm. (1-1/2 pulg.)

GRADO EH36 para espesores iguales o menores a 44,5 mm. (1-3/4 pulg.)

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

GRADO C Para espesores iguales o menores a 25 mm. (1 pulg.). Este material es el más socorrido, porque se puede emplear tanto para perfiles estructurales como para la pared, techo, fondo y accesorios del tanque. (Leon, 2018, pág. 12)

A-285.- placa de acero al carbón con medio y bajo esfuerzo a la tensión.

GRADO C Para espesores iguales o menores de 25,4 mm. (1 pulg.). Es el material recomendable para la construcción del tanque (cuerpo, fondo, techo y accesorios principales),

el cual no es recomendable para elementos estructurales debido a que tiene un costo relativamente alto comparado con los anteriores. (Leon, 2018, pág. 12)

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

GRADOS 55, 60, 65 y 70. Para espesores iguales o menores a 38mm. (1-1/2 pulg.). Este material es de alta calidad y, consecuentemente, de un costo elevado, por lo que se recomienda su uso en casos en que se requiera de un esfuerzo a la tensión alta, que justifique el costo. (Leon, 2018, pág. 12).

2.1.2 Marco contextual

El presente capítulo se enfoca en describir el contexto y la situación de las condiciones operativas actuales de la planta de Tupiza, para este fin, se ha recabado información de apoyo propia de la planta y finalmente se ha expuesto resultado de los análisis de mercado desarrollados por YPFB Corporación en conformidad con YPFB Logística.

2.1.2.1 Descripción general de la planta

La planta Tupiza cuenta con infraestructura industrial para realizar operaciones de recepción, Almacenaje y Despacho de hidrocarburos líquidos (GO, DO y KE), las instalaciones cuentan con: cargaderos y descargaderos de carros cisternas, tanques de almacenamiento, manifolds y líneas de interconexión, sala de bombas, almacenes, talleres, sistemas auxiliares o secundarios, oficinas administrativas y seguridad, etc.

2.1.2.2 Ubicación de la planta

La planta se encuentra ubicada en el sur del departamento de Potosí, provincia Sud Chichas, municipio de Tupiza. Esta provincia limita al norte con la provincia Nor Chichas, al oeste con la provincia Nor y Sud Lipez, al este con el departamento de Tarija y Chuquisaca y al Sur con la provincia Modesto Omiste.

La ciudad de Tupiza se encuentra a una altura aproximada de 2.952 m.s.n.m., con una temperatura ambiente promedio máxima de 32°C en verano y una mínima de -2°C en invierno. La ubicación geográfica de la ciudad corresponde a las siguientes coordenadas:

Figura 7: Ubicación de la planta de combustibles líquidos YPFB Tupiza



Fuente: Extraído de la aplicación Google Earth

- Latitud : 65°43`00.6``W
- Longitud: 21°28`o.34``S

Las instalaciones de la planta tienen un área total de 125.883,37 m² y se encuentra establecida en la Av. Barrientos S/N, Zona Santa Elena, distante a 3 km al sur del centro de la ciudad.

2.1.2.3 Distribución de la planta (sistemas principales y secundarios de la planta)

Se denomina principales a los sistemas de recepción, almacenaje y despacho, puesto que estos son considerados como la columna vertebral de las operaciones que se realizan en este tipo de instalaciones.

2.1.2.3.1 Sistema de recepción

La planta recibe hidrocarburos líquidos mediante camiones cisternas provenientes de las refinерías nacionales, así como también recepciona y se abastece de combustible importados.

a) Descripción de las instalaciones

La infraestructura de recepción de diésel oíl, gasolina especial y kerosene, cuenta con un descargadero de cisternas ubicado en un sector independiente del sistema de despacho. Los componentes principales de este sistema son: dos electrobombas de 15 hp, un manifold conformado por válvulas de control, mangueras y tuberías de interconexión de 4" de diámetro que permiten distribuir el producto recepcionado a los respectivos tanques de almacenamiento.

Figura 8: Sala de recepción de combustible planta Tupiza



Fuente: Extraído de YPF B Logística S.A., 2023

El área de recepción, cuenta además con las siguientes características y facilidades.

- Techo de estructura metálica y piso de hormigón
- Sistema eléctrico e iluminación
- Plataforma de circulación y parqueo con rampla para cisternas

- Sistema de puesta a tierra o aterramiento
- Sistema de agua y equipos portátiles contra incendio
- Sistema de drenaje industrial y pluvial. (velasquez Mercado, 2018)

b) Capacidad de recepción

La capacidad de recepción es función del tipo de producto y volumen que se recepciona:

Tabla 3: *Capacidad de Recepción en Planta Tupiza*

Producto	Sistema de recepción	de Capacidad de recepción (m3/h)
Gasolina Especial	Carro cisterna	22 a 34
Diésel Oíl	Carro cisterna	20 a 30

Fuente: Extraído de YPFB Logística S.A., 2023

La planta de YPFB Tupiza solo recepciona en carro cisterna con una capacidad de 22 a 34 m3/h para gasolina especial y una capacidad de 20 a 30 m3/h.

2.1.2.3.2 Sistema de almacenaje

La planta actualmente almacena diésel oíl, gasolina especial, kerosene, este sistema está compuesto por tanques esféricos de diferentes capacidades y características.

a) Descripción de las instalaciones

Se cuenta con cuatro tanques, de cuerpo cilíndrico con techo fijo auto soportado y fondo plano, cada tanque cuenta con válvulas de control que facilitan recibir y despachar combustibles, cuenta con las siguientes características:

Figura 9: Área de tanques de almacenamiento en planta Tupiza



Fuente: Extraído de (ANH Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2021)

- Área con superficie amplia y suelo con ripio.
- Muros de contención y contrafuegos.
- Sistema de iluminación.
- Sistema contra incendios
- Sistema de drenaje industrial y pluvial.
- Sistema de puesta a tierra o aterramiento.

b) Capacidad de almacenaje y distribución de tanques

La planta actualmente opera con tres tanques uno para cada producto almacenado diésel oíl, gasolina especial y kerosene y un tanque vacío fuera de operación.

Tabla 4: *Capacidad del sistema de almacenamiento*

Tanque	Producto almacenado	Diámetro (m)	Altura (m)	Capacidad Normal (m3)	Capacidad Máxima (m3)	Capacidad Neta (m3)	Observación
522		6,00	5,40	152	133	126	Fuera de operación
523	Diésel oíl	7,99	9,90	496	452	436	En operación
524	Kerosene	7,99	9,90	496	453	438	En operación
525	Gasolina Especial	7,98	9,90	514	493	460	En operación

Fuente: Extraído de YPFB Logística S.A., 2023

En tabla 4 se tiene detallado la capacidad de almacenamiento de la planta de Tupiza lo cual cuenta con tres tanques de almacenamiento en operación y los siguientes datos se obtuvo de YPFB Logística S.A.

