



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto de investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniera Mecánica.

Título del proyecto de investigación

**“ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DEL TANQUE VERTICAL
PR-001 DE CAPACIDAD NOMINAL DE 500 BARRILES PARA
ALMACENAMIENTO DE DIÉSEL UBICADO EN LA PARROQUIA 7 DE JULIO
CANTÓN SHUSHUFINDI”**

Autora:

María Valeria Quilumba Ruiz

Director de proyecto de investigación:

Ing. Diego Javier Punina Guerrero

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **María Valeria Quilumba Ruiz**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

María Valeria Quilumba Ruiz

C.C. 2100691340

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Por medio de la presente yo, **Ing. DIEGO JAVIER PUNINA GUERRERO**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **MARIA VALERIA QUILUMBA RUIZ** con número de cédula 2100691340, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Análisis de las condiciones operativas del tanque vertical PR-001 de capacidad nominal de 500 barriles para almacenamiento de diésel ubicado en la parroquia 7 de julio cantón Shushufindi**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Mecánica, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto y la señorita se compromete a realizar los cambios aún pertinentes.

1804259743
DIEGO JAVIER
PUNINA
GUERRERO

Digitally signed by 1804259743 DIEGO JAVIER PUNINA GUERRERO
DN: cn=1804259743 DIEGO JAVIER PUNINA GUERRERO, o=PUNINA GUERRERO DIEGO JAVIER, givenName=DIEGO JAVIER, serialNumber=1804259743, email=dieguito_5220@hotmail.com, c=EC, cn=1804259743 DIEGO JAVIER PUNINA GUERRERO, email=dieguito_5220@hotmail.com, 2.5.4.13=Certificado para Persona Natural con RUC, st=TUNGURAHUA, DN=AMBA10, ou=Certificado de Representante Legal de Persona Jurídica EC
Adobe Reader version: 11.0.23

Ing. Diego Javier Punina Guerrero
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Ing. **DIEGO JAVIER PUNINA GUERRERO**, en calidad de director de Proyecto de Investigación titulado “**Análisis de las condiciones operativas del tanque vertical PR-001 de capacidad nominal de 500 barriles para almacenamiento de diésel ubicado en la parroquia 7 de julio cantón Shushufindi**”, Me permito manifestar a usted y por intermedio al Consejo Académico de Facultad lo siguiente:

Que, la estudiante **MARIA VALERIA QUILUMBA RUIZ**, egresada de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, ha cumplido con las correcciones pertinentes, e ingresados su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, tengo a bien certificar la siguiente información sobre el informe del sistema con un porcentaje de 9% cumpliendo con el reglamento de Graduación de Estudiantes de Pregrado y la Normativa establecida por la Universidad.

URKUND

Documento	TESIS ORIGINAL CORRECCION FINAL.pdf (D160007897)
Presentado	2023-03-03 09:44 (-05:00)
Presentado por	maria.quilumba2016@uteq.edu.ec
Recibido	dpuninag2.uteq@analysis.arkund.com
Mensaje	ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DEL TANQUE VERTICAL PR-001 DE CAPACIDAD NOMINAL (500 BARRILES Mostrar el mensaje completo 9% de estas 27 páginas, se componen de texto presente en 6 fuentes.

1804259743 DIEGO
JAVIER PUNINA
GUERRERO

Digitally signed by 1804259743 DIEGO JAVIER PUNINA GUERRERO
DN: 1.3.6.1.4.1.37442.13.4+1804259743, o=PUNINA GUERRERO DIEGO
JAVIER, givenName=DIEGO JAVIER, 2.5.4.63+1804259743, c=EC,
serialNumber=1804259743, uri=PUNINA GUERRERO, cn=1804259743
DIEGO JAVIER PUNINA GUERRERO, email=diego@1804259743,
2.5.4.13-Certificado para Persona Natural con RUC, st=TUNGURAHUA,
LAMBAYO, ou=Certificado de Representante Legal de Persona Jurídica
EC
Adobe Reader version: 11.0.23

Ing. Diego Javier Punina Guerrero
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Título del Proyecto de investigación

“Análisis de las condiciones operativas del tanque vertical PR-001 de capacidad nominal de 500 barriles para almacenamiento de diésel ubicado en la parroquia 7 de Julio cantón Shushufindi”

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Mecánica.

