

**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 DE LA VIDA ÚTIL Y LAS MEDIDAS DE MANTENIMIENTO PARA LOS
TANQUES DE ALMACENAMIENTO EN LA ESTACIÓN DE SERVICIO EL TEJAR**

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

EDWIN QUISPE MIRANDA

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.

Edwin Quispe Miranda

Sucre, 07 diciembre de 2023

DEDICATORIA

Dedico esta monografía, en primer lugar, a Dios, quien me ha dado la sabiduría, la fortaleza y la guía necesaria para completar este proyecto. Agradezco su constante presencia en mi vida y por ser mi fuente de inspiración y protección.

A mi familia, quiero expresar mi profundo agradecimiento por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor motivación en cada paso que doy.

A mi universidad, agradezco por brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos, crecer como persona y desarrollar mis habilidades.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fuerza, la inspiración y la guía necesaria para llevar a cabo este proyecto. Su presencia en mi vida ha sido fundamental y me ha dado la confianza para superar todos los desafíos que se presentaron en el camino.

A mi familia, les agradezco de corazón por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor fuente de motivación. Gracias por estar siempre a mi lado, por comprender mis momentos de dedicación y por celebrar mis logros. Su aliento y confianza en mí han sido fundamentales para alcanzar este objetivo.

Agradezco a mi UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA por brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos, desarrollar habilidades y crecer como persona.

RESUMEN

El presente trabajo de monografía “Estudio de la vida útil y propuesta de medida de mantenimiento para los tanques de almacenamiento en la Estación De Servicio El Tejar” tiene como finalidad un análisis de descripción de los tipos de tanques subterráneos y características, diagnóstico actual al contorno de estudio, evaluación de la vida útil de tanques, tarea indispensable, ya que no solo ayuda a prevenir posibles fugas, sino que también contribuye a la optimización de la vida útil y la seguridad de los tanques, realizando el estudio a ecuaciones analíticas, procedimientos de limpieza, pruebas, caducidad de combustibles, descripción de mantenimiento, reparación y sustitución de tanques y estimación de costos.

El estudio surge debido a la mala interpretación que se tiene sobre la importancia de las estaciones de servicio, ya que los mantenimientos, reparaciones identifican posibles riesgos a los usuarios y personal de trabajo y de esta manera optimizar la seguridad

Mantener una estación de servicio en excelentes condiciones no solo es una necesidad operativa, sino un compromiso con la sociedad y el entorno en el que operamos, con una estrategia de mantenimiento sólida y un enfoque en la mejora continua se puede garantizar que estas instalaciones siguen siendo puntos de apoyo y confiables. El trabajo de investigación está distribuido de la siguiente manera:

Capítulo I se encuentran todas las generalidades respecto al tema de investigación, como ser antecedentes, planteamiento del problema, objetivos, justificaciones y metodología de investigación.

Capitulo II se localiza el marco teórico de la presente monografía, detallando la clasificación de combustibles, tanques de almacenamiento en estaciones de servicio, importancia y los tipos de tanques, posteriormente en el marco contextual se halla los objetivos propuestos.

Capitulo III se ubica las conclusiones de la investigación, posteriormente las referencias bibliográficas y por último los anexos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	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.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1 Justificación Practica.....	3
1.3.2 Justificación Teórica	4
1.4 METODOLOGÍA	4
1.4.1 Técnicas de Investigación	5
1.4.2 Instrumentos de Investigación.....	5
CAPÍTULO II: DESARROLLO	6
2.1 MARCO TEÓRICO (CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL)	6

2.1.1 Marco Conceptual	6
2.1.1.1 Clasificación de combustibles	6
2.1.1.1.1 Combustibles líquidos	6
2.1.1.1.2 Combustibles gaseosos.....	8
2.1.1.2 Tanques de almacenamiento en estaciones de servicios de combustibles.....	9
2.1.1.2.1 Tipos de tanques de almacenamiento en estaciones de servicios.....	10
2.1.1.3 Importancia de la instalación de tanques de almacenamiento en estaciones de servicios de combustibles	12
2.1.2 Marco Contextual.....	13
2.1.2.1 Diagnostico al estado actual de los tanques de almacenamiento en la Estación De Servicio El Tejar, mediante inspecciones visuales.	13
2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS.....	18
2.2.1 Información General de la Estación de Servicio El Tejar	18
2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	24
2.3.1 Vida Útil de Tanques Subterráneos de Almacenamiento de Combustibles	24
2.3.1.1 Cálculo matemático para determinar la vida útil de tanques subterráneos de almacenamiento de combustibles	26
2.3.1.2 Limpieza en tanques subterráneos.....	27
2.3.1.3 Pruebas de purga en tanques subterráneos	28
2.3.1.4 Caducidad de la gasolina.....	29
2.3.1.5 Caducidad del diésel.....	30
2.3.2 Establecer Lineamientos Para el Mantenimiento Reparación o Sustitución de los Tanques de Almacenamiento de la Estación De Servicio El Tejar	31

2.3.2.1 Plan de mantenimiento en estaciones de servicios	31
2.3.2.2 Criterios para la reparación de tanques subterráneos	34
2.3.2.2.1 Proceso de soldadura para la reparación de tanques	34
2.3.2.2.2 Aplicación de revestimiento para la reparación de tanques	35
2.3.2.3 Criterios para la sustitución de tanques subterráneos.....	38
2.3.2.3.1 Diseño de tanques para estaciones de servicio.....	38
2.3.2.4 Análisis a la Estación De Servicio El Tejar	43
2.3.3 Análisis de Presupuestos de Costos Para la Inversión de Tanques Subterráneos	44
CAPÍTULO III: CONCLUSIONES.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	<i>Combustible líquido “gasolina”.</i>	7
Figura 2:	<i>Combustible gaseoso planta embotelladora ciudad de Sucre.</i>	8
Figura 3:	<i>Tanque de almacenamiento para estaciones de servicio.</i>	9
Figura 4:	<i>Tipos de tanques según el producto almacenado.</i>	11
Figura 5:	<i>Características de instalación de los tanques de combustibles.</i>	12
Figura 6:	<i>Ubicación de la Estación De Servicio El Tejar.</i>	13
Figura 7:	<i>Vista de la estación de servicio de combustible El Tejar.</i>	15
Figura 8:	<i>Vista de estación de servicio el tejar</i>	20
Figura 9:	<i>Precios Nacionales de combustibles ANH.</i>	23
Figura 10:	<i>Inspección de vida útil de tanque subterráneo Estación El Tejar.</i>	25
Figura 11:	<i>Limpieza en tanques subterráneos de combustibles líquidos.</i>	28
Figura 12:	<i>Sistema de purga en la estación la Estación De Servicio El Tejar.</i>	29
Figura 13:	<i>Uso de la gasolina en automotores.</i>	30
Figura 14:	<i>Uso del diésel en automotores.</i>	31
Figura 15:	<i>Mantenimiento a estaciones de servicios.</i>	33
Figura 16:	<i>Proceso de soldadura en tanques.</i>	34
Figura 17:	<i>Aplicación de revestimiento en reparación de tanques.</i>	37
Figura 18:	<i>Mangueras surtidoras.</i>	40
Figura 19:	<i>Construcción del cuerpo del cilindro del tanque.</i>	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	<i>Productos disponibles en Estación De Servicio El Tejar.</i>	14
Tabla 2:	<i>Condiciones actuales – volumen, tanque de Diesel Oil.</i>	16
Tabla 3:	<i>Condiciones actuales – longitud, diámetro, del tanque de Diesel Oil.</i>	16
Tabla 4:	<i>Condiciones actuales del tanque de Gasolina Especial.</i>	17
Tabla 5:	<i>Condiciones actuales – longitud, diámetro del tanque de Gasolina especial.</i>	17
Tabla 6:	<i>Información y datos obtenidos De La Estación De Servicio El Tejar.</i>	18
Tabla 7:	<i>Características técnicas de la gasolina especial.</i>	20
Tabla 8:	<i>Características técnicas de la gasolina especial.</i>	22
Tabla 9:	<i>Precio de combustibles en Bolivia.</i>	23
Tabla 10:	<i>Intervalo de vida útil de tanques subterráneos.</i>	25
Tabla 11:	<i>Análisis a la Estación De Servicio El Tejar.</i>	44
Tabla 12:	<i>Estimación de costos en construcción de tanques.</i>	46

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Los tanques de almacenamiento en las estaciones de servicio son una parte integral de la infraestructura de la industria petrolera, desempeñando un papel crucial en la distribución y suministro de combustibles. Estos tanques, que se instalan bajo tierra, resguardan los productos petrolíferos antes de su venta al público. Su mantenimiento y estado son de vital importancia para garantizar la seguridad y la continuidad operativa de las estaciones de servicio.

Existen estudios y proyectos que han abordado en base a los tanques. Por ejemplo, un estudio realizado en el grifo “San Juan”-Lambayeque propuso el diseño de un sistema de protección catódica por corriente impresa para incrementar la vida útil de los tanques estacionarios de almacenamiento. Actualmente se concluye que los tanques presentan el fenómeno de corrosión, en diversas zonas de la superficie externa, determinando el total de masa promedio perdida y su porcentaje se obtuvo 225,1683 kg que equivale 45,74% de la masa total de los tanques. Se sugiere el uso del sistema de protección catódica por corriente impresa para redes de tuberías. (Celada Bustamante, 2020)

La estación de servicio “El tejar” nace como un negocio público, desde el año 1998, poniendo en marcha la gasolinera buscando una manera de introducirse en el negocio de servicio y distribución de combustibles derivados del petróleo, con la estrategia competitiva de ofrecer mercado interno, atención personalizada e instalaciones adecuadas para el servicio proporcionado al cliente.

Es importante notar que la industria a nivel mundial, hoy en día exige alta calidad, seguridad y cuidado ambiental, por lo que las empresas deben mejorar sus sistemas de gestión de las mismas, debido a lo cual nace la necesidad de realizar el estudio a la presente investigación.

1.1.1 Planteamiento del Problema

La Estación de Servicio El Tejar cuenta con tanques de almacenamiento que son fundamentales para el almacenamiento y dispensación segura y eficiente de combustibles. Sin embargo, a lo largo del tiempo, estos tanques están expuestos a diversos factores que pueden afectar su vida útil y su estado general. La falta de un análisis periódico y exhaustivo de la vida útil y el estado de los tanques de almacenamiento en la Estación De Servicio El Tejar plantea un problema significativo, ya que podría generar riesgos potenciales para la seguridad de las personas, el medio ambiente y la infraestructura del establecimiento.

El problema radica en la falta de información actualizada y precisa sobre la condición de los tanques de almacenamiento en la Estación De Servicio El Tejar. La ausencia de un análisis sistemático impide identificar posibles problemas, como la corrosión, fugas u otros daños, que puedan comprometer la integridad de los tanques y generar consecuencias adversas. Además, la falta de un enfoque preventivo y de mantenimiento adecuado puede llevar a un deterioro acelerado de los tanques, lo que aumenta el riesgo de incidentes, como derrames de combustible o impactos negativos en el entorno circundante.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Realizar un estudio de la vida útil y las medidas de mantenimiento para los tanques de almacenamiento en la Estación De Servicio El Tejar.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del estado actual de los tanques de almacenamiento en la Estación De Servicio El Tejar, mediante inspecciones visuales.