2.1.2.3.3 Sistema de despacho

Las operaciones de despacho se realizan mediante camiones cisternas y pertenecientes a las estaciones de servicio, que comercializan los combustibles directamente a los consumidores.

a) Descripción de las instalaciones

Está conformado por una sala de despacho construida de estructura metálica con cubierta amplia para proteger las operaciones y equipos además cuenta con las siguientes facilidades.

Es importante mencionar que este sistema no cuenta con electrobombas de despacho, por tanto esta operación se realiza simplemente por gravedad, es decir, por la hidráulica causada por la diferencia de alturas que existe entre el sistema de almacenaje y el sistema de despacho. (Cadima Morales, 2022)

Figura 10: Sala de despacho de combustible



Fuente: Extraído de YPFB Logística S.A., 2023

- Líneas de interconexión (4 de diámetro) desde los tanques de almacenaje hasta la sala de despacho.
- Islas de despacho, con manifold de despacho y brazos de carga con codos articulados.
- Sistema eléctrico e iluminación.
- Sistema de puesta a tierra o aterramiento.
- Sistema de agua y equipos portátiles contra incendios.
- Sistema de drenaje industrial y fluvial.

b) Capacidad de despacho

Tabla 5: Régimen de despacho de combustibles líquidos

Isla N°	Medio de despacho	Producto despachado	Régimen de despacho (LPM)	Contómetro			
				Marca	modelo	Régimen	
						Min	Max
1	Cisterna	Gasolina Especial	400	Smith Meter	LSD.30	200	800
2	Cisterna	Diésel Oil	400	A.O. Smith	LSD-30	200	800
3	Cisterna	Kerosene	300	A.O. Smith	LS-28	200	800

Fuente: Extraído de YPFB Logística S.A., 2023

El medio de despacho también se lo realiza mediante carro cisternas, el régimen de despacho de la planta es de 400 LPM, para realizar la tabla 5 se obtuvo datos de YPFB Logística.

2.1.2.4 Logística de abastecimiento de combustible

En un trabajo en conjunto entre YPFB Corporación e YPFB Logística S.A. se ha establecido un plan estratégico de aprovechamiento y distribución de carburante (Marco estrategia de abastecimiento de hidrocarburos líquidos) el objetivo es garantizar la continuidad operativa y la disponibilidad de combustible a nivel nacional.

Tabla 6: *Logística de abastecimiento para la planta Tupiza*

Combustible	Transporte	Producto	Planta de origen	Volumen transportado por cisternas (Lts)
Gasolina Especial	Camión cisterna	Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Refinería Gualberto Villarroel • Planta Oruro • Planta Potosí 	33.000 a 35.000
Diésel Oíl	Camión cisterna	Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Refinería Gualberto Villarroel • Planta Oruro 	32.000 a 34.000
		Importado	<ul style="list-style-type: none"> • Planta petromining (B.A. Argentina) • Planta Vitco (B.A. Argentina) 	31.000 a 33.000

Fuente: Extraído de (Cadima Morales, 2022)

La planta de Tupiza, no se encuentra conectada a ninguna red de ductos de transporte de hidrocarburos, por lo tanto la logística de abastecimiento se basa en la recepción de sistemas provenientes del interior y exterior del país, operando con productos nacionales e importados. (Cadima Morales, 2022).

2.1.2.5 Análisis de mercado de hidrocarburos líquidos (oferta y demanda)

El análisis de mercado se relaciona con: la producción nacional de combustibles, la capacidad de almacenaje disponible en el país y los volúmenes comercializados por ende las variables más

representativas son las de oferta y demanda de combustibles en el mercado interno representados en sus respectivas tasas de crecimiento. (YPFB Corporación 2022).

2.1.2.6 Oferta y demanda de combustible

La gasolina especial es el combustible de mayor producción en el país y a la vez es el segundo producto mayor comercializado. Por lo contrario, el diésel oíl es el segundo combustible de mayor producción nacional, pero actualmente es el producto con mayor demanda en el mercado nacional. (Cadima Morales, 2022)

Tabla 7: *Oferta y demanda interna de gasolina especial*

Concepto	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Demanda gasolina (Mbpd)	22,0	24,5	30,3	35,3	40,8	48,1
Oferta gasolina (Mbpd)	34,1	32,7	29,2	23,0	8,4	5,7
Superávit (+)/déficit (-)(Mbpd)	10,1	5,1	-2,4	-13,2	-33,3	-42,4

Fuente: Extraído de YPF B Logística S.A., 2023

En el año 2020 la producción promedio a nivel nacional de gasolina especial alcanzo un pico de 34,126 Bbl/día (91% producido por la refinería de YPF B Refinación S.A. y 5,9% por la refinería Oro Negro) llegando a cubrir cerca de 80% de la demanda interna, el restante 20% fue obtenido con productos importados.

Tabla 8: *Oferta y demanda interna de diésel oíl*

Concepto	2020	2022	2025	2026	2028	2030
Demanda diésel oíl(Mbpd)	30,0	31,5	38,2	49,0	61,2	71,4
Oferta diésel oíl (Mbpd)	23,8	21,4	18,3	13,0	1,1	-
Superávit (+)/déficit (-) (Mbpd)	-13,2	-19,7	-28,7	-40,9	-61,1	-71,4
% Superávit (+)/déficit (-)sobre demanda	-37%	-48%	-61%	-76%	-98%	100%

Fuente: Extraído de YPF B Logística S.A., 2023.

La producción promedio de diésel oíl en año 2020 alcanzó los 23.8 Bbl/día (91,3% producido por la refinería de YPFB Refinación S.A. y el 8,7% de la refinería Oro Negro), reducción que llevo a cumplir cerca del 48% de la demanda del país, para poder llegar al 100% del mercado se recurrió a la importación de este combustible. Para el periodo 2024- 2030 la demanda de este combustible se incrementará de gran manera induciendo a un déficit considerable.

2.1.2.7 Crecimiento de la demanda de combustible

La dirección de hidrocarburos líquidos YPFB elabora un estudio con datos históricos de nota de las plantas de almacenaje del país e incorpora variables que afectan el consumo de cada uno de los combustibles, obteniéndose las tasas de crecimiento de la demanda de combustibles líquidos por diferentes periodos. (YPFB Corporación, 2022)

- Gasolina especial: variables, precio, PIB, consumo de GNV.
- Diésel Oíl: variable, PIB, superficie cosechada.