Aprobado por:



Firmado electrónicamente por:
**DANIEL ROBERTO
ZAPATA HIDALGO**

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Daniel Roberto Zapata Hidalgo



Firmado electrónicamente por:
**ERNESTO JAVIER
RUANO HERRERÍA**

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Ernesto Javier Ruano Herrería



Firmado electrónicamente por:
**GABRIEL ALEJANDRO
ARELLANO ORTÍZ**

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Gabriel Alejandro Arellano Ortíz

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza para cumplir mi sueños y metas. Agradezco a mis padres por ser mi soporte vital, a mi hermano Antonio y mi hermanita Luciana por ser mi inspiración para seguir adelante, a mi abuelita Ibis por ser mi apoyo durante mi formación académica, a mi familia entera por estar a mi lado cuando necesité.

Agradezco a los docentes que formaron parte de mi proceso de aprendizaje y dejaron una huella en mí, al Ing. Edison Téquiz por guiarme en cada paso de esta investigación y ser un excelente compañero de trabajo.

Agradezco a personas importantes que conocí en el Alma Máter y sumaron en estos 5 años de preparación.

María Valeria Quilumba Ruiz

DEDICATORIA

Ante todo, a Dios nuestro creador, a mi Abuelito José Eduardo Quilumba, aunque no este con nosotros su presencia sigue viva en mi corazón.

Este trabajo se lo dedico a mis padres, Antonio y Jessenia por ser personas luchadoras, mostrándome cada día que no existen obstáculos para seguir adelante escuchando todos los días a mi padre Toñito “son lo mejor de mi vida” y de mi madre Jessy “todo nuestro esfuerzo es por ustedes” la persona que me he convertido hoy es por ustedes.

A mis hermanitos Antonio y Luciana quienes han sido lo mejor de mi vida por su ánimo y amor incondicional son el motivo de seguir y luchar siempre.

A mis abuelitas Ibis y Guadalupe por ser dos de las personas más importantes de mi vida por que sin duda alguna siempre me dicen que voy a llegar muy lejos.

A mi familia entera por su cariño incondicional que me han brindado en los años de mi existencia.

María Valeria Quilumba Ruiz

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

Los tanques de almacenamiento se usan comúnmente en industrias para almacenar petróleo crudo y sus derivados en este caso como el tanque PR-001 de almacenamiento de diésel. Este tipo de tanque requiere inspecciones periódicas en diferentes intervalos de tiempo, con el fin de poder analizar el asentamiento, la redondez, y la verticalidad, se dice que se pueden presentar anomalías por su uso a largo tiempo.

Para garantizar la confianza de la estructura, es necesario llevar a cabo un control periódico, desarrollar un estilo de monitoreo confiable y rentable. Dicho monitoreo consistió en tomar factores topográficos del tanque mediante estación total, esta tarea se llevó a cabo a partir de la observación externa y tomando como criterio de evaluación de la norma API 653, que indica factores de inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanques. Así que esta investigación mostrará los resultados obtenidos a partir de los cálculos procesados mediante los datos entregados por el inspector de área.

Esta inspección surgió como necesidad y tarea de prioridad solicitada para esta investigación. Los datos fueron obtenidos mediante los equipos topográficos conocidos como "estación total" acompañados por el topógrafo de turno, los datos fueron procesados y analizados como se muestran en los resultados finales.

Palabras claves: Norma API 653, Almacenamiento de diésel, Reparación de tanques de almacenamientos.

ABSTRACT AND KEYWORDS

Storage tanks are commonly used in industries to store crude oil and its derivatives, in this case as the PR-001 diesel storage tank. This type of tank requires periodic inspections at different time intervals, in order to be able to analyze the settlement, roundness, and verticality, it is said that abnormalities may occur due to its long-term use.