- Determinar en base a datos recopilados la vida útil de tanques subterráneos de almacenamiento de combustibles.
- Establecer lineamientos para el mantenimiento, reparación o sustitución de los tanques de almacenamiento de la Estación De Servicio El Tejar.
- Análisis de presupuestos de costos para la inversión de tanques subterráneos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En este apartado, se exponen las razones por las cuales elige un determinado tema como investigación. Por lo cual, se debe interrogar sobre el tema seleccionado que le interese y que merezca investigarse. (Maya, 2018)

Las justificaciones que se ajustan al trabajo que se va desarrollar son: justificación práctica (técnico, económico, social y ambiental) y justificación teórica (conceptos, modelos y otros)

1.3.1 Justificación Práctica

El presente trabajo se justifica de manera técnica de la siguiente manera: análisis de la vida útil, medidas de mantenimiento en tanques de almacenamiento de combustibles y diagnóstico del estado actual de la Estación De Servicio El Tejar, es fundamental profundizar conocimientos técnicos para así garantizar la seguridad, eficiencia y cumplimiento normativo en la operación del establecimiento. Estos tanques son componentes críticos que almacenan y dispensan combustibles, por lo que su integridad es crucial para prevenir fugas y riesgos ambientales. El análisis proporcionará información precisa para tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y gestión de tanques, optimizando recursos y cumpliendo con las regulaciones vigentes, también se detalla estimación general de costos con el objeto de estimar montos económicos globales.

Con la presente investigación se obtendrá mayores beneficios para el desarrollo y crecimiento económico, ante la notable demanda de combustibles que presenta la población de Sucre, con la venta directa de combustible a los usuarios de: parque automotor, industrial , comercial, escolar, ejecutivo, empresarial, etc., surge la necesidad de desarrollar el “Estudio de la vida útil y propuesta de medidas de mantenimiento para tanques de almacenamiento en la Estación De Servicio El Tejar” investigación que reduce gastos de mantenimiento, análisis de reparación o sustitución de tanques subterráneos ya que se requiere brindar mayor seguridad y calidad al usuario.

Además, servirá como un caso relevante para la comunidad académica y profesional, aportando conocimientos valiosos sobre las mejores prácticas en el análisis de tanques de almacenamiento en estaciones de servicio. En resumen, este estudio contribuirá a la seguridad, reputación y buen funcionamiento de la Estación de Servicio El Tejar, así como al conocimiento general del tema en el ámbito académico y profesional.

1.3.2 Justificación Teórica

La investigación propuesta se basa a los conocimientos alcanzados en la Universidad San Francisco Xavier De Chuquisaca, facultad de Tecnología, en función a las materias de especialidad que son: almacenamiento de transporte y distribución de los hidrocarburos, gestión ambiental de hidrocarburos, seguridad industrial y metodología de investigación, el presente documento se realiza para poder profundizar los conocimientos en las materias mencionadas y de esta manera formar parte de un trabajo específico en estaciones de servicio de combustibles.

1.4 METODOLOGÍA

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

1.4.1 Técnicas de Investigación

Se hará el uso del método bibliográfico ya que consiste en búsqueda, recopilación, organización, valoración, crítica e información de datos bibliográficos, aplicando principalmente la búsqueda detalla en tanques subterráneos de combustibles líquidos.

Se va realizar la recopilación de información necesaria sobre el estudio de la vida útil y medidas de mantenimientos para tanques de almacenamiento en estaciones de servicio, el método a utilizar es descriptivo porque describe de manera detallada y completa. La información es obtenida de las empresas estatales de nuestro país como ser: agencia nacional de hidrocarburos (ANH), yacimientos petrolíferos fiscales bolivianos (YPFB) y el instituto boliviano de metrología (IBMETRO).

Finalmente se va realizar el uso del método analítico que consiste en descomponer en partes y elementos las causas y efectos al análisis al tema de estudio, es muy importante contar con personal técnico calificado de las empresas que se dedican a la supervisión de mantenimiento en tanques subterráneos, el ente principal de inspección es la ANH y IBMETRO.

1.4.2 Instrumentos de Investigación

Los instrumentos que se va utilizar para recopilar información son las siguientes: Entrevistas, será una herramienta fundamental ya que la información es recolectada mediante un intercambio verbal que se tendrá con personal técnico.

Se va emplear la observación directa, que consiste en el estudio dentro de una situación particular, quiere decir que estará presente el investigador en el campo de estudio, recopilando fotos, documentos, planillas, trabajos de campo, inspecciones, planos, etc.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO (CONCEPTUAL Y CONTEXTUAL)

2.1.1 Marco Conceptual

Está determinado por las características y necesidades de la investigación. Lo constituye la presentación de postulados según autores e investigadores que hacen referencia, es una descripción detallada de cada uno de los elementos de la teoría. (Rivera Garcia , pág. 2)

2.1.1.1 Clasificación de combustibles

El combustible es cualquier material capaz de liberar energía cuando se quema y luego cambiar o transformar su estructura química. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable. En general se trata de sustancias susceptibles de quemarse. La principal característica de un combustible es su poder calorífico, es el calor desprendido por la combustión completa de una unidad de masa de combustible. (Lopez Miranda, 2011, pág. 37)

Según la norma UNE 23010 se clasifican en:

- Tipo A: materiales sólidos y generalmente de naturaleza orgánica donde la combustión se realiza normalmente con formación de brasas (madera, tejidos, etc)
- Tipo B: combustibles líquidos o sólidos licuables (gasolina, grasas, etc)
- Tipo C: combustible gaseoso. Por ejemplo, butano y gas natural. (Esparza, pág. 3)

2.1.1.1.1 Combustibles líquidos

El combustible líquido proviene principalmente de la destilación y el craqueo del petróleo, un proceso químico que produce una mayor proporción de productos livianos que se pueden mezclar con el combustible. Todo a temperatura ambiente está en estado líquido. Este combustible tiene una propiedad, 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, puesto que puede arder más fácilmente y por eso deben estar mantenidos con extremo cuidado. Además, como todos los líquidos, tiene una temperatura de fusión y una de evaporación. (Rios, 2021)

Ejemplos de combustibles líquidos:

- Gasolina: mezcla de hidrocarburos ligeros, volátil, inflamable, de olor característico, se utiliza como combustible en motores de combustión interna y tiene aplicaciones industriales como desengrasante, disolvente y materia prima de síntesis. Se obtiene por destilación del petróleo, por hidrogenación de carbón o dióxido de carbono. La fórmula química es C_nH_{2n+2} .

Figura 1: Combustible líquido “gasolina”.



Fuente: Extraído inspección de combustibles de Agencia Nacional de Hidrocarburos.

- Diésel: combustible de hidrocarburos cuya composición es variable, la calidad común contiene menos de 1% de azufre. Por lo tanto, se considera menos contaminante que la gasolina. Utilizada en motores de combustión interna, su método de ignición es por compresión. Este es de uso común en camiones y buses. (Lopez Miranda, 2011, págs. 40-41)

- Queroseno: líquido transparente, insoluble en agua, obtenido por destilación del petróleo. De densidad intermedia entre la gasolina y el diésel, se utiliza como combustible en los motores a reacción y de turbina de gas. Se utiliza también como disolvente y para calefacción doméstica.(Lopez Miranda, 2011, págs. 40-41)

2.1.1.1.2 Combustibles gaseosos

También se les llama hidrocarburos naturales. En este caso la mezcla que se realiza con la sustancia que provoca la combustión es bastante sencilla y el proceso relativamente rápido. Los gases también cuentan con una temperatura de ignición además de ciertos límites para su inflamabilidad.

- Gas natural: es un gas extraído de yacimientos subterráneos. Tiene dos variantes el gas natural licuado (GNL) y el gas natural comprimido (GNC). Ambos son tipos de energías limpias y ecológicas.

Figura 2: *Combustible gaseoso planta engarrafadora ciudad de Sucre.*



Fuente: Extraído inspección de combustibles de Agencia Nacional de Hidrocarburos.

- Gas licuado de petróleo: el gas licuado de petróleo (GLP) también lo conocemos como autogas. Se compone de propano y butano y como todo tienen sus ventajas y desventajas. El GLP es un combustible cuyo proceso de quemado es limpio y causa menor emisión gaseosa que

cualquier otro combustible derivado del petróleo. Su impacto en el medio ambiente es significativamente menor en comparación con cualquier otro combustible líquido y/o sólido.(Rios, 2021)

2.1.1.2 Tanques de almacenamiento en estaciones de servicios de combustibles

Los tanques subterráneos son lugares de almacenamiento de diversidad de combustibles que suelen estar bajo suelo en las estaciones de servicio, estos suelen implementarse cuando la cantidad de combustible que se desea almacenar es superior a los niveles convencionales.

La capacidad de almacenamiento es superior a los 1000 galones, es decir, se habla de un almacenamiento a nivel macro. Es fundamental que a la hora de instalar estos tanques se cuente con un sistema de monitoreo para detectar a tiempo cualquier tipo de fuga.

A la hora de construir tanques subterráneos para el almacenamiento de combustibles, suele optarse por el uso del acero como material base, debido al hecho de que este material es mucho más resistente a cualquier tipo de proceso corrosivo o de desgaste que se lleve a cabo con el paso del tiempo, es importante recordar que no se trata de cualquier líquido el que será almacenado, se trata de un material de alto riesgo, por lo tanto el material implementado debe ser ante todo, altamente resistente. (Serprogas, 2019)

Figura 3: *Tanque de almacenamiento para estaciones de servicio.*



Fuente: Extraído de Serprogas, agosto 2019.

El almacenamiento de combustible en tanques subterráneos es una práctica común porque, entre otras razones, reduce el riesgo de incendio, mantiene el combustible a una temperatura constante y es una solución de almacenamiento de larga duración. Sin embargo, también conlleva riesgos, como posibles fugas y contaminación del suelo y del agua subterránea. (Serprogas, 2019)

2.1.1.2.1 Tipos de tanques de almacenamiento en estaciones de servicios

Los tanques de almacenamiento pueden clasificarse de diversas maneras: por su forma, por el producto que contienen, por el material con el que se construyen, por la función que realizan, a continuación, se describe la clasificación de los tanques según los tipos que engloba en función al producto de almacenamiento.

- De pared simple: es menos resistente a los procesos corrosivos que los tanques de doble pared, esto debido a que como su nombre lo indica está elaborado con una sola capa de acero protectora, lo que hace que la duración de este sea menor, además de que estos tipos de tanques son más propensos a fugas de combustible, el punto a favor de estos tanques es que son más económicos y pueden ser trasladados con mayor facilidad.

- De doble pared: podría hablarse de estos como los de mayor aplicación a la hora de almacenar grandes cantidades de combustibles, debido a la resistencia que presentan a los altos niveles de corrosión que en estos tanques pueden desarrollarse, de allí el hecho de que sean considerados más factibles y seguros. Pero a pesar de su resistencia estos tanques presentan el inconveniente de ser muy pesados, lo que dificulta en gran medida el proceso de traslado de los mismos.

A la hora de construir tanques de almacenamiento de combustibles, suele optarse por el uso del acero como material base, debido al hecho de que este material es mucho más resistente a cualquier tipo de proceso corrosivo o de desgaste que se lleve a cabo con el paso del tiempo.

- Fibra de vidrio: la fibra de vidrio resulta altamente resistente, ayudando a los tanques de almacenamiento a ser incombustibles y no absorbentes. Incluso les proporciona las características necesarias para repeler roedores e insectos y evitar la aparición de hongos. (Serprogas, 2019)

Figura 4: *Tipos de tanques según el producto almacenado.*



Fuente: Extraído de inspección de Yacimientos Petrolíferos Fiscales YPFB.