Tabla 9: Tasa de crecimiento demanda de combustibles históricos y proyectados

Producto	2005-2012	2013-2020	2021-2028
Diésel oíl	6%	7%	7%
Gasolina especial	7%	7%	7%
GLP	4%	3%	4%
Jet fuel y AVGAS	4%	7%	3%

Fuente: Extraído de YPFB Logística S.A., 2023

Según pasan los años la demanda de combustibles líquidos tanto de gasolina especial y diésel oíl va aumentando en la tabla 9 se observa el incremento de la demanda al 7%, los volúmenes demandados en la actualidad exigen mayor equipamiento adecuado para la recepción y despacho de hidrocarburos líquidos en el tiempo y cantidad requerida diariamente.

2.2 INFORMACION Y DATOS OBTENIDO

2.2.1 Especificaciones de un tanque

Tabla 10: *Ficha técnica TK-522*

Tanque N° 522	
Servicio	Vacío (fuera de operación)
Ubicación	Zona de tanques
Tipo de cilindro/espesor	Vertical soldado ¼"
Tipo de techo/espesor	Fijo cónico de 3/16"
Tipo de fondo/espesor	Plano soldado de ¼"
Material	Planchas de acero al carbono
Altura	5,40 m
Diámetro	6,00 m
Área de cuerpo	101,8 m ²
Área de techo	31,9 m ²
Color	Blanco
Capacidad bruta	152,2 m ³
Capacidad neta	126,4 m ³
Sumidero API	Si
Válvulas de recepción	4"x150 de compuerta
Válvulas de despacho	4"x150 de compuerta
Válvula de drenaje	2"x150 de compuerta
Válvula de presión – vacío	1 de 3" marca Varce
Válvula de alivio	2 de 1"
Arrestallamas	Si
Tipo de boca de medición	1 de cuello con tapa (bisagra)
Conexión de espuma	1 de 2"
Entrada de hombre	24" de diámetro
Indicador de nivel	No
Tipo de escalera	Espiral
Base soporte	Relleno Compactado
Año de construcción	1976

Fuente: Extraído de YPF B Logística S.A., 2023

En la tabla 10 se puede encontrar todas las características del tanque TK-522, sus componentes, su capacidad, su ubicación, sus válvulas, esta ficha técnica nos servirá como referencia para el diseño de los nuevos tanques.

2.2.2 Periodo de seguridad energética

El periodo de seguridad energética en días, se determina a partir de la capacidad instalada y el despacho promedio diario permitiendo evaluar el tiempo que la planta garantiza contar con un stok de seguridad para el abastecimiento de la región (YPFB corporación, 2015).

Tabla 11: *Plan de distribución futura de los tanques en la planta*

Tanque	Producto de almacenamiento	Capacidad neta (m3)	Capacidad total por producto	Estado	Observaciones
522	Kerosene	126	126	En operación	Sin modificación
523	Diésel oíl	436	1.504	En operación	Sin modificación
524	Diésel oíl	438			Redistribuido
526	Diésel Oíl	539			Tanque nuevo
525	Gasolina Especial	460	1.015	En operación	Sin modificación
527	Gasolina Especial	568			Tanque nuevo

Fuente: Extraído de YPF B Logística S.A., 2020

En base a los datos históricos pertenecientes al periodo 2022-2030, se determinó la seguridad energética promedio de combustible en la planta de la ciudad de Tupiza.

2.2.3 Proyección de la demanda y evaluación del periodo de seguridad energética

De acuerdo a la capacidad actual de la planta y las tasas de crecimiento de la demanda de combustible (tabla 9), se ha realizado la proyección de despachos diarios hasta el año 2030, obteniendo la capacidad faltante y requerida para garantizar el periodo de seguridad energética de 30 días como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 12: *Capacidad faltante, requerida y seguridad energética proyectada para Gasolina Especial.*

Año	Taza de crecimiento	Despacho prom. (m3/día)	Capacidad actual m3	Seguridad energética actual (días)	Cap. Requerida (m3)	Cap. Faltante (m3)	Seguridad energética proyectada (días)
2022		22,09	460,1	20	662,7	202,6	43
2023		23,63	460,1	19	708,9	248,8	41
2024		25,28	460,1	18	758,4	298,3	39
2025	7%	27,04	460,1	17	811,2	351,1	37
2026		28,93	460,1	16	867,9	407,8	36
2027		30,95	460,1	15	928,5	468,4	34
2028		33,11	460,1	14	993,3	533,2	33
2029		35,42	460,1	13	1.062,6	602,5	31
2030		37,89	460,1	12	1.136,7	676,6	30

Fuente: elaboración propia, 2023 en base a datos obtenidos de YPF B Logística

Para Gasolina Especial se ha determinado una capacidad de almacenaje requerida de 1.136,7 m³ y una capacidad mínima faltante de 676,6 m³, estos resultados claramente garantizan cumplir con el periodo de seguridad energética de 30 días hasta el año 2030.

Tabla 13: *Capacidad faltante, requerida y seguridad energética proyectada para Diésel oíl*

Año	Taza de crecimiento	Despacho prom. (m ³ /día)	Capacidad actual m ³	Seguridad energética actual (días)	Cap. Requerida (m ³)	Cap. Faltante (m ³)	Seguridad energética proyectada (días)
2022		31,43	436,3	13	942,9	506,6	43
2023		33,63	436,3	12	1.008,9	572,6	41
2024		35,98	436,3	12	1.079,4	643,1	39
2025	7%	38,49	436,3	11	1.154,7	718,4	37
2026		41,18	436,3	10	1.235,4	799,1	36
2027		44,06	436,3	10	1.321,8	885,5	34
2028		47,14	436,3	9	1.414,2	977,9	33
2029		50,43	436,3	8	1.512,9	1.076,6	31
2030		53,96	436,3	8	1,618,8	1.182,5	30

Fuente: elaboración propia, 2023 en base a datos obtenidos de YPFB Logística

Para diésel oíl se ha determinado una capacidad de almacenaje requerida de 1.618,8 m³ y una capacidad mínima faltante de 1.182,5 m³, estos resultados claramente garantizan cumplir con el periodo de seguridad energética de 30 días hasta el año 2030.

2.2.4 Determinación del número de tanques a instalar

Conforme a los resultados obtenidos de la capacidad de almacenaje faltante y la capacidad actual se ha calculado el número de tanques que se necesita instalar a fin de cumplir el periodo de seguridad energética proyectado

$$N^{\circ} \text{ de tanque} = \frac{\text{capacidad faltante}}{\text{capacidad actual}}$$

DIESEL OIL

$$N^{\circ} \text{ de tanque para DO} = \frac{1.182,5 \text{ m}^3}{436,3 \text{ m}^3}$$

$$N^{\circ} \text{ de tanque para DO} = 2,71 \text{ m}^3 \approx 3 \text{ Tanques}$$

GASOLINA ESPECIAL

$$N^{\circ} \text{ de tanque para GE} = \frac{676,6 \text{ m}^3}{460,1 \text{ m}^3}$$

$$N^{\circ} \text{ de tanque para GE} = 1,47 \text{ m}^3 \approx 2 \text{ Tanques}$$

Teniendo la capacidad de almacenaje requerida y según los respaldos de proyección se ha definido el número de tanques requeridos para instalarse y su correspondiente capacidad de almacenaje faltante en la planta obteniendo finalmente 676,6 m³ (2 tanques) y 1.182,5 m³ (3 tanques) para gasolina especial y diésel oíl respectivamente.