To ensure the trustworthiness of the structure, it is necessary to carry out periodic monitoring, develop a reliable and cost-effective monitoring style. Said monitoring consisted of taking topographic factors of the tank using the total station, this task was done based on external observation and evaluation in the criteria of the API 653 standard, which indicates factors for the inspection, repair, alteration and reconstruction of tanks. So this investigation will show the results obtained from the calculations processed through the data provided by the area inspector.

This inspection was generated as a need and priority task requested for this investigation. The data was obtained by topographic equipment known as "total station" accompanied by the surveyor on duty, the data was processed and analyzed as shown in the final results.

Keywords: API 653 Standard, Diesel storage, Repair of storage tanks.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN Y PALABRAS CLAVES	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	x
CÓDIGO DUBLÍN	xvii
NOMENCLATURAS ABREVIATURAS	xviii
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xix
1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
CONCEPTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.1.2. Diagnóstico.....	3
1.1.3. Pronóstico.....	3
1.1.4. Formulación del problema.	3
1.1.5. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.	4
1.2.1. Objetivo general.	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Justificación.....	5

CAPÍTULO II.....	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1. Marco conceptual.....	7
2.1.1. Norma API.	7
2.1.2. Uso de tanques de almacenamiento.....	8
2.1.3. Tolerancias dimensionales.	9
2.1.4. Asentamiento.....	10
2.1.5. Tipos de asentamiento.....	10
2.1.6. Tipos de Inspecciones en tanques.....	11
2.1.7. Equipos de medición topográficos.....	13
CAPÍTULO III	18
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.1. Localización.	19
3.2. Tipos de investigación.	19
3.2.1. Investigación descriptiva.....	19
3.2.2. Investigación exploratoria.	20
3.2.3. Investigación aplicada.....	20
3.3. Métodos de investigación.....	20
3.3.1. Método investigativo.	20
3.3.2. Método deductivo.	20
3.4. Fuentes de recopilación de información.	21
3.4.1. Fuentes de recopilación primarias.	21
3.4.2. Fuentes secundarias.	21
3.5. Diseño de investigación	21
3.5.1. Diseño experimental.	21
3.6. Instrumento de investigación.....	22
3.7. Tratamiento de los datos.	22

3.8. Recursos humanos y materiales.....	22
3.8.1. Recursos humanos.	22
3.8.2. Recursos materiales.	23
3.8.3. Equipos.....	23
CAPÍTULO IV	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Datos externos.	26
4.1.1. Datos externos del tanque.....	28
4.2. Asentamiento.....	29
4.3. Verticalidad.	34
4.4. Redondez.....	35
CAPÍTULO V.....	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
5.1. Conclusiones.	39
5.2. Recomendaciones.	40
CAPÍTULO VI	41
BIBLIOGRAFÍA	41
CAPÍTULO VII.....	44
ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tolerancias de radios según la tabla 10-2 de la norma API 653.....	9
Tabla 2. Lista de verificación (check list) para la inspección externa para tanques atmosféricos verticales en operación o servicio.	12
Tabla 3. Datos externos de campo.	26
Tabla 4. Datos externos finales.....	28
Tabla 5. Datos externos principales.	29
Tabla 6. Cálculos Iniciales de Asentamiento tanque (PR-001).....	29
Tabla 7. Deflexión diferencial	30
Tabla 8. Constantes de curva de coseno.....	32
Tabla 9. Resultados para la curva del coseno óptimo.	32
Tabla 10. Datos para verticalidad.	34
Tabla 11. Resultado de verticalidad.....	35
Tabla 12. Datos de redondez.	36

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tanque vertical de almacenamiento diésel PR-01.	8
Ilustración 2. Medición de la cáscara externa	10
Ilustración 3. Representación de puntos.	14
Ilustración 4. Levantamiento de terreno en general.	14
Ilustración 5. Topografía para vías de comunicación.....	15
Ilustración 6. Topografía de minas.	15
Ilustración 7. Levantamientos catastrales.	16
Ilustración 8. Levantamiento hidrográfico del Ecuador.	16
Ilustración 9. Levantamientos de ingeniería.	17
Ilustración 10. Fotogrametría.	17
Ilustración 11. Instalaciones de la empresa.	19
Ilustración 12. Estación Total Leica FlexLine TS09plus Manual.....	24
Ilustración 13. Deflexión diferencial.....	31
Ilustración 14. Curva del Coseno Óptimo	33
Ilustración 15. División por ángulos	35