- Acero inoxidable: los tanques de acero inoxidable (aleación de hierro, carbono y cromo) son normalmente tanques cilíndricos y ofrecen gran adaptabilidad a las industrias. Son altamente resistentes a la oxidación y corrosión y pueden soportar tanto las bajas como las altas temperaturas. Además, son fáciles de limpiar.

- Acero al carbono: son tanques fabricados en base a una aleación de diversos elementos (carbono, silicio, manganeso y cobre). Pero es el carbón el que principalmente define sus características mecánicas, a mayor porcentaje de carbón mayor será la resistencia y dureza, aunque disminuye la solubilidad y la ductilidad.

Los tanques de acero inoxidable y carbono son mucho más resistentes que los de hormigón o fibra. Pueden soportar altas presiones y temperaturas sin sufrir deformaciones, grietas o daños estructurales. Además, tienen una vida útil más larga, no se corroen ni se oxidan, lo que reduce los costos de mantenimiento y prolonga la vida útil del tanque. (Alvinox, 2023)

2.1.1.3 Importancia de la instalación de tanques de almacenamiento en estaciones de servicios de combustibles

Es importante recordar que no se trata de cualquier líquido el que será almacenado, se trata de un material de alto riesgo, por lo tanto, el material implementado debe ser, ante todo, altamente resistente. Sin embargo, son muchos los materiales que pueden ser usados.

Como su nombre lo indica estos tanques son de instalación subterránea, generalmente pueden ubicarse debajo del suelo de las gasolineras. Sin embargo, antes de instalarse es necesario determinar qué tan apto es el terreno y qué tipo de inconvenientes o riesgos puede generar la instalación de estos tanques en dicho lugar.

Figura 5: *Características de instalación de los tanques de combustibles.*



Fuente: Extraído de servicio y mantenimiento de gasolina de gasoil.

La instalación de tanques de almacenamiento en estaciones de servicios de combustibles es esencial para garantizar un almacenamiento seguro, un suministro constante, una logística eficiente, el cumplimiento normativo y el control de calidad del combustible.

Proporciona una base sólida para el funcionamiento confiable y seguro de la estación de servicios, beneficiando tanto a los propietarios como a los usuarios de vehículos.

2.1.2 Marco Contextual

2.1.2.1 Diagnostico al estado actual de los tanques de almacenamiento en la Estación De Servicio El Tejar, mediante inspecciones visuales.

La Estación De Servicio "El Tejar" se encuentra en la ciudad de Sucre, departamento de Chuquisaca, Bolivia, estratégicamente situada en la carretera a Yotala km 5, avenida Chuquisaca, sobre la carretera que une las ciudades de Sucre y Potosí. Esta posición geográfica privilegiada la convierte en un punto de referencia clave para los conductores que transitan por la zona, brindando un acceso conveniente y confiable a los servicios de combustible.

Figura 6: Ubicación de la Estación De Servicio El Tejar.



Fuente: Extraído de Google Earth.

Como parte de YPFB, la empresa estatal líder en la provisión de combustibles en Bolivia, la Estación De Servicio "El Tejar" cumple con los estándares de calidad, seguridad y responsabilidad social establecidos por la compañía. Esto garantiza a los clientes que los

productos ofrecidos en la estación cumplen con las especificaciones técnicas y normativas vigentes, brindando confianza y tranquilidad al abastecerse de combustible.

En respuesta a las necesidades y demandas del mercado local, la Estación De Servicio "El Tejar" ofrece una amplia variedad de combustibles para satisfacer las preferencias de los clientes. Entre los productos disponibles se encuentran diferentes tipos y calidades de gasolina, diésel y gas natural vehicular, permitiendo a los conductores seleccionar la opción que mejor se adapte a sus vehículos y requerimientos específicos. (IBMETRO, 2022)

Tabla 1: *Productos disponibles en Estación De Servicio El Tejar.*

Departamento	Localidad	Nombre de la E.E.S.S.	Gasolina	Diesel	GNV
Chuquisaca	Sucre	El Tejar	Si	Si	Si

Fuente: Extraído de información general de Yacimientos Fiscales Bolivianos YPFB.

En la Estación De Servicio "El Tejar", se utilizan tanques de almacenamiento para almacenar los combustibles, tanto gasolina como diésel, que se suministran a los clientes. Estos tanques de almacenamiento son componentes clave de la infraestructura de la estación y se diseñan y construyen siguiendo estándares y regulaciones estrictas para garantizar la seguridad y la integridad del sistema.

Los tanques de almacenamiento en la Estación De Servicio "El Tejar" son construidos típicamente con acero al carbono o acero inoxidable, materiales que ofrecen resistencia y durabilidad para soportar la presión y el peso del combustible almacenado. Estos tanques están diseñados para ser herméticos y prevenir fugas o derrames. (IBMETRO, 2022)

En cuanto a su forma y tamaño, los tanques de almacenamiento pueden variar dependiendo de la capacidad requerida. En la Estación De Servicio "El Tejar", se utilizan tanques de almacenamiento de tamaño adecuado para satisfacer la demanda de combustible de los clientes.

Pueden ser tanques cilíndricos horizontales o verticales, y su capacidad puede variar desde unos pocos miles de litros hasta varios miles de litros.

Los tanques de almacenamiento en la Estación De Servicio "El Tejar" están equipados con sistemas de medición y control para monitorear el nivel de combustible y asegurar un suministro adecuado. También cuentan con sistemas de protección contra incendios, como sistemas de rociadores o extintores, para mitigar cualquier riesgo de incendio.

Además, se implementan sistemas de detección de fugas y sistemas de ventilación para garantizar la seguridad y minimizar el riesgo de acumulación de presión interna. Estos sistemas permiten una respuesta rápida ante cualquier problema potencial y ayudan a mantener un ambiente seguro en la estación de servicio.

Es importante destacar que los tanques de almacenamiento en la estación de servicio "El Tejar" cumplen con todas las regulaciones y estándares de seguridad establecidos por las autoridades competentes. Además, se lleva a cabo un mantenimiento regular y adecuado para garantizar su buen funcionamiento y prevenir cualquier deterioro o falla. (IBMETRO, 2022)

Figura 7: *Vista de la estación de servicio de combustible “El Tejar”.*



Fuente: Extraído de la estación de servicio “El Tejar”.

Los tanques que se encuentran instalados son construidos típicamente con acero al carbono y acero inoxidable, a continuación, se detalla el estado actual de los tanques en la Estación De Servicio "El Tejar".

Tabla 2: *Condiciones actuales – volumen, tanque de Diesel Oíl.*

Presión de trabajo (bar)	Presión de prueba (bar)	Capacidad del tanque (Litros)	N° de compartimientos	Fecha de verificación
1	1,5	30000	1	2018-10-29

Fuente: Extraído de Certificación de inspección de tanques, IBMETRO.

El Diesel Oíl es una mezcla de hidrocarburos que se obtiene por destilación fraccionada del petróleo entre 250 °C y 350 °C a presión atmosférica. Una de las especificaciones principales es el índice de cetano de acuerdo a la especificación debe ser de 45 pero la refinería produce con mayor calidad con índice aproximadamente de 55. El Diesel tiene más energía por unidad de volumen que la gasolina, lo que, sumado a la mayor eficiencia de los motores diésel, contribuye a que su rendimiento sea mayor. (YPFB REFINACION)

En la tabla 3 se observa la longitud del tanque con una distancia de 7 metros aproximadamente y diámetro del tanque de 2,4 metros, el espesor es una propiedad física que se refiere a la distancia o grosor del cuerpo.

Tabla 3: *Condiciones actuales – longitud, diámetro, del tanque de Diesel Oíl.*

Longitud del tanque (mm)	Diámetro del tanque (mm)	Material del tanque	Espesor del cuerpo (mm)	Espesor del cabezal (mm)
6732	2410	Acero	4,8	4,8

Fuente: Extraído de Certificación de inspección de tanques, IBMETRO.

La gasolina especial 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. (YPFB REFINACION). A continuación, se detalla las condiciones actuales del tanque de la gasolina especial:

Tabla 4: *Condiciones actuales del tanque de Gasolina Especial.*

Presión de trabajo (bar)	Presión de prueba (bar)	Capacidad del tanque (Litros)	N° de compartimientos	Fecha de verificación
1	1,5	30000	1	2018-10-29

Fuente: Extraído de Certificación de inspección de tanques, IBMETRO.

Las propiedades del acero son, en términos generales, durabilidad, resistencia a ataques y sustancias corrosivas y químicas, y no necesitan mantenimiento continuo, generalmente. El acero garantiza máxima higiene, ya que evita la formación de bacterias porque bloquea los rayos ultravioletas UV y cuentan con una vida útil extensa.

Tabla 5: *Condiciones actuales – longitud, diámetro del tanque de Gasolina especial.*

Longitud del tanque (mm)	Diámetro del tanque (mm)	Material del tanque	Espesor del cuerpo (mm)	Espesor del cabezal (mm)
6730	2415	Acero	4,8	4,9

Fuente: Extraído de Certificación de inspección de tanques, IBMETRO.

La tabla 5, muestra las especificaciones técnicas de un tanque. La longitud y el diámetro representan las dimensiones principales del tanque, mientras que el material indica el tipo de material utilizado en su construcción. Los espesores del cuerpo y las cabezas determinan la resistencia estructural del tanque. (YPFB REFINACION).

2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.2.1 Información General de la Estación de Servicio El Tejar

La tabla 6, nos muestra información relevante sobre la estación de servicio "El Tejar" en la ciudad de Sucre, Bolivia. Se incluyen datos generales de la ciudad, como el departamento, la provincia, la altitud y el clima. También se proporcionan detalles específicos sobre la estación, como su distancia desde la plaza principal, coordenadas geográficas y el tipo de combustible almacenado. Además, se presentan datos técnicos sobre los tanques de la estación, como el material utilizado, el espesor de los tanques y las capacidades de almacenamiento para la gasolina especial y el diésel oíl. Se incluyen medidas de volumen y longitud para cada tipo de tanque.

Tabla 6: *Información y datos obtenidos De La Estación De Servicio El Tejar.*

Variable	Descripción
Datos generales de la ciudad de Sucre	
Departamento	Chuquisaca
Provincia	Oropeza
Ciudad	Sucre
Habitantes	287.029 habitantes
Altitud	2750 msnm
Clima	Cálido - seco
Temperaturas medias de la ciudad	Mínimo 7°C – máximo 32°C

Variable	Descripción
----------	-------------

Estación De Servicio El Tejar

Distancia a la estación de la plaza principal de la ciudad de sucre	4 km aproximadamente
Nombre de la estación	El tejar
Coordenadas geográficas	Latitud 19°03'46'' Sur Longitud 65°16'21'' Oeste
Almacenaje	Combustibles líquidos
Perímetro	294,1 metros
Área	4.700,31 m ³
Superficie	Asfaltado
Inversión total	5,1 millones Bs

Datos técnicos de tanques, estación de servicio El Tejar

Material de tanque	Acero
Espesor de tanque	4,8 mm
Volumen de tanque gasolina especial	30000 litros
Longitud de tanque gasolina especial	6730 mm
Volumen de tanque diesel oíl	30000 litros
Longitud de tanque diésel oíl	6732 mm

Fuente: Elaboración propia en base a inspecciones de personal calificado YPFB.

A continuación, se observa la estación de servicio El Tejar lo cual se tiene 4 carriles para poder realizar la compra de combustible para automotores.

Figura 8: Vista de estación de servicio el tejar



Fuente: Extraído de la estación de servicio “El Tejar”.