2.2.5 Dimensionamiento de los tanques

Para poder comenzar con el cálculo y dimensionamiento del tanque, se partirá de la información obtenida del volumen faltante que necesita la planta. Teniendo ya el volumen procedemos a calcular:

Radio del tanque:

$$r^2 = \frac{h^2}{2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- r = Radio del tanque
- h = Altura del tanque

Altura del tanque:

$$h = \sqrt[3]{\frac{2}{\pi} * V_{max}}$$

Ecuación 2

Donde:

- h = Altura del tanque
- V = Volumen máximo

Calculo de radio y altura par tanque de Gasolina Especial.

$$h = \sqrt[3]{\frac{2}{\pi} * V_{max}} = \sqrt[3]{\frac{2}{\pi} * 338,3} = h = 6 \text{ m}$$

$$r^2 = \frac{h^2}{2} = \sqrt{\frac{6^2}{2}} = r = 4,24 \text{ m}$$

Calculo del diámetro: $D=2r = 4,24\text{m}*2= 8,48 \text{ m}$ **D=8,48m**

Calculo de radio y altura par tanque de Diésel Oil

$$h = \sqrt[3]{\frac{2}{\pi} * V_{max}} = \sqrt[3]{\frac{2}{\pi} * 394,16} = h = 6,30 \text{ m}$$

$$r^2 = \frac{h^2}{2} = \sqrt{\frac{6,30^2}{2}} = r = 4,45 \text{ m}$$

Calculo del diámetro: $D=2r = 4,45\text{m}*2= 8,90\text{m}$ **D=8,90m**

Finalmente se consideró el volumen requerido para la ampliación y se realizó los cálculos para la obtención del diámetro nominal y su altura. Para el tanque de gasolina tenemos un diámetro nominal de 8,48 m y una altura de 6 m, mientras para el tanque de diésel se obtuvo un diámetro nominal de 8,90 m y una altura de 6,30 m.

Material de depósito.

Se ha de identificar un material cuya tensión admisible sea suficiente para cumplir con el rendimiento del depósito, como es el caso del acero. La elección de acero inoxidable es apropiada dada las facilidades que proporciona sus características de resistencia a la corrosión que reduce los costos de mantenimiento, así como aumenta su durabilidad

Envolvente

Los depósitos de la planta tendrán una forma cilíndrica y las paredes estarán formados por láminas de acero soldadas. Estas deben ser delgadas, de espesor constante y estar sometidas a cargas repartidas que varíen de forma continua. La superficie debe ser continua y variar gradualmente su curvatura

Techo

Al contener productos volátiles en los tanques se utilizará techo flotante. Este consta de una membrana solidaria al producto que evita o reduce la formación del espacio de vapor, minimizando pérdidas por evaporación al exterior, disminuyendo el daño medioambiental y el riesgo de formación de mezclas explosivas

2.3 ANALISIS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Evaluación económica

El objetivo de este acápite es determinar la inversión económica que demanda el proyecto para su ejecución en la planta Tupiza, posteriormente a través de indicadores de evaluación de proyectos se analizará la factibilidad económica para ejecutar el proyecto.

2.3.1.1 Determinación de egresos – costos de inversión

Si bien el enfoque es los diseños de nuevos tanques, adicionalmente se expone una estimación de costos globales mínimos y necesarios para desarrollar adecuadamente el presente proyecto en la planta.

La construcción de los nuevos tanques le corresponde a un costo significativo importante, puesto que se requiere de materiales, equipo, personal, etc en las tablas 14, 15, 16 y 17 se detallan los precios unitarios y totales por cada ítem de obra para la respectiva fase de inversión.

Tabla 14: *Costo de inversión obras civiles*

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio uni. (USD)	Precio Total (USD)
Instalación de faenas	Global	1	1.890	1.890
Movilización de material, personal equipo	Global	1	2.582	2.582
Estudio de suelos y trazados topográficos	m2	500	300	150.000
Limpieza y revelación de terrenos	m2	500	8	4.000
Excavación de fosa para base de cimiento	m3	2.194	9	19.987
Relleno y compactado del área a construir	m3	2.190	11	25.995
Construcción de drenajes	Global	2	1.900	3.800
Ampliación de muros contra fuegos	Global	1	2.000	2.000
Construcción de base hormigón	Global	2	2.500	5.000
Pintado interior y exterior	Global	2	420	840
Pintado accesorios	Global	2	140	280
Sub Total Obras Civiles				216.600

Fuente: Extraído de Empresa IMECO SRL, 2020

En esta tabla podemos observar la estimación del precio de un tanque, los diferentes ítems a realizarse para las obras civiles así teniendo un costo total de 216.600 USD. Considerando el tipo de cambio oficial del dólar 6,96 bs por unidad de dólar, en Bolivia las obras civiles tendrán un costo de 1.507.536 bs.

Tabla 15: *Costo de inversión obras mecánicas*

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Uni. (USD)	Precio Total (USD)
Carguío y transporte de placas de acero, tuberías y accesorios	Ton	49	2.484	123.622
Descarguío y almacén de material	Ton	49	2.484	123.622
Soldadura de placas de acero (cuerpo, fondo y techo)	Global	2	15.070	30.140
Soldadura de tuberías	Global	200	40	80.000

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Uni. (USD)	Precio Total (USD)
Soldadura de perfil superior e inferior	Global	4	146	584
Descarguito y almacén de material	Ton	49	2.484	123.622
Soldadura de placas de acero (cuerpo, fondo y techo)	Global	2	15.070	30.140
Soldadura de tuberías	Global	200	40	80.000
Soldadura de perfil superior e inferior	Global	4	146	584
Soldadura y montaje de accesorios	Global	2	350	700
Tintas penetrantes	Global	2	2.340	4.680
Partículas magnéticas	Global	2	3.505	7.010
Prueba hidrostática	Global	2	4.780	9.560
Radiografías de juntas	Global	2	1.562	3.124
Sub Total Obras Mecánicas				311.043

Fuente: Extraído de Empresa IMECO SRL, 2020

La siguiente tabla nos muestra el costo total para realizar las obras mecánicas del tanque el monto aproximado a utilizar sería de 311.043 USD. Considerando el tipo de cambio oficial del dólar 6,96 bs por unidad de dólar, en Bolivia las obras Mecánicas tendrán un costo de 2.164.859,28 bs.