En la Tabla 7 se muestra las características técnicas de la gasolina especial, detallando la calidad del producto final que compra el usuario.

Tabla 7: Características técnicas de la gasolina especial.

Variable	Especificación				Unidad
	Verano		Invierno		
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Gravedad Específica 15,6/15,6 °C	Informar		Informar		
Relación V/L= 20 (760 mmHg)	51 (124)		51 (124)		
Tensión de Vapor Reid a 10 ⁰ °F (37,8 °C)	7,0	11,5	7,0	11,5	psig
Contenido de Plomo (**)	0,013		0,013		g Pb/L
Corrosión lámina de Cobre (3h/50 °C)	1		1		
Gomas Existentes	5		5		mg/100mL

Variable	Especificación				Unidad
	Verano		Invierno		
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Azufre Total		0,05		0,05	% peso
Octanaje RON	85		85		
Octanaje MON	Informar		Informar		
Indice Antidetonante (RON+MON) /2	Informar		Informar		
Color	Incolora a ligeramente amarillo		Incolora a ligeramente amarillo		
Apariencia	Cristalina		Cristalina		
Poder Calorífico	Informar		Informar		BTU/Lb
Destilación Engler (760 mmHg)					
10% Vol		65 (149)		60 140	°C °F
50% Vol	77 (170)	118 (245)	77 (170)	116 240	°C °F
90% Vol		190 (374)		185 365	°C °F
Punto Final		225 (437)		225 437	°C °F
Residuo		2		2	% vol
Contenido de Aromáticos Totales		42		42	% vol
Contenido de Olefinas		18		18	% vol
Contenido de Benceno		3		3	% vol
Contenido de Manganeso		18		18	m Mn/L
Contenido de Oxígeno		2,7		2.7	% eso

Fuente: YPFB REFINACION.

- Las especificaciones de verano se definen del 1 de septiembre al 31 de marzo
- Las especificaciones de invierno se definen del 1 de abril al 31 de agosto.

A continuación, se observa las características técnicas del diésel oíl o también conocido como gas oíl, detallando la calidad del producto final que compra el usuario.

Tabla 8: *Características técnicas de la gasolina especial.*

Prueba	Especificación				Unidad
	Oriente		Occidente		
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Gravedad Específica 15,6/15,6 °C	0,79	0,88	0,79	0,88	
Corrosión lámina de Cobre (3h/100 °C)		3		3	
Azufre Total		0,5		0,5	% peso
Punto de escurrimiento		(*)		-1,1 (30)	°C (°F)
Punto de inflamación	38 (100,4)		38 (100,4)		°C (°F)
Apariencia		Cristalina		Cristalina	
Viscosidad cinemática a 40 ⁰ C	1,7	5,5	1,7	5,5	cSt
Índice de Cetano (**)	45		45		
Número de Cetano	42		42		
Residuo Carbonoso Ramsbottom 10% de residuo destilado		0,3		0,3	% peso
Cenizas		0,02		0,02	% peso
Agua y sedimentos		0,05		0,05	% vol

Fuente: YPFB REFINACION.

• Se considera oriente a los departamentos de Santa Cruz, Beni, Pando y las zonas tropicales de La Paz, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija y occidente al resto de los departamentos.

Bolivia tiene uno de los precios más baratos del mundo para la compra de gasolina en los surtidores, el país aparece en el escalón 14 en el ranking global (solo Venezuela lo supera a la región). En el caso del diésel, aparece en el puesto 16°, tan solo superado en Latinoamérica por: Venezuela, Ecuador y Colombia.

Tabla 9: *Precio de combustibles en Bolivia.*

Producto	Precio
Gasolina especial	Bs 3,74 por litro
Diesel	Bs 3,72 por litro
Metro cubico de GNV	Bs 1,66 metro cubico
GLP	Bs 22,50 unidad

Fuente: Agencia Nacional De Hidrocarburos ANH.

Desde hace más de 15 años, los bolivianos adquieren la gasolina especial a Bs3,74 por litro (Bs/l), el diésel a Bs3,72 por litro, el metro cúbico de GNV a Bs1,66 y una garrafa con GLP a Bs22,5, sin mencionar que el precio del gas domiciliario es uno de los más baratos de la región, con un costo que oscila entre los Bs10 y Bs12 al mes. (Alvarez, 2023)

Figura 9: *Precios Nacionales de combustibles ANH.*

E.E.S.S. EL TEJAR	
HORARIOS DE ATENCIÓN 24 HORAS	
ESTADO DE BS, ESTA REGULADA POR LA AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS - ANH	
800 - 10 - 6006 720 - 72300 www.anh.gob.bo	
PRECIOS NACIONALES	
PRODUCTO	PRECIO
GASOLINA ESPECIAL	Bs/ Lt.
GASOLINA SUPER ETANOL92	Bs/ Lt.
GASOLINA PREMIUM	Bs/ Lt.
DIESEL OIL	Bs/ Lt.
GAS NATURAL VEHICULAR	Bs/ m3
GASOLINA ESPECIAL	Bs/ Lt.
PRECIOS INTERNACIONALES	
PRODUCTO	PRECIO
DIESEL OIL	Bs/ Lt.
GAS NATURAL VEHICULAR	Bs/ m3
GASOLINA ESPECIAL	Bs/ Lt.
GASOLINA ESPECIAL +	Bs/ Lt.

Fuente: Agencia Nacional De Hidrocarburos ANH.

2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Vida Útil de Tanques Subterráneos de Almacenamiento de Combustibles

La vida útil prevista normalmente para tanques subterráneos de acero debidamente instalados, varía entre 15 a 20 años, puede variar el intervalo de años mencionado ampliamente, dependiendo de factores como el material de construcción del tanque, el tipo de material almacenado, las condiciones ambientales y el mantenimiento regular. Al ser instalados en suelos corrosivos sin las precauciones adecuadas, pueden presentar fugas en menos de tres años. El suelo que rodea el tanque es muy importante. Algunos pueden ser sumamente corrosivos debido a su composición química o a la humedad que contienen, sobre todo si la tierra utilizada para el relleno contiene restos de obras, cenizas, u otros materiales extraños, aunque sean cantidades pequeñas. La utilización de un relleno homogéneo y de revestimiento protectores prologan la vida útil de los tanques y las tuberías de acero. (Estrucplan, 2003)

Especialistas indican que dentro de los depósitos de combustibles puede acumularse agua, producto de un proceso de condensación que se genera por las diferentes temperaturas entre el interior y exterior del tanque, la cual de no purgarse podrían contaminar el combustible.

TAN-NAF S.A. es una empresa internacional que cuenta con más de 20 años en el rubro de instalación, reparación y limpieza de depósitos subterráneos, ellos sugieren un chequeo periódico de por lo menos 6 meses para purgar, de ser necesario, el líquido indeseado. “cuando se ingresa el combustible a presión, desde arriba, se genera una turbulencia que hace que en muchos casos se mezcle el agua con el combustible, lo que podría perjudicarlo”.

Del mismo modo, recomiendan asear los tanques cada tiempo de lapso, para prevenir la formación de sedimentos. “Generalmente los estacioneros optan por limpiarlos cada 10 años, pero aconsejan hacerlo cada 5 para poder realizarles un mejor mantenimiento”, mientras en menos tiempo mejor limpieza. Los recipientes pueden llegar a durar acerca de 35 años si se cumple con los procedimientos mencionados anteriormente. La empresa internacional argentina realiza reparaciones de depósitos de gasoil, mediante pruebas de resistencia y reparaciones de tanque con soldadura así prolongando su vida útil a 50 años. (Gubinelli, 2015)

A continuación, se observa los detalles mas importantes mencionados anteriormente:

Tabla 10: *Intervalo de vida útil de tanques subterráneos.*

Vida útil tanque (años)	Intervalo 20 – 35 años
Máxima vida útil (años)	50 años
Pruebas de purga (meses)	6 meses
Limpieza (años)	5 años

Fuente: Elaboración propia en base a Gubinelli, 2015

En la figura 10 se observa personal calificado para la inspección general en tanques subterráneos de combustibles líquidos, detallando que existen gran magnitud de lodo, oxidación y presencia de humedad.

Figura 10: *Inspección de vida útil de tanque subterráneo Estación El Tejar.*



Fuente: Extraído de inspección realizada por expertos en tanques de la institución de YPFB.

Las abolladuras que se muestran pueden variar en tamaño y profundidad. Pueden ser el resultado de diferentes situaciones, como impactos físicos, colisiones, fluctuaciones de temperatura o presiones internas o externas.

2.3.1.1 Cálculo matemático para determinar la vida útil de tanques subterráneos de almacenamiento de combustibles

Para poder determinar la vida útil de tanques subterráneos lo primero que se tiene que realizar es una evaluación de los posibles defectos de los tanques de almacenamiento de combustible, haciendo uso del medidor de espesores ultrasónico que realiza un barrido al área total del tanque. Posteriormente los resultados tienen que ser comparados con los espesores de otras inspecciones, los espesores nominales de construcción y espesores mínimos requeridos por la norma de construcción. Con estos datos se puede determinar la velocidad de corrosión, relacionando el espesor medido en la última inspección con respecto a los espesores determinados en las mediciones anteriores o a su vez con los valores que tenían en la construcción del tanque, dividido por el tiempo de operación, a continuación, se muestra la ecuación: (Medina, 2018)

Ecuación 1: *Vida útil de tanques subterráneos*

$$Vc = \frac{Eo - Em}{T}$$

Dónde:

Vc = Velocidad de corrosión. [mm/año]

Eo = Espesor de la plancha original o el espesor medido en la inspección anterior. [mm]

Em = Espesor de plancha medido en la inspección final. [mm]

T = Tiempo de servicio en el lapso considerado, medido en [años].

La ecuación proporcionada, $Vc = (Eo - Em) / T$, se utiliza para determinar la velocidad de corrosión de los tanques subterráneos y estimar su vida útil. Esta ecuación relaciona el espesor original de la plancha del tanque (Eo) con el espesor medido en la inspección final (Em) y el tiempo de servicio del tanque (T).

Una vez que se calcula la velocidad de corrosión, que está en función al tiempo de servicio del tanque de combustible, se calcula la aproximación de la vida útil estimada que le queda al tanque. (Medina, 2018)

Ecuación 2: *Velocidad de corrosión*

$$Vu = \frac{Em - Emin}{Vc}$$

Dónde:

Vu = Vida útil estimada. [años]

Em = Espesor de plancha medido en la inspección final. [mm]

Emin = Espesor mínimo requerido según la norma de construcción. [mm]

La ecuación proporcionada, $Vu = (Em - Emin) / Vc$, se utiliza para estimar la vida útil de un tanque subterráneo en función del espesor medido en la inspección final (Em), el espesor mínimo requerido según la norma de construcción (Emin) y la velocidad de corrosión (Vc).

Se realiza un diagnóstico del estado actual de los tanques, midiendo el espesor en el fondo de dichas estructuras por inspección ultrasónica, para poder determinar la velocidad de corrosión y posteriormente la vida útil estimada. (Medina, 2018)

2.3.1.2 Limpieza en tanques subterráneos

El procedimiento para la limpieza de tanques consiste en obtener la fluidificación progresiva de los lodos depositados en el fondo del tanque, que se forman por los procesos de acumulación de agua, oxidación o crecimiento de flora microbiana. De esta forma se garantiza la calidad del combustible exigida por la legislación, así como la integridad del contenedor, con el fin de evitar su deterioro y cualquier posible riesgo de filtración o derrame. Este proceso de limpieza puede ser realizado por expertos y certificados en manejo y gestión de residuos peligrosos. Esto se debe a que no sólo hay que realizar una tarea de riesgo en espacios estrechos, con gases volátiles

y lodos contaminantes, sino que también se deben almacenar y trasladar estos residuos peligrosos hacia un lugar seguro para su neutralización final.

Figura 11: Limpieza en tanques subterráneos de combustibles líquidos.



Fuente: Extraído de inspección realizada por expertos de YPF.

Deben cumplir el siguiente proceso:

- Extracción del combustible limpio y su almacenaje en un depósito provisional.
- Preparación del entorno a limpiar mediante su desgasificación.
- Limpieza del tanque con detergentes y agua a presión, así como el raspado de capas o estratos, por el personal debidamente protegido.
- Succión de lodos, almacenamiento y transporte.
- Filtración del combustible y reintegración al tanque. (Wastech, 2015)

2.3.1.3 Pruebas de purga en tanques subterráneos

Las pruebas de purga son vitales a la hora de instalar, sustituir o mantener una tubería de gas natural o un tanque de almacenamiento. La purga elimina o desplaza los gases peligrosos del depósito o de las tuberías para evitar que se mezclen con el aire que hay que introducir en el depósito para realizar la inspección o la tarea de mantenimiento. El gas de purga más utilizado y preferido es el nitrógeno, debido a sus propiedades inertes.

Figura 12: Sistema de purga en la estación la Estación De Servicio El Tejar.



Fuente: Extraído de la Estación De Servicio El Tejar.

Después de realizar la inspección o la tarea de mantenimiento se lleva a cabo el proceso inverso, reintroduciendo el gas inerte y reduciendo el nivel de oxígeno hasta casi cero antes de permitir que vuelva a entrar el gas natural. A menudo se rompe una válvula de servicio en la línea con un tubo vertical o un difusor conectado para liberar el gas de ventilación o el nitrógeno. Los sistemas de purga suelen estar diseñados para redirigir los gases adicionales fuera del área de trabajo, evitando que se vuelvan a mezclar con el fluido dentro del tanque o las tuberías.

Las pruebas de purga son esenciales para los trabajadores, ya que algunos pueden estar respirando gases tóxicos sin siquiera darse cuenta si los sensores de sus equipos de detección se han vuelto defectuosos, no miden el tipo de gas requerido o no miden en el rango de gas requerido, o el rango ambiental presente. La exposición a gases tóxicos o asfixiantes puede provocar problemas respiratorios, lesiones importantes e incluso la muerte. (Pratt, 2022)

2.3.1.4 Caducidad de la gasolina

Cuando se deja gasolina en un recipiente abierto expuesto al aire, con el tiempo se evaporará por completo. A medida que se evapora, la composición y las propiedades cambiarán porque los diferentes componentes se evaporan a diferentes velocidades.

Figura 13: *Uso de la gasolina en automotores.*



Fuente: Extraído de la Estación De Servicio El Tejar.

Cuando la gasolina se mantiene durante más de una semana en los depósitos (tanque), esta puede empezar a estropearse y los especialistas siempre recomiendan rellenar el depósito, para renovar el contenido, sobre todo, antes de hacer un uso intensivo. Por lo general, la gasolina durará en los tanques de combustible durante aproximadamente 3 semanas a una temperatura de alrededor de 20 ° C, después de eso, siempre se recomienda rellenar el depósito con combustible.

La gasolina aguanta en contenedores sellados más de 6 meses y aunque esta “respira algo”, esto no es suficiente para afectar significativamente la calidad del producto. En los tanques de almacenamiento subterráneos, la tasa de reabastecimiento evita que el combustible se estropee. (Reyes L.)

2.3.1.5 Caducidad del diésel

El diésel no es un combustible volátil, por lo tanto, no sufre los mismos problemas de arranque o problemas de evaporación que la gasolina. El principal problema con el diésel almacenado es la formación de gomas y sedimentos que pueden bloquear los filtros. Esto es asociado también a un oscurecimiento en el color del combustible.

Figura 14: *Uso del diésel en automotores.*



Fuente: Extraído de la Estación De Servicio El Tejar.

Cuando se almacena bajo techo en contenedores sellados, generalmente durará un año, pero puede lo cierto es que el diésel puede dura incluso más. El principal problema con el combustible diésel en contenedores abiertos es que la humedad de la condensación creará un ambiente propicio para la proliferación de hongos y bacterias que degradarán el combustible. La solución simple es el tratamiento regular con un biocida cada seis meses cuando se almacena durante períodos prolongados. (Reyes L.)

2.3.2 Establecer Lineamientos Para el Mantenimiento Reparación o Sustitución de los Tanques de Almacenamiento de la Estación De Servicio El Tejar

2.3.2.1 Plan de mantenimiento en estaciones de servicios

El mantenimiento técnico de estaciones de servicio o de una instalación destinada al suministro de combustible, tiene como objetivo el cuidado de sus equipos para mantener los niveles máximos de seguridad y permitir el mejor rendimiento de los componentes de su estación de servicio. Esto hace que su instalación esté siempre disponible y segura para sus clientes y usuarios. (Madic, 2020)

Se realiza la descripción de los tipos de mantenimientos en estaciones de servicios:

- **Mantenimiento correctivo:** destinado a corregir los deterioros que surgen en los equipos y llevarlos a estados operativos lo antes posible. Es un tipo de mantenimiento pasivo, y no programable, ya que los deterioros son imprevistas. Va relacionado con los fallos extrínsecos, aquellos que no se producen por degradación del equipo y que son imprevisibles, aleatorios.
- **Mantenimiento preventivo:** realizado para reducir los riesgos del mantenimiento correctivo, se basa en una serie de actuaciones periódicas programadas en el tiempo en las que se realiza una revisión de los equipos (llegando a desmontarlos completamente en algunos casos) en las que se sustituyen las piezas que se encuentren en mal estado o que sean susceptibles de degradarse antes de la siguiente inspección.
- **Mantenimiento predictivo:** tipo de mantenimiento que se basa en el estado o condición de los equipos, análisis y evaluación de ciertos parámetros significativos que nos indican el estado en el que se encuentra el equipo que estamos inspeccionando. Las técnicas que utiliza este mantenimiento para conocer el estado de los equipos se conocen como técnicas de verificación mecánica. Es utilizado normalmente en empresas más grandes, ya que suele ser más caro de realizar (salvo en el caso de las inspecciones visuales). Se utiliza normalmente para mejorar el rendimiento del mantenimiento preventivo y para detectar fallos intrínsecos en las máquinas, aquellos que se producen por el propio funcionamiento del equipo.

Además del tipo de mantenimiento hay que tener en cuenta otras consideraciones que pueden afectar al equipo:

- **Legal:** equipos sometidos a normativas que les exigen la realización de tareas y pruebas bien por el personal propio de la planta o empresas autorizadas. Por ejemplo, aparatos a presión, contraincendios, eléctricas, depósitos, etc.
- **Subcontratado:** tareas que debemos subcontratar a empresas especializadas por falta de medios o conocimientos. Supone coste adicional, pueden evitarse formando a los propios trabajadores y adquiriendo los medios técnicos necesarios.

Como es lógico a los equipos más críticos le aplicaremos un mantenimiento programado, priorizando en ellos inversiones, repuestos, estudios de fiabilidad.

Para los equipos importantes debemos plantearnos lo que supondría la parada de dicho equipo, si ello supone un alto valor económico aplicaremos un mantenimiento programado mientras que si es bajo debemos ver cuál es el costo de la reparación (materiales y mano de obra), si este costo de reparación es bajo se aplicara un modelo correctivo mientras que si es alto debemos aplicar modelo programado. (Dorado Vicente, Septiembre 2019, págs. 5-8)

A continuación, se desarrolla los principales motivos por los que es muy importante llevar a cabo el mantenimiento de las estaciones de servicio:

- Seguridad de empleados y clientes: a causa de la presencia de materiales altamente inflamables, hay que asegurarse de que todos los procesos de manipulación de combustible se realizan con equipos que garanticen la seguridad y cumplan la normativa.
- Control de surtidores y manómetros: hay que tenerlos verificados. Es importante que suministren la cantidad pagada por el cliente. Una mala gestión puede ocasionar sanciones por parte de la administración.

Figura 15: *Mantenimiento a estaciones de servicios.*



Fuente: Mantenimiento de estaciones de servicio, REPSOL.

- Normativa medioambiental: debido al almacenamiento de productos altamente contaminantes como son los hidrocarburos, hay que comprobar que no haya ningún tipo de filtración. Un escape en las instalaciones puede contaminar el suelo y los acuíferos de la zona.
- Instalación contra incendios: un incendio puede tener consecuencias devastadoras para la planta.
- Servicios de aprovisionamiento de aire y agua: los clientes aprovechan el tiempo de repostaje para realizar tareas como inflado de neumáticos, lavado del vehículo, etc. El buen mantenimiento facilita al usuario todas estas labores. (Ramon , 2021)

2.3.2.2 Criterios para la reparación de tanques subterráneos

2.3.2.2.1 Proceso de soldadura para la reparación de tanques

Entre los criterios más destacados se encuentra el proceso de soldadura para la reparación de tanques, lo cual se desea obtener las mismas condiciones de diseño o incluso mejorarlas, para garantizar una operación segura del tanque.

Figura 16: *Proceso de soldadura en tanques.*



Fuente: Innovación ingeniería y desarrollo.

Es así que el proceso más usado en nuestro país es de soldadura manual por arco con electrodo revestido (SMAW, por sus siglas en inglés). La norma API 653, indica que, para todo tipo de reparación por soldadura en un tanque de almacenamiento, se debe utilizar los mismos principios de la norma de diseño y construcción, que para estos casos será la API 650. Debido a esto tanto el diseño de juntas de soldadura como la calificación del procedimiento de soldadura (WPS) y la calificación del soldador (WPQ), se basarán en lo que indique la norma antes mencionada. (Sisa amaguaya , 2015, págs. 59-60)

- Proceso de soldadura manual por arco con electrodo revestido (SMAW). Este es el proceso más conocido y que se usa con frecuencia en la mayoría de labores de la industria petrolera debido a que es el más práctico y versátil de los procesos.
- Para el caso de un tanque construido con acero estructural ASTM A-36 que soporta un esfuerzo mínimo a la tensión de 400 MPa, los electrodos correspondientes serán; el E-6010 para el fondeo o pase de raíz y el E-7018 para los pases de relleno y pase de presentación o pase final, su diámetro estará seleccionado en función del espesor de las planchas a soldar.
- El precalentamiento en este caso no es requerido, debido a que son planchas de 10 mm de espesor máximo, pero si existe humedad excesiva o hubo presencia de lluvia antes del trabajo, se deberá precalentar a una temperatura aproximada de 27 °C. (Sisa amaguaya , 2015)

2.3.2.2.2 Aplicación de revestimiento para la reparación de tanques

Previa y durante la aplicación del revestimiento se deberá verificar las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad relativa del mismo con instrumentos calibrados estas mediciones se las debe de realizar cada hora, o de acuerdo a solicitud del cliente, además se debe de registrar el lote y tipo re revestimiento a aplicar, estos valores deberán ser registradas en los respectivos registros de calidad.

El inspector de revestimiento no permitirá ningún tipo de actividad, sí; la humedad relativa del ambiente es mayor a 85%. Se permite el granallado si la temperatura de sustrato (chapa) se encuentre 3 grados Celsius sobre el punto de rocío.