Tabla 16: Costo de inversión, provisión de materiales

ITEM	Unidad	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Placa de acero ASTM A283 (1,83m x 2,44 m x 8 mm)	Pieza	210	11	2.337
Fierro angular de acero ASTM A36 (50x50x5mm)	Pieza	150	26	3.933
Varilla/de anclaje de acero ASTM A36 (18 mm)	Pieza	18	88	1.601
Tubería ANC DN 4" SCH 40	Pieza	6	26	161
Accesorios (brida, espárragos, bulones, etc.)	Global	10	192	1.925
Válvula de tipo compuerta de 4" ANSI 150	Pieza	4	104	416
Válvula de tipo compuerta de 2" ANSI 150	Pieza	2	49	98
Empaquetadura dieléctrica de 4" y 2" ANSI 300	Pieza	6	3	18
Pintura blanca anticorrosiva	Litros	30	5	150
Cemento portlan ip-30	Sacos	150	7	1.198
Piedra y arena para base de cimiento	m3	200	115	23.000

Sub total Materiales	39.588
-----------------------------	---------------

Fuente: Estimación del precio de un tanque, Empresa IMECO SRL, 2020

La siguiente tabla nos muestra según la cotización por la empresa IMECO RSL el costo para los materiales sería 39.588 USD. Considerando el tipo de cambio oficial del dólar 6,96 bs por unidad de dólar, en Bolivia los materiales tendrán un costo de 275.532,48 bs.

Tabla 17: Costo de inversión, alquiler de equipos

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Uni. (USD)	Precio Total (USD)
Grúa	Global	2	480	960
Equipo topográfico	Día	40	32	1.311
Camioneta de transporte	Global	4	165	660
Camión tráiler	Global	2	266	532
Moto soldador	Global	3	875	2.626
Compactadora	Global	4	140	560
Herramientas menores (palas, picotas, carretillas, martillo, etc)	Global	1	209	209
Herramientas para soldadura (nivel, pinzas, lima, etc.	Global	1	328	328
Equipo de soldadura	Día	6	87	5.250
Equipo de radiografiado móvil	Global	1	402	402
Sub Total Equipos				13.895

Fuente: Estimación del precio de un tanque, Empresa IMECO SRL, 2020

Por ultimo tenemos la siguiente tabla la cual nos muestra el costo de alquiler de equipos que sería 13.895 USD. Considerando el tipo de cambio oficial del dólar 6,96 bs por unidad de dólar, en Bolivia la inversión en alquiler de equipos tendrán un costo de 96.709 bs. Por lo tanto la sumatoria de todos los ítems del proyecto de ampliación de la capacidad de almacenamiento en la ciudad de Tupiza tendría un costo de 581.128 USD y en bolivianos el precio total será de 4.044.650,88 bs.

CAPITULO III: CONCLUSIONES

- De acuerdo al marco contextual, se verifico que se encuentra con infraestructura adecuada e instalaciones adecuadas e instalaciones amplias con todos los sistemas de operación y seguridad para un funcionamiento normal de la planta, paralelamente también se ha identificado algunas deficiencias que afectan las operaciones como ser la carencia de bombas de despacho, necesidad de contómetros de recepción, limitada capacidad de almacenaje, y falta de un sistema de control- telemedición de nivel, presión y temperatura de tanque
- Conforme al análisis de mercado se ha proyectado la demanda de combustibles hasta año 2030, por tanto, para garantizar el periodo de seguridad energética de 30 días se determinó una capacidad de almacenaje requerida de 1.136,7 m³ para gasolina especial 1.618,8 m³ para diésel oíl, en consecuencia se obtuvo una capacidad faltante de la planta Tupiza de 676,6 m³ (2 tanque para GE) y 1.182,5 m³ (3 tanques para DO).
- Basándonos en el análisis de dimensionamiento de un tanque se consideró el volumen requerido para la ampliación y se realizó los cálculos para la obtención del diámetro nominal y su altura. Para el tanque de gasolina tenemos un diámetro nominal de 8,48 m y una altura de 6 m, mientras para el tanque de diésel se obtuvo un diámetro nominal de 8,90 m y una altura de 7.21m, se concluye la perfectibilidad de construcción de los mismos es positiva y conveniente para YPFB así poder sustentar la demanda de combustible y ampliar su autonomía.
- El costo aproximado por suministro y montaje de los tanques tiene un costo aproximado de 581.128 USD y en bolivianos el precio total será de 4.044.650,88 bs. por lo cual tomando que YPFB al ser una empresa estatal boliviana muy grande puede considerar realizar la propuesta y garantizar la seguridad e integridad del aspecto económico de tal manera que el funcionamiento de estos tanques pueda ser una fuente confiable de ingresos extra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Boliviana de Informacion. (2021, Marzo 31). *Agencia Boliviana de Informacion*. Obtenido de <https://www.abi.bo/index.php/sociedad2/34-notas/noticias/gobierno/4071-Planta-de-Senkata-incrementa-la-capacidad-de-almacenamiento-de-gasolina-y-di%C3%A9sel-o%C3%AD-con-cuatro-tanques-adicionales>
- Amariles, J. R. (2021). *Estudio de Factibilidad para el Aumento de la Capacidad de una Terminal de Almacenamiento de Hidrocarburos*. Bogota: Universidad Nacional Abierta y A Distancia – UNAD.
- ANH Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2021, Marzo 21). *Agencia Boliviana De Informacion*. Obtenido de <https://abi.bo/index.php/gobierno2/4071-Planta-de-Senkata-incrementa-la-capacidad-de-almacenamiento-de-gasolina-y-di%C3%A9sel-o%C3%AD-con-cuatro-tanques-adicionales>
- Cajas, C., & Muglisa, p. (2007, Julio). *BIB DIGITAL*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/461/1/CD-0851.pdf>
- Chabarría, V. (2020). Diseño de tanques de petróleo crudo para ampliar la capacidad de almacenaje de la estación terminal ARICA. En V. Chabarría, *Diseño de tanques de petróleo crudo para ampliar la capacidad de almacenaje de la estación terminal ARICA* (págs. 31-32). La Paz Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Decreto Supremo 24721. (1997, Julio 23). *Reglamento para Construcción y Operación de Estaciones de Servicio de Combustibles Líquidos*. Obtenido de <https://bolivia.infoleyes.com/norma/142/reglamento-para-construccion-y-operacion-de-estaciones-de-servicio-de-combustibles-liquidos-24721>
- Estrada, J. M. (2010). *Tanques de Almacenamiento*. Mexico: Inglesa.
- FREEPIK. (2020, abril). *Tanque de Almacenamiento con techo Flotante*. Obtenido de https://www.freepik.es/fotos-premium/industria-quimica-tanque-almacenamiento-combustible-techo-flotante_16049485.htm

- García, J. I. (2020). *Ampliación de la capacidad de almacenamiento de hidrocarburos en la planta San Fernando*. Bogotá: universidad piloto de Colombia facultad de ciencias sociales y empresariales.
- Información, A. B. (2022, Febrero 09). *Agencia Boliviana de Información*. Obtenido de <https://abi.bo/index.php/gobierno2/19378-oruro-amplia-su-capacidad-de-almacenaje-de-combustibles-con-una-inversion-de-bs-77-millones>
- La Razon. (2022, Diciembre 23). *La Razon*. Obtenido de <https://www.la-razon.com/economia/2022/12/23/el-gobierno-amplia-la-capacidad-de-almacenaje-en-la-planta-palmasola/#:~:text=20%3A08%20PM-,El%20Gobierno%20ampl%20C3%ADa%20la%20capacidad%20de%20almacenaje%20en%20la%20planta,de%20combustibles%20en%20Santa%20Cru>
- NyF SINERTECHS. (2020, mayo). *Tanques de Almacenamiento API 550*. Obtenido de <https://www.nyfdecolombia.com/tanques/tanques-de-combustibles>
- Opinion. (2018). *opinion.com.bo*, 1. Recuperado el octubre 09, 2019, de [opinion.com.bo/: https://www.opinion.com.bo/articulo/cochabamba/hallan-ventajas-nuevo-combustible-s-uacute-per-etanol-92/20180918004100626507.amp.html](https://www.opinion.com.bo/articulo/cochabamba/hallan-ventajas-nuevo-combustible-s-uacute-per-etanol-92/20180918004100626507.amp.html)
- PTDI. (2019). Zonas turísticas. En PTDI, *Plan Territorial de Desarrollo Integral GAM TUPIZA* (pág. 219). Tupiza: AA EC S.R.L.
- Raffino, M. E. (2013, Marzo 18). *Importancia del Combustible*. Obtenido de <https://www.importancia.org/combustible.php>
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F.: Mc Graw Hill.
- Stummo, A. E. (2008). *estudio de factibilidad del proyecto de ampliación de la planta de almacenamiento de combustible de la compañía colombiana de distribución y servicios CODIS S.A.* cartagena: Universidad tecnológica de Bolívar .

TecnoTanques. (2017, Agosto 16). *Tanques de almacenamiento para Gasolina o de Combustible Pemex*. Obtenido de <https://tecnotanques.com/tanques-de-almacenamiento-para-gasolina-o-combustible-pemex/>

Zambrano, V. (2016). Análisis para la reducción de vapores de combustibles generados en los diferentes procesos en el terminal Pascuales de EP PETROECUADOR. En V. Zambrano, *Análisis para la reducción de vapores de combustibles generados en los diferentes procesos en el terminal Pascuales de EP PETROECUADOR* (pág. 16). Ecuador: Universidad de Guayaquil.

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de aceros para tanques según API 650

Plate Specification	Grade	Nominal Plate Thickness t mm	Minimum Yield Strength Mpa	Minimum Tensile Strength Mpa	Product Design Stress S_d Mpa	Hydrostatic Test Stress S_t Mpa
ASTM Specifications						
A 283M	C		205	380	137	154
A 285M	C		205	380	137	154
A 131M	A, B		235	400	157	171
A 36M	—		250	400	160	171
A 131M	EH 36		360	490 ^a	196	210
A 573M	400		220	400	147	165
A 573M	450		240	450	160	180
A 573M	485		290	485 ^a	193	208
A 516M	380		205	380	137	154
A 516M	415		220	415	147	165
A 516M	450		240	450	160	180
A 516M	485		260	485	173	195
A 662M	B		275	450	180	193
A 662M	C		295	485 ^a	194	208
A 537M	1	$t \leq 65$	345	485 ^a	194	208
		$65 < t \leq 100$	310	450 ^b	180	193
A 537M	2	$t \leq 65$	415	550 ^a	220	236
		$65 < t \leq 100$	380	515 ^b	206	221
A 633M	C, D	$t \leq 65$	345	485 ^a	194	208
		$65 < t \leq 100$	315	450 ^b	180	193
A 678M	A		345	485 ^a	194	208
A 678M	B		415	550 ^a	220	236
A 737M	B		345	485 ^a	194	208
A 841M	Class 1		345	485 ^a	194	208
A 841M	Class 2		415	550 ^a	220	236
CSA Specifications						
G40.21M	260W		260	410	164	176
G40.21M	260 WT		260	410	164	176
G40.21M	300W		300	450	180	193
G40.21M	300WT		300	450	180	193
G40.21M	350W		350	450	180	193
G40.21M	350WT	$t \leq 65$	350	480 ^a	192	206
		$65 < t \leq 100$	320	480 ^a	192	206
National Standards						
			235	365	137	154
			250	400	157	171
			275	430	167	184
ISO Specifications						
ISO 630	E 355C, D	$t \leq 16$	275	410	164	176
		$16 < t \leq 40$	265	410	164	176
	E 355, D	$t \leq 16$	355	490 ^a	196	210
		$16 < t \leq 40$	345	490 ^a	196	210
		$40 < t \leq 50$	335	490 ^a	196	210
EN Specifications						
EN 10025	S 355J0, J2	$t \leq 16$	275	410	164	176
		$16 < t \leq 1^{1/2}$	265	410	164	176
	S355J0, J2, K2	$t \leq 16$	355	470 ^a	188	201
		$16 < t \leq 40$	345	470 ^a	188	201
		$40 < t \leq 50$	335	470 ^a	188	201

^aBy agreement between the Purchaser and the Manufacturer, the tensile strength of ASTM A 537M, Class 2, A 678M, Grade B, and A 841M, Class 2 materials may be increased to 585 MPa minimum and 690 MPa maximum. The tensile strength of the other listed materials may be increased to 515 MPa minimum and 620 MPa maximum. When this is done, the allowable stresses shall be determined as stated in 5.6.2.1 and 5.6.2.2.

^bBy agreement between the Purchaser and the Manufacturer, the tensile strength of ASTM A 537M, Class 2 materials may be increased to 550 MPa minimum and 690 MPa maximum. The tensile strength of the other listed materials may be increased to 485 MPa minimum and 620 MPa maximum. When this is done, the allowable stresses shall be determined as stated in 5.6.2.1 and 5.6.2.2.

Fuente: Extraído del libro (Amariles, 2021, pág. 85)

Anexo 2: Capacidad de tanques operativos por unidad de negocio y total.