El procedimiento básico que debe cumplir un pintor calificado al momento de aplicar la pintura se detalla a continuación:

- Mezclar los componentes en las proporciones que lo indiquen las especificaciones técnicas del producto.
- Conseguida la mezcla aceptable se procede a la aplicación de la primera capa que será un revestimiento epóxico resistente al agua y a la abrasión, en un espesor de 5 a 6 mils para el interior y un revestimiento inorgánico de zinc, 2 a 3 mils en el exterior del tanque, los espesores aplicados serán de acuerdo a las hojas técnicas del producto, o de acuerdo a solicitud del cliente. (Sisa amaguaya , 2015, págs. 113-117)
- Para asegurar la buena calidad del revestimiento en esquinas, filos, cordones de soldadura, etc., se aplicará una nueva capa del revestimiento utilizando una brocha.
- Concluida la primera capa de pintura y luego de haber transcurrido el tiempo de curado de acuerdo a las hojas técnicas del producto, se procede con la liberación de espesores, de acuerdo a la norma NACE PA2.
- Liberada la primera capa de pintura se procederá a realizar una preparación manual de la superficie mediante la utilización de lija, que puede ser la lija # 120, para la aplicación de la segunda capa de pintura.
- Aplicar la segunda capa de pintura empleando un revestimiento epoxi-fenólico resistente al agua y a la abrasión con un espesor en seco de entre 5 a 6 mils para el interior y un revestimiento tipo epóxico, de espesor entre 4 a 6 mils. para la parte externa del tanque de almacenamiento.
- Durante la inspección visual de la aplicación de la pintura en las superficies aplicadas se deberá verificar que estén libre de cualquier defecto visual como; burbujas, chorreado, etc., le corresponderá al Inspector NACE I, esto deberá hacerse en cada capa de pintura.
- Terminadas la aplicación de las dos capas, se deberá medir el espesor en húmedo, estos resultados deben ser registrados.

- El tiempo de curado de la pintura será según lo especificado en la hoja técnica del producto. Una vez transcurrido este tiempo se medirá el espesor en seco, con instrumentos debidamente calibrados, de acuerdo a la norma NACE PA2.
- Para el interior del tanque se aplicarán dos capas de pintura, en cambio para el exterior se usará una tercera y final capa de pintura, según lo requerido por las normas de referencia.
- Para la liberación final de la aplicación de la pintura del interior del tanque se deberá esperar el tiempo de curado de acuerdo a las hojas técnicas. Para luego realizar la prueba de adherencia de la pintura o prueba de pull off, la misma debe ser ejecutada y validada por el Inspector NACE II. (Sisa amaguaya , 2015, págs. 113-117)
- Finalizada y liberada la capa final de pintura, se deberá realizar el ensayo de holiday, para verificar que no existan zonas sin revestimiento.
- Para la parte exterior se aplicará una tercera capa de pintura en base acrílico poliuretano, con un espesor aproximado entre 2 a 2.5 mils.
- Los espesores finales de la pintura aplicada en el interior del tanque deberán estar entre los 15 a 27.5 mils. Y para el exterior entre los 8 a 12 mils.

Figura 17: *Aplicación de revestimiento en reparación de tanques.*



Fuente: *Recubrimiento de tanques, APC, Colombia.*

- Es recomendable elaborar placas testigo que tenga las mismas características de preparación de superficie y aplicación de pintura, con fines de asegurar un procedimiento de calidad en el futuro.
- Finalmente se deberá pintar en el cuerpo del tanque nombres, logotipos, y capacidad para su identificación, según lo requiera el cliente.
- El ingeniero encargado del control de la calidad deberá registrar todas las actividades realizadas y los datos obtenidos en un dossier de calidad.
- Todos los materiales y desechos que se han originado en los trabajos de preparación y pintura deberán ser evacuados siguiendo los lineamientos de seguridad y medio ambiente, para depositarlos en lugares autorizados. (Sisa amaguaya , 2015, págs. 113-117)

2.3.2.3 Criterios para la sustitución de tanques subterráneos

Es importante considerar el alto costo del mantenimiento o reemplazo, dependiendo del tipo de modificación que se lleve a cabo en la estación de servicio. A su vez, se debe tener en cuenta el tiempo de inoperancia de la gasolinera, el cual dependerá de varios factores como la mano de obra y los trámites ante las diferentes dependencias como lo son YPF, ANH, Gobernación, autoridades estatales y municipales.

Es por ello que Ricardo Quiroz Hernández, director técnico de Ecoquiher SA empresa mexicana en construcción de tanques subterráneos recomienda la construcción de tanques nuevos. (Quiroz Hernandez, 2023)

2.3.2.3.1 Diseño de tanques para estaciones de servicio

Llevar a cabo el proceso de diseño de estaciones de servicio y su construcción, como todo proyecto, requiere del análisis y estudio de diversos aspectos, para que todo se desarrolle sin ningún inconveniente, pero, sobre todo, este proyecto debe ser ejecutado por un grupo de expertos, que dominen todo lo concerniente a esta labor, pues el procedimiento es bastante complejo, y además requiere de un largo trámites de permisos y autorizaciones. Conozcamos

un poco sobre el procedimiento básico para el diseño de estaciones de servicio y su construcción.

- Como norma general, se exige realizar un estudio acerca del impacto ambiental que esta pueda generar en la zona.
- De igual forma, llevar a cabo un estudio topográfico. El estudio de los suelos es muy importante, en especial cuando el proyecto se llevará a cabo sobre relleno.
- Obtener todos los permisos y licencias pertinentes, porque sin esta, no se puede llevar a cabo el proceso de construcción de gasolineras.
- Con respecto a la estructura, para realizar el proceso de instalación de las líneas, es conveniente hacerlas a una profundidad de 30 cm.
- Una vez instaladas las tuberías, para evitar los estragos del proceso corrosivo, éstas deberán cubrirse con alquitrán. (Serprogas, 2019)
- Un desfogue de vapores es fundamental para todos los tanques, el material utilizado debe ser acero galvanizado.
- En caso de encontrarse en un área de flujo vehicular, solo se podrá realizar una entrada y salida de la misma.
- Si la gasolinera se encuentra en un área urbana, deberá realizar las entradas o salidas de un ancho oscilante entre los 5 y 8 metros. (Serprogas, 2019)

A continuación, se detalla los elementos o equipos necesarios en el diseño de estaciones de servicio:

Dispensador de gasolina: los dispensadores de gasolina son dispositivos utilizados en estaciones de servicio y otros lugares donde se suministra combustible a vehículos. Estos equipos desempeñan un papel fundamental en el proceso de abastecimiento de combustible a los automóviles, motocicletas y otros vehículos que utilizan gasolina como fuente de energía.

Un dispensador de gasolina consta de varios componentes importantes. Estos incluyen:

- Bomba de suministro: es la parte central del dispensador y se encarga de extraer el combustible del tanque subterráneo de almacenamiento y bombearlo hacia la manguera de dispensación.
- Pantalla y teclado: estos elementos permiten al usuario seleccionar el tipo de combustible y la cantidad deseada, así como visualizar el costo total del suministro.
- Manguera y boquilla: la manguera conecta la bomba de suministro al vehículo, mientras que la boquilla es el componente que se inserta en el tanque de combustible del vehículo para dispensar el combustible de manera controlada.
- Filtro: el dispensador de gasolina está equipado con un filtro para garantizar que el combustible suministrado esté limpio y libre de impurezas que puedan afectar el funcionamiento del motor del vehículo.
- Sistema de seguridad: los dispensadores de gasolina están diseñados con características de seguridad, como válvulas de cierre automático y sistemas de detección de fugas, para prevenir derrames y garantizar un uso seguro. (Serprogas, 2019)

Figura 18: *Mangueras surtidoras.*



Fuente: Extraído de la Estación De Servicio El Tejar.

Una vez fabricadas, las planchas de acero son enrolladas en bobinas con la finalidad de facilitar su transporte y almacenamiento. La mayoría de fabricantes de tanques optan por comprar el acero a proveedores que se encargan de desenrollar y cortar a la medida requerida las planchas antes de proceder al envío.

Dentro del lugar de construcción las planchas de acero siguen uno de los dos procedimientos citados a continuación para la construcción del cuerpo cilíndrico de los tanques:

- El primero consiste en el rolado individual de cada uno de los anillos del cilindro.
- El segundo es un procedimiento que consiste en “enrollar” todos los anillos del cuerpo cilíndrico al mismo tiempo, a través de la utilización de tecles y cadenas.

Figura 19: *Construcción del cuerpo del cilindro del tanque.*



Fuente: Extraído de Serprogas.

Los tanques para almacenamiento de combustible deben ser diseñados en base a lo que requiere el propietario y ciertas condiciones físicas del lugar de instalación, como son:

- Número de tanques.
- La capacidad volumétrica de cada tanque.
- El espacio físico con el que se cuenta en el área de almacenamiento.

• La capacidad volumétrica: la capacidad volumétrica de los tanques se determina en base a los resultados obtenidos en un estudio de mercado sobre consumo de combustibles, que es realizado por la empresa comercializadora en el sector donde se piensa implementar la estación de servicio. El estudio indica cuantos galones se venderán. A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo:

Ecuación 3: *Capacidad volumétrica*

$$V = Vnom + \frac{Iv}{100} * Vnom$$

Donde:

Vnom = Volumen nominal (gal)

Iv = Incremento volumétrico (%)

V = Volumen real (gal)

Las láminas de acero van a formar el cuerpo del tanque, de manera que el largo de lámina es el perímetro del círculo que forma el tanque. Es necesario conocer las dimensiones internas como externas de los tanques.

Ya con el valor del diámetro interno de los tanques, se realiza el cálculo de la longitud correspondiente a cada uno, utilizando el dato del volumen real de combustible para cada producto.

Ecuación 4: *Longitud de lamina*

$$L = \frac{V * 4 * Fc3}{\pi * Di^2}$$

Donde:

L = Longitud del tanque (plg).

V = volumen real (gal).

Fc3 = Factor de conversión de gal a plg³.

Di = Diámetro interno (plg).

Con los datos de las longitudes, se obtiene el número de planchas de acero necesarias para el cuerpo de cada tanque.

Ecuación 5: *Numero de planchas*

$$Np = \frac{Li * 1000}{Ap}$$

Donde:

Np = Número de planchas

Li = Longitud del tanque (m)

Ap = Ancho de plancha (mm)

2.3.2.4 Análisis a la Estación De Servicio El Tejar

El análisis de la Estación de Servicio El Tejar es un proceso integral que engloba diferentes aspectos relacionados con el mantenimiento, diseño y cumplimiento normativo de la estación. Estos análisis son fundamentales para garantizar la operación segura y confiable de la estación, así como para proteger el medio ambiente y asegurar la satisfacción de los clientes.

La Tabla 11 proporciona información esencial sobre los lineamientos y tipos de análisis relacionados con el mantenimiento de la Estación de Servicio El Tejar. Esta tabla ofrece criterios y pautas para llevar a cabo el mantenimiento preventivo, evaluación de riesgos y cumplimiento normativo. Estos datos son valiosos para asegurar el funcionamiento seguro y confiable de la estación, así como para garantizar el cumplimiento de las regulaciones y normativas pertinentes.

Además, la evaluación de riesgos es un componente esencial del análisis de la estación. Esto implica identificar y evaluar los posibles riesgos asociados con el almacenamiento y manipulación de combustibles, como fugas, derrames, incendios o explosiones. Con base en esta evaluación, se pueden implementar medidas de mitigación.