Area/Localidad	Unidad de Negocio				Total Tanques en Operación	
	Almacenaje		Transporte		Cant. Tanques	Capacidad Neta (m3)
	Cant. Tanques	Capacidad Neta (m3)	Cant. Tanques	Capacidad Neta (m3)		
Centro	20	26,594	15	9,969	35	36,563
Cochabamba	6	19,288	7	5,222	13	24,510
Puerto Villarroel	2	919	8	4,747	10	5,666
Reiberalta	5	2,537			5	2,537
Trinidad	7	3,851			7	3,851
Occidente	17	19,531	18	15,370	35	34,901
Oruro	5	6,888	7	1,834	12	8,722
Sayari			2	390	2	390
Senkata	12	12,644	9	13,146	21	25,790
Oriente	16	15,265	15	24,481	31	39,746
Camiri	4	1,701	8	7,109	12	8,810
S. J. de Chiquitos	3	1,685			3	1,685
Santa Cruz	9	11,880	5	16,992	14	28,871
Cabezas			1	310	1	310
Tatarenda			1	71	1	71
Sur	12	7,106	20	7,883	32	14,989
Monteagudo	2	314	1	295	3	608
Potosí	4	2,644	7	3,493	11	6,136
Sucre	2	2,822	7	3,442	9	6,264
Uyuni	4	1,326			4	1,326
El Rosal			1	267	1	267
Tarabuquillo			1	223	1	223
Tapirani			1	20	1	20
Mariaca			2	145	2	145
Tarija	14	5,999	16	4,951	30	10,950
Tarija	8	2,309	8	1,865	16	4,175
Tupiza	3	1,335			3	1,335
Villamontes	3	2,355	8	3,085	11	5,441
Total General	79	74,496	84	62,654	163	137,150

Fuente: Extraído de YPFB Logística, 2023.

Anexo 3: Area disponible para la construccion de los tanques de almacenamiento.



Fuente: Extraído de la aplicación Google Earth. de la planta de Tupiza

Anexo 4: Manifold de despacho en la plataforma de carguío



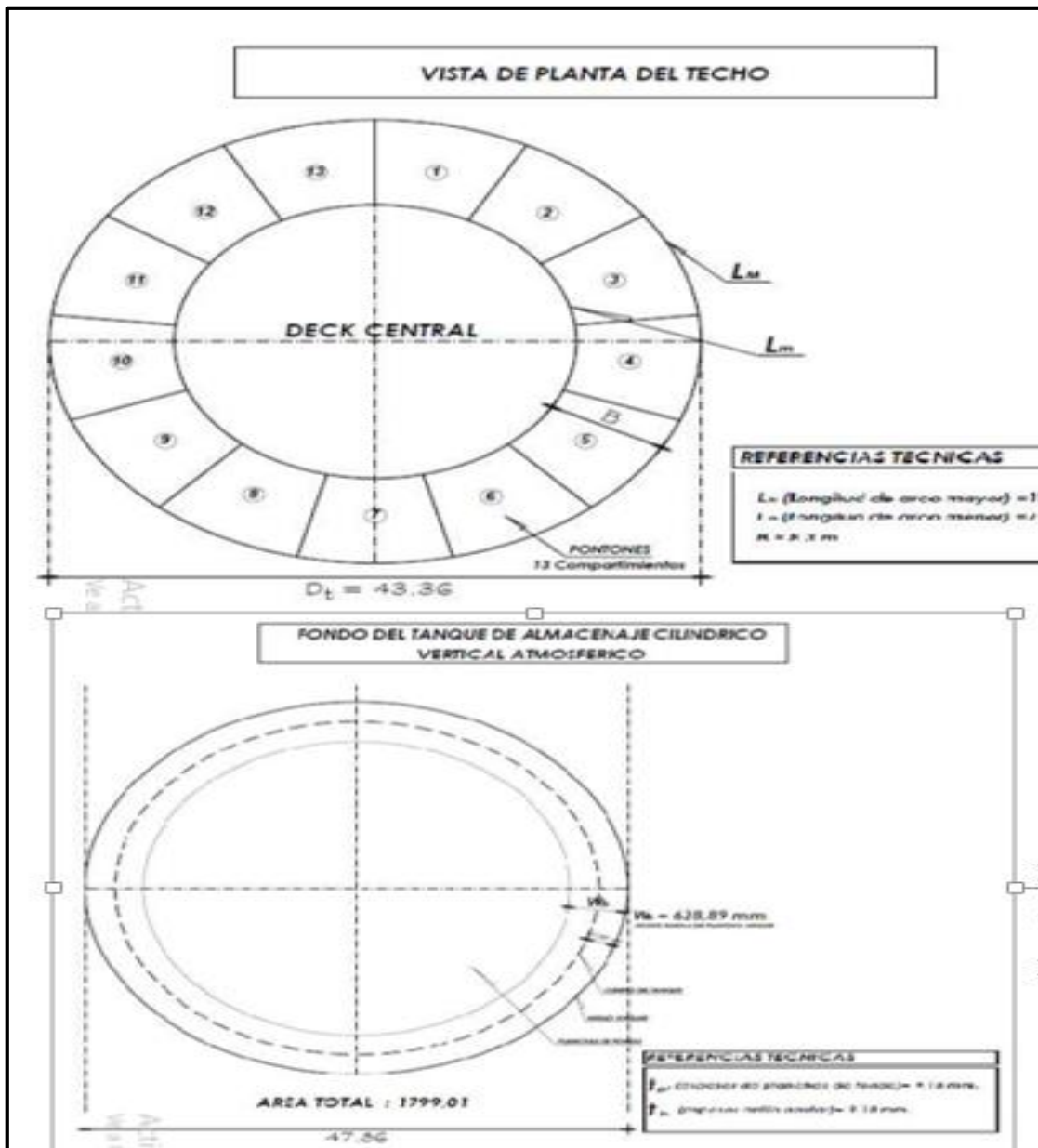
Fuente: extraído de YPFB Logística, 2023.

Anexo 5: Árbol de válvulas en el sistema de recepción.



Fuente: Extraído de YPFB Logística, 2023.

Anexo 6: Dibujos del diseño de un tanque de almacenamiento techo flotante.



Fuente: Extraído de (Chabarria, 2020, págs. 168-170)

Anexo 7: Materiales a utilizar para la construcción.