Tabla 11: *Análisis a la Estación De Servicio El Tejar.*

Lineamientos	Tipos	Análisis Estación De Servicio El Tejar.
Plan de mantenimiento	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento preventivo
	Mantenimiento preventivo	Cada lapso de tiempo (3 meses)
	Mantenimiento predictivo	
Criterios de reparación	Proceso de soldadura	Aplicación de revestimiento evitar fugas y actividades de soldadura
	Aplicación de revestimiento	
Sustitución de tanques	Diseño de tanques para estaciones de servicio	NO

Fuente: Elaboración propia en base a documentación adjuntada bibliografía.

2.3.3 Análisis de Presupuestos de Costos Para la Inversión de Tanques Subterráneos

El presupuesto de costos para la construcción de un tanque de almacenamiento de hidrocarburos puede variar dependiendo de varios factores. Entre estos factores se encuentran la ubicación del sitio de construcción, los materiales y equipos necesarios, la mano de obra requerida y los gastos generales asociados al proyecto.

Para elaborar un presupuesto de construcción de tanques, es esencial considerar los siguientes costos principales:

- Costo de materiales: Esto incluye los materiales necesarios para la construcción del tanque, como el acero al carbono, válvulas, instrumentación y otros componentes. El precio de estos materiales puede variar según la ubicación y las especificaciones del proyecto.
- Costo de equipos: Se deben considerar los equipos necesarios para la construcción del tanque, como grúas, soldadoras, cortadoras y otros equipos especializados. Estos equipos

pueden alquilarse o adquirirse, y su costo dependerá de la duración del proyecto y las necesidades específicas.

- Costo de mano de obra: Este costo incluye los sueldos y salarios de la mano de obra necesaria para la construcción del tanque. Esto puede incluir ingenieros, supervisores, técnicos, soldadores y otros trabajadores especializados. El número de trabajadores y su experiencia influirán en el costo total de la mano de obra.
- Costo de transporte y logística: Se deben tener en cuenta los gastos de transporte y logística para trasladar los materiales y equipos al sitio de construcción. Esto puede incluir el envío de los materiales desde los proveedores y el traslado de los equipos al sitio.
- Costo de permisos y licencias: Es necesario considerar los costos asociados con la obtención de los permisos y licencias necesarios para la construcción del tanque. Estos pueden incluir permisos de construcción y licencias ambientales, entre otros.
- Costo de contingencias: Es importante dejar un margen de contingencias en el presupuesto para hacer frente a imprevistos o situaciones que puedan surgir durante la construcción del tanque. Estos fondos adicionales permiten hacer frente a posibles cambios o contratiempos sin afectar el presupuesto general.

Es fundamental realizar un análisis detallado de cada uno de estos costos y agregarlos al presupuesto del proyecto. Además, se debe realizar un seguimiento constante de los costos durante todo el proyecto para asegurarse de que se mantengan dentro de los límites establecidos.

La Tabla 12 proporciona una estimación de los costos asociados con la construcción de tanques. Estos costos representan diferentes procesos y actividades necesarios durante el proceso de construcción y mantenimiento de los tanques.

Cabe destacar que estos costos son estimaciones proporcionadas por CHESTERTON Global Solutions Local Service y pueden variar según la ubicación, el tamaño del tanque y otros factores específicos de cada proyecto. Es importante obtener cotizaciones actualizadas y consultar a expertos en la construcción de tanques para obtener un análisis detallado y preciso de los costos involucrados.

A continuación, se detalla cada proceso y su respectivo costo estimado:

Tabla 12: *Estimación de costos en construcción de tanques.*

Proceso	Costo estimado
Vaciado de tanque / tubería de drenaje	\$ 25,000 USD
Aislamiento del tanque	\$ 5,000 USD
Prueba de calidad del aire (gases)	\$ 2,500 USD
Tanque de limpieza / desgasificación	\$ 75,000 USD
Manejo / disposición de lodos residuales	\$ 20,000 USD
Comprobación de calidad del aire (gases)	\$ 2,500 USD
Inspección	\$ 30,000 USD
Reparaciones mecánicas	\$ 75,000 USD
Sub Total	\$ 235,000 USD
Revestimiento (mano de obra producto)	\$ 228,000 USD
Total	\$ 463,000 USD

Fuente: CHESTERTON Global Solutions Local Service.

El subtotal de todos los costos mencionados anteriormente asciende a \$235,000 USD. Además, se incluye un costo estimado de \$228,000 USD para el revestimiento, que implica la aplicación de un recubrimiento protector en el tanque. Esto garantiza una mayor durabilidad y protección contra la corrosión. El costo total estimado para la construcción de tanques es de \$463,000 USD.

CAPÍTULO III: CONCLUSIONES

- Se realizó un diagnóstico al estado actual de los tanques de almacenamiento en la Estación De Servicio El Tejar, ubicado en el departamento de Chuquisaca, ciudad de Sucre, los productos que almacena la estación son: gasolina especial, diésel y gas natural vehicular, material del tanque acero, los tanques de combustibles líquidos tienen una longitud promedio de 6730 mm y diámetro promedio de 2415 mm y espesor de la plancha del tanque es de 4,9 mm.
- Se describió el intervalo de años de la vida útil que tienen los tanques subterráneos, que depende de muchos factores, como, por ejemplo: climáticos, tipos de mantenimientos, calidad de los productos almacenados, etc. Además, existe un ente regulador tal como Agencia Nacional De Hidrocarburos y IBMETRO que tienen la tarea para el cumplimiento de las leyes, normas y artículos dictados por el poder ejecutivo de la nación, ante la manipulación, el almacenamiento y la distribución de hidrocarburos. Posteriormente se describe una propuesta de cálculo matemático, con el fin de determinar la vida útil en función al tiempo de servicio del tanque.
- Se estableció lineamientos para el mantenimiento en estaciones de servicios, lo cual es importante realizar el mantenimiento ya que mejora la seguridad de empleados y clientes. Se describió los criterios de reparación de tanques, la actividad principal es el proceso de soldadura y aplicación de pintura para evitar la corrosión, se detalla un procedimiento básico para el diseño de estaciones de servicio. Con toda la descripción mencionada se realiza un análisis al tema de estudio, Estación De Servicio “El Tejar”, concluyendo que los tanques tienen 25 años más para su funcionamiento, la estimación de años va depender mucho de los métodos técnicos que se utilizan, sugiriendo que se realice mantenimientos preventivos en tiempos periódicos así evitando fallas en equipos, materiales, programación, etc.
- Se realizó un análisis de presupuestos de costos para la inversión de tanques subterráneos, que dependerá de varios factores como ser: ubicación de construcción, materiales, equipos, mano de obra y gastos generales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvinox. (Marzo De 2023). Principales Características De Los Tanques De Almacenamiento.
- Dorado Vicente, R. (Septiembre 2019). *Plan De Mantenimiento De Una Estacion De Servicio*. Universidad De Jaen Escuela Politecnica Superior De Jaen .
- Esparza, F. (S.F.). *Combustibles Solidos, Liquidos Y Gaseosos*. Bomberos De Navarra Nafarroako Suhiltzaileak.
- Estrucplan. (2003). Tanques Para Almacenamiento Subterráneo. *Estrucplan*.
- Gubinelli, G. (23 De Junio De 2015). Tanques De Combustibles Subterráneos. *Surtidores*.
- Ibmetro. (2022). *Instituto Boliviano De Metrologia Ibmetro*. La Paz, Bolivia .
- Lopez Miranda, C. A. (2011). *Propuesta Para Una Mejora En El Sistema De Distribucion De Combustibles, En Las Gasolineras Don Arturo*. Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Ingenieria Escuela De Ingenieria Mecanica Industrial , Guatemala.
- Madic, J. (2020). Mantenimiento De Estaciones De Servicio. España.
- Maya. (2018). *Métodos Y Técnicas De Investigación: Una Propuesta Ágil Para La Presentación De Trabajos Científicos En Las Áreas De Arquitectura, Urbanismo Y Disciplinas Afines*. Universidad Veracruzana .
- Medina, C. (2018). *Evaluación Del Sistema De Protección Catódica A Los Tanques*. Escuela Superior Politecnica De Chimborazo- Ingenieria Quimica , Ecuador, Riobamba.
- Pratt, G. (2022). *Qué Es La Prueba De Purga Y Cuándo Debo Hacerla*. Detecting Gas Saving Lives. España: Crowcon.
- Quiroz Hernandez, R. (2023). *Consideraciones Para La Sustitución De Tanques En Las Estaciones De Servicio*. Surtidores Latam Mexico, Mexico.

Ramon , T. (2021). *Importancia Del Mantenimiento De Las Estaciones De Servicio*. España - Valencia.

Serprogas. (2019). *Accesorios Y Equipos Para Gasolineras. Servicios Profesionales En Gasolineras*.

Sisa Amaguaya , P. (2015). *Elaboración Del Procedimiento Para La Reparacion De Tanques De Almacenamiento De Crudo, De Techo Cónico, De 20.000 Barriles Según La Norma Api 653, Para La Empresa Solmaquitrans S.A. Riobamba* .

ANEXOS

Anexo 1. Prueba hidráulica a los tanques estacionarios gasolina especial.

Instituto Boliviano de Metrología		 Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural
PRUEBA HIDRÁULICA		CV-CH-PHT-0037-2018
TANQUES ESTACIONARIOS		Teléfono: 591-2 2372046 int 400, 420
Solicitante:	YFPB CHUQUISACA - ESTACION DE SERVICIO EL TEJAR	
Dirección:	AV. HEROES DE LA CALANCHA S/N	
Departamento:	Chuquisaca	
NIT:	1020269020	
Denominación del Tanque:	TK-GE	
Marca de Fábrica:	No indica	
Año de Fabricación:	No indica	
Presión de trabajo:	1,0 bar (14,5 psi)	
Presión de Prueba:	1,5 bar (21,8 psi)	
Tiempo de Prueba:	1 hora.	
Capacidad Nominal:	30000 litros.	
Número de Compartimientos:	1	
Lugar de Verificación:	AV. HEROES DE LA CALANCHA S/N	
Fecha de Verificación:	2018-11-29	
Fecha de Emisión:	2018-11-26	
Proxima fecha de Verificación:	2023-11-29	
Número de Páginas del Certificado:	2	
Elaborado por:  Victor Veliz Menar		Revisado por:



Fuente: Extraído de certificación de la prueba hidrostática por el instituto Boliviano De Metrología De Bolivia.

Anexo 2. Registro de prueba hidráulica tanque de gasolina especial.

IBM-PE-207-F02		FORMULARIO		
V.01		REGISTRO DE PRUEBA HIDRAÚLICA		
Página 1 de 1				
CV-CH-PHT-0037-2018				N° de Formulario
DATOS SOLICITANTE				
PROPIETARIO O RAZON SOCIAL:		FOSO EL TEJAR T. P. F. B.		
DIRECCIÓN:		HEROES DE LA CALANCHA S/N		
TELÉFONO/CELULAR:		75444474		
PERSONA DE CONTACTO:		NEHEMIAS ALVINO		
NIT:		1020269020		
DATOS DEL TANQUE				
TIPO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO:	HORIZONTAL	<input checked="" type="checkbox"/> TIPO CISTERNA	PLACA	
DENOMINACIÓN DEL TANQUE:	TK-GE.	MARCA DE FABRICA:	N/I	
AÑO DE FABRICACION:	N/I	NUMERO DE SERIE:	N/I	
CAPACIDAD NOMINAL:	30000 L	NUMERO DE COMPARTIMENTOS:	1	
MATERIAL DEL TANQUE:	ACERO	USO DEL TANQUE:	GASOLINA ESPECIAL	
LONGITUD DEL TANQUE:	6730 mm	ESPESOR DEL CUERPO:	4,8 mm	
DIAMETRO DEL TANQUE:	2415 mm	ESPESOR DEL CABEZAL:	4,9 mm	
ALTO DEL TANQUE:	/			
ANCHO DEL TANQUE:	/			
DATOS DE LA PRUEBA				
DIRECCIÓN LUGAR DE PRUEBA:		HEROES DE LA CALANCHA S/N.		
FECHA DE PRUEBA:		2018/10/29		
TIEMPO DE PRUEBA:		60 minutos.		
PRESION DE PRUEBA:		1,5 bar		
RESULTADO DE LA PRUEBA:	APROBO	<input checked="" type="checkbox"/>	REPROSO	
COLOR DEL TANQUE:	GRINDO			
OBSERVACIONES: TANQUE ENTERRADO				

Fuente: Extraído de planilla de campo, prueba hidrostática por personal calificado YPFB.

Anexo 3. Prueba hidráulica a los tanques estacionarios diésel oíl.



Instituto Boliviano de Metrología



Ministerio de
Desarrollo Productivo
y Economía Plural

PRUEBA HIDRÁULICA

CV-CH-PHT-0038-2018

TANQUES ESTACIONARIOS

Teléfono: 591-2 2372046 int 400, 420

Solicitante:	YPFB - E.S. EL TEJAR
Dirección:	AV. HÉROES DE LA CALANCHA S/N
Departamento:	Chuquisaca
NIT:	1020269020
Denominación del Tanque:	TK-DO
Marca de Fábrica:	No indica
Año de Fabricación:	No indica
Presión de trabajo:	1,0 bar (14,5 psi)
Presión de Prueba:	1,5 bar (21,8 psi)
Tiempo de Prueba:	1 hora.
Capacidad Nominal:	30000 litros.
Número de Compartimientos:	1
Lugar de Verificación:	AV. HÉROES DE LA CALANCHA S/N
Fecha de Verificación:	2018-10-29
Fecha de Emisión:	2018-11-26
Proxima fecha de Verificación:	2023-10-29
Número de Páginas del Certificado:	2



Fuente: Extraído de certificación de la prueba hidrostática por el instituto Boliviano De Metrología De Bolivia.

Anexo 4. Registro de prueba hidráulica tanque de diésel oil.

IBM-PE-207/F02		FORMULARIO		
V.01		REGISTRO DE PRUEBA HIDRAÚLICA		
Página 1 de 1				
CU-CH-PHT-0038-2018				N° de Formulario
DATOS SOLICITANTE				
PROPIETARIO O RAZON SOCIAL:		F. S. F. TEJER Y P. F. B.		
DIRECCIÓN:		AV. HEROES DE LA CALANCHA S/N		
TELEFONO/CELULAR:		75444474		
PERSONA DE CONTACTO:		NEHEMIAS ALVINO		
NIT:		3020269020		
DATOS DEL TANQUE				
TIPO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO:	HORIZONTAL	<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO CISTERNA	PLACA
DENOMINACION DEL TANQUE:	TK-D.O.	MARCA DE FABRICA:	N/I	
AÑO DE FABRICACION:	N/I	NUMERO DE SERIE:	N/I	
CAPACIDAD NOMINAL:	30000 L	NUMERO DE COMPARTIMIENTOS:	1	
MATERIAL DEL TANQUE:	ACERO	USO DEL TANQUE:	DIESEL OIL	
LONGITUD DEL TANQUE:	6732 mm	ESPESOR DEL CUERPO:	4,8 mm	
DIAMETRO DEL TANQUE:	2410 mm	ESPESOR DEL CABEZAL:	4,9 mm	
ALTO DEL TANQUE:	/			
ANCHO DEL TANQUE:	/			
DATOS DE LA PRUEBA				
DIRECCIÓN LUGAR DE PRUEBA:		AV. HEROES DE LA CALANCHA S/N		
FECHA DE PRUEBA:		2018/10/29		
TIEMPO DE PRUEBA:		60 minutos		
PRESION DE PRUEBA:		1,5 bar		
RESULTADO DE LA PRUEBA:	APROBO	<input checked="" type="checkbox"/>	REPROBO	
COLOR DEL TANQUE:	GRISO			
OBSERVACIONES:				

Fuente: Extraído de planilla de campo, prueba hidrostática por personal calificado YPFB.

Anexo 5. Ficha de seguridad Gasolina Especial.

FICHA DE EMERGENCIA	
Producto: GASOLINA ESPECIAL	Versión: 3
Aspecto: Líquido claro ligeramente amarillo, de olor característico.	
1.- FICHA DE EMERGENCIA	
 <p>Riesgo a la salud: 1 Ligeramente peligroso Riesgo al incendio: 3 Puede inflamarse en condiciones casi normales Reactividad: 0 Estable Riesgo específico:</p>	 Descripción de clase y subclase de riesgo: Líquido inflamable  Número de riesgo: 33 Número ONU: 1203
2.- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	
EPP:	Específico: Guantes impermeables (PVC, polietileno o neopreno), uso de respirador con filtro químico para vapores orgánicos, anteojos protectores de seguridad especialmente diseñados para protección contra salpicaduras de líquidos.
3.- RIESGO	
Fuego:	Líquido y vapor inflamable, los contenedores pueden explotar si son sometidos al calor. Se puede encender por calor, chispa, llama o descarga electrostática. El contacto con agentes oxidantes puede producir explosión. Temperatura de auto inflamación = 250°C.
Salud:	El contacto repetido o prolongado con la piel puede causar irritación y dermatitis. La inhalación crónica puede causar daños al hígado y a los riñones. La ingestión causa irritación gastro intestinal, pérdida de consciencia y puede causar neumonía. El contacto con los ojos causa irritación e inflamación.
Medio Ambiente:	Altamente volátil, sus vapores son perjudiciales al medio ambiente, el producto es altamente tóxico para la vida acuática, debido a la presencia de hidrocarburos aromáticos. Puede afectar el suelo y por percolación, degradar la calidad del agua subterránea.
4.- EN CASO DE ACCIDENTES	
Derrame:	<ul style="list-style-type: none"> • Evacuar o aislar el área de peligro. • Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. • Detener el derrame si puede hacerlo sin riesgo. • Absorber el remanente o los derrames pequeños con arena o tierra. • Colocar en una instalación apropiada los desechos.
Fuego:	<ul style="list-style-type: none"> • Medios de extinción adecuados son: espuma para hidrocarburos, polvo químico seco y dióxido de carbono (CO2). • Evacuar o aislar el área de peligro. • Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. • Usar equipo de protección personal incluyendo un equipo de respiración autocontenido. • Retirar el material combustible de los alrededores. • Retirar los contenedores si puede hacerlo sin riesgo, en caso contrario, enfriarlos con agua en forma de rocío. • No introducir agua en los contenedores.
Contaminación:	<ul style="list-style-type: none"> • Recoger lo vertido con tierra u otros materiales absorbentes inertes. • No lanzar por la cloaca o los cursos de agua. • Introducir el material en un contenedor apropiado para desecho. • Remover hacia un área segura y abierta para que se realice la evaporación natural. • Si el producto contamina lagos, ríos o alcantarillas, informar a las autoridades pertinentes, según la legislación local.
Primeros Auxilios:	<ul style="list-style-type: none"> • Trasladar al afectado al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. • Retirar la ropa y calzados contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. • Lavar la boca con agua, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. • Lavar los ojos con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico.
Informaciones al Médico:	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, en base a su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.
Teléfonos en caso de emergencias (Línea Gratuita)	Ref. Guillermo Elder Bell Santa Cruz 800 10 7772 Ref. Gualberto Villarroel Cochabamba 800 10 7100
	*Llamadas desde el exterior marcar prefijos: (591-3) Santa Cruz ó (591-4) Cochabamba

Fuente: Extraído de YPFB REFINACION.

FICHA DE EMERGENCIA	
Producto: DIÉSEL ÓIL / GAS ÓIL	Versión: 4
Aspecto: Líquido, amarillo cristalino de olor característico.	
1.- FICHA DE EMERGENCIA	
 <p>Riesgo a la salud: 0 Material no peligroso (riesgo normal) Riesgo al incendio: 3 Material que requiere ser calentado para su inflamación Reactividad: 0 Estable Riesgo específico:</p>	 Descripción de clase y subclase de riesgo: Líquido inflamable  Número de riesgo: 33  Número ONU: 1202
2.- COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE LOS INGRED	
EPP:	Específico: Gafas de seguridad para químicos con protección lateral, ropa de protección química, guantes impermeables de nitrilo/viton, para bajas concentraciones use tapa bocas, si la concentración excede los límites de seguridad use respirador adecuado.
3.- RIESGO	
Fuego:	Líquido y vapor inflamable, los contenedores pueden explotar si son sometidos al calor. Se puede encender por calor, chispa, llama o descarga electrostática. Punto de inflamabilidad = 71°C.
Salud:	La ingestión o inhalación ocasionan irritación, puede presentarse bronco aspiración y producir neumonitis química. Produce irritación de piel y ojos y si se absorbe a través de la piel, puede llegar a ser fatal. Altera el sistema nervioso central.
Medio Ambiente:	Moderadamente volátil, mortal para la vida acuática y todo tipo de vida animal, en las fuentes de agua por tratarse de un compuesto menos denso que el agua flota y disminuye la transferencia de oxígeno, alterando las condiciones aeróbicas. Al ser absorbido a través de la piel se hace bioacumulable y produce la muerte de la fauna y peces.
4.- EN CASO DE ACCIDENTES	
Derrame:	<ul style="list-style-type: none"> • Evacuar o aislar el área de peligro. • Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. • Detener el derrame si puede hacerlo sin riesgo. • Absorber el remanente o los derrames pequeños con tierra diatomácea, arena o tierra. • Colocar los desechos en una instalación apropiada.
Fuego:	<ul style="list-style-type: none"> • Medios de extinción adecuados son: polvo químico seco, CO2, polvo polivalente ABC. • Evacuar o aislar el área de peligro. • Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. • Usar equipo de protección personal incluyendo un equipo de respiración autocontenido. • Retirar el material combustible de los alrededores. • Retirar los contenedores si puede hacerlo sin riesgo, caso contrario, enfriarlos con agua en forma de rocío. • No introducir agua en los contenedores.
Contaminación:	<ul style="list-style-type: none"> • Recoger lo vertido con tierra u otros materiales absorbentes inertes. • No lanzar por la cloaca o los cursos de agua. • Introducir el material en un contenedor apropiado para desecho. • Remover hacia un área segura y abierta para que se realice la evaporación natural. • Si el producto contamina lagos, ríos o alcantarillas, informar a las autoridades pertinentes, según la legislación local.
Primeros Auxilios:	<ul style="list-style-type: none"> • Trasladar al afectado al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. • Retirar la ropa y calzados contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. • Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. • Lavar los ojos con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico.
Informaciones al Médico:	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, en base a su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.
Teléfonos en caso de emergencias (Línea Gratuita)	Ref. Guillermo Elder Bell Santa Cruz 800 10 7772 Ref. Gualberto Villarroel Cochabamba 800 10 7100
*Llamadas desde el exterior marcar prefijos: (591-3) Santa Cruz ó (591-4) Cochabamba	

Fuente: Extraído de YPFB REFINACION.