A. LISTA DE MATERIALES.				
No	Descripción	Parte	Material	Cantidad
1	PLACA 10'x 12'x 6/16"	CUERPO	SA-285-C	18
2	PLACA 10'x 11.10'x 6/16"	CUERPO	SA-285-C	1
3	PLACA 10'x 12'x 5/16"	CUERPO	SA-285-C	18
4	PLACA 10'x 11.10'x 5/16"	CUERPO	SA-285-C	1
5	PLACA 10'x 12'x 1/4"	CUERPO	SA-285-C	18
6	PLACA 10'x 11.10'x 1/4"	CUERPO	SA-285-C	1
7	PLACA 10'x 12'x 3/16"	FONDO	SA-285-C	32
8	PLACA 10'x 12'x 1/2"	TECHO	SA-285-C	35
9	BRIDA Ø24" Nom.-150#R.F.S.O	CUERPO	SA-181-I	1
10	TUBO Ø 24" Nom.Ced.40	CUERPO	SA-53-B	1
11	BRIDA Ø24" Nom.-150#R.F.S.O	TECHO	SA-181-I	1
12	TUBO Ø24" Nom.Ced.40	TECHO	SA-53-B	1
13	BRIDA Ø4" Nom.-150#R.F.S.O	CUERPO	SA-285-C	1
14	TUBO Ø4" Nom.Ced.40	CUERPO	SA-53-B	1
15	BRIDA Ø4" Nom.-150#R.F.S.O	CUERPO	SA-285-C	1
16	TUBO Ø4" Nom.Ced.40	CUERPO	SA-53-B	1
17	BRIDA Ø3" Nom.-150#R.F.S.O	CUERPO	SA-285-C	1
18	TUBO Ø3"Nom.Ced.40	CUERPO	SA-53-B	1
19	TUBO Ø6"Nom.Ced.40	TECHO	SA-53-B	1
20	CODO Ø6"Nom.Ced.40	BOQUILLA N-6	SA-53-B	2
21	BRIDA Ø4"Nom.-150#R.F.S.O	CUERPO	SA-285-C	1
22	TUBO Ø4"Nom.Ced.40	CUERPO	SA-53-B	1
23	PLACA ¾" x 6" x 18"	PLACA CHOQUE (N-3)	SA-285-C	1
24	REDONDO Ø3/16" x 2" x 1/16"	PLACA CHOQUE (N-3)	SA-36	4
25	VARILLA Ø1/4"	DIQUE	SA-36	6
26	VARILLA Ø1/4"	DIQUE	SA-36	3
27	ANGULO 4" x 4" x 5/8"	TECHO	SA-36	4200
28	COLUMNA IR 102 x 12" lb/ft	TECHO	SA-36	12
29	VIGAS IR 102" x 12" lb/ft	TECHO	SA-36	5
30	LARGER INT. C 152 x 15.63 kg/m	TECHO	SA-36	20
31	LARGER EXT. C 152 x 15.63 kg/m	TECHO	SA-36	40
32	PLACA UNION PL 10.6" x 5.11" x ¼"	LARGUERO EXT.	SA-36	40
33	PLACA BASE PL 30.39" x 30.39" x ¼"	COLUMNA	SA-36	6
34	PLACA BASE C 254 x 29.59 kg/m	COLUMNA	SA-36	18
35	PLACA SOPORTE PL 13.8" x 10.6" x ¼"	COLUMNA CENTRAL	SA-36	1
36	PLACA SOPORTE PL 9.84" x ¼"	COLUMNA CENTRAL	SA-36	1
37	PLACA SOPORTE PL 110.4" x 12" x ¼"	COLUMNA LATERAL	SA-36	5
38	CARTABON PL 1.77" x 7.87" X 7/16"	COLUMNA	SA-285-C	36

Fuente: Extraído del libro (Amariles, 2021, pág. 88)

Anexo 8: Espesores para anillo de tanques según norma API 650

Table 5-1a—(SI) Annular Bottom-Plate Thicknesses (t_b)

Plate Thickness ^a of First Shell Course (mm)	Stress ^b in First Shell Course (MPa)			
	≤ 190	≤ 210	≤ 220	≤ 250
$t \leq 19$	6	6	7	9
$19 < t \leq 25$	6	7	10	11
$25 < t \leq 32$	6	9	12	14
$32 < t \leq 40$	8	11	14	17
$40 < t \leq 45$	9	13	16	19

^aPlate thickness refers to the corroded shell plate thickness for product design and nominal thickness for hydrostatic test design.
^bThe stress to be used is the maximum stress in the first shell course (greater of product or hydrostatic test stress). The stress may be determined using the required thickness divided by the thickness from "a" then multiplied by the applicable allowable stress:
 Product Stress = $(t_d - CA / \text{corroded } t) (S_d)$
 Hydrostatic Test Stress = $(t_t / \text{nominal } t) (S_t)$

Note: The thicknesses specified in the table, as well as the width specified in 5.5.2, are based on the foundation providing uniform support under the full width of the annular plate. Unless the foundation is properly compacted, particularly at the inside of a concrete ringwall, settlement will produce additional stresses in the annular plate.

Fuente: Extraído del libro (Amariles, 2021, pág. 88)

Anexo 9: Estándares para fondo plano

Tabla 1.1	A.P.I. 650			A.P.I. 620			A.N.S.I.	AWWA
	Básico	Apéndice A	Apéndice F	Básico	Apéndice R	Apéndice Q	B96.1	
Presión Interna Máxima	Atm.	Atm.	0.17 Kg/cm ²	1 Kg/cm ²	1 Kg/cm ²	1 Kg/cm ²	Atm.	Atm.
Temperatura Mínima	NS	(-)28.8°C	NS	(-)45.5°C	(-)54.4°C	(-)167°C	(-)28.8°C	(-)48.3°C
Temperatura Máxima	93.3°C	93.3°C	93.3°C	93.3°C	(-)40°C	93.3°C	204°C	RT
Espesor Máximo del Cuerpo	44.4 cm.	12.7 cm.	44.4 mm.	NS	NS	NS	NS	50.8 mm.
Espesor Mínimo del Cuerpo								
D < 15.2 m.	4.76 mm.			4.76 mm.			4.76 mm.	
15.2 m. < D < 36.5 m.	6.35 mm.			6.35 mm.			6.36 mm.	
36.5 m. < D < 60.9 m.	7.93 mm.			7.93 mm.			7.93 mm.	
D > 60.9 m.	9.52 mm.			9.52 mm.			9.52 mm.	
Espesor Mínimo del Techo	4.76 mm.			NS			4.76 mm.	4.76 mm.
Espesor Máximo del Techo	6.35 mm. + CA			NS			6.35 mm.	NS
Ángulo Mínimo de Coronamiento								
D < 10.6 m.	50.8 mm. x 50.8 mm. x 4.76 mm.			NS			63.5 mm. x 63.5 mm. x 6.35 mm.	
10.6 m. < D < 18.2 m.	50.8 mm. x 50.8 mm. x 6.35 mm.			NS			63.5 mm. x 63.5 mm. x 7.93 mm.	
D > 18.2 m.	76.2 mm. x 76.2 mm. x 9.52 mm.			NS			76.2 mm. x 76.2 mm. x 9.52 mm.	

NS = Sin Especificación CA = Corrosión Permisible RT = Temperatura Ambiente

Fuente: Extraído del libro (Estrada, 2010, pág. 10)