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Criterio de Verticalidad.....	9
Ecuación 2. Deflexión diferencial.....	30
Ecuación 3. Coseno óptimo	31
Ecuación 4. Suma de los cuadrados de las diferencias entre la elevación promedio medida y la elevación medida.....	32
Ecuación 5. Suma de los cuadrados de las diferencias entre las elevaciones medidas y las predichas.....	32
Ecuación 6. Asentamiento fuera de plano	33
Ecuación 7. Criterio de redondez.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tanque vertical PR-001.	45
Anexo 2. Prisma accesorio de medición topográfica.....	45
Anexo 3. Cinta.....	46
Anexo 4. Ubicación de la estación total y prisma.	46
Anexo 5. Toma de datos del Tanque PR-001.....	47
Anexo 6. Equipo calificado.....	47
Anexo 7. Referencia de indicación de ángulo en el tanque a 0°.	48
Anexo 8. Referencia de indicación de ángulo en el tanque a 45°.	48
Anexo 9. Hoja de datos en Excel.....	49
Anexo 10. Cumplimiento de redondez.	50
Anexo 11. Cumplimiento de asentamiento.	51
Anexo 12. Tolerancias de verticalidad.....	52
Anexo 13. Hoja de resultados en Excel	53
Anexo 14. Oficio de veracidad del proyecto de titulación.....	54

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Análisis de las condiciones operativas del tanque vertical PR-001 de capacidad nominal de 500 barriles para almacenamiento de diésel ubicado en la parroquia 7 de julio cantón Shushufindi.		
Autor:	Quilumba Ruiz María Valeria		
Palabras clave:	Norma API 653	Almacenamiento de diésel	Reparación de tanques de almacenamientos
Fecha de publicación:	22-mayo-2023		
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2023.		
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>Resumen.- Los tanques de almacenamiento se usan comúnmente en industrias para almacenar petróleo crudo y sus derivados en este caso como el tanque PR-001 de almacenamiento de diésel. Este tipo de tanque requiere inspecciones periódicas en diferentes intervalos de tiempo, con el fin de poder analizar el asentamiento, la redondez, y la verticalidad, se dice que se pueden presentar anomalías por su uso a largo tiempo.</p> <p>Para garantizar la confianza de la estructura, es necesario llevar a cabo un control periódico, desarrollar un estilo de monitoreo confiable y rentable. Dicho monitoreo consistió en tomar factores topográficos del tanque mediante estación total, esta tarea se llevó a cabo a partir de la observación externa y tomando como criterio de evaluación de la norma API 653, que indica factores de inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanques. Así que esta investigación mostrará los resultados obtenidos a partir de los cálculos procesados mediante los datos entregados por el inspector de área.</p> <p>Esta inspección surgió como necesidad y tarea de prioridad solicitada para esta investigación. Los datos fueron obtenidos mediante los equipos topográficos conocidos como "estación total" acompañados por el topógrafo de turno, los datos fueron procesados y analizados como se muestran en los resultados finales.</p> <p>Abstract .- Storage tanks are commonly used in industries to store crude oil and its derivatives, in this case as the PR-001 diesel storage tank. This type of tank requires periodic inspections at different time intervals, in order to be able to analyze the settlement, roundness, and verticality, it is said that abnormalities may occur due to its long-term use.</p> <p>To ensure the trustworthiness of the structure, it is necessary to carry out periodic monitoring, develop a reliable and cost-effective monitoring style. Said monitoring consisted of taking topographic factors of the tank using the total station, this task was done based on external observation and evaluation in the criteria of the API 653 standard, which indicates factors for the inspection, repair, alteration and reconstruction of tanks. So this investigation will show the results obtained from the calculations processed through the data provided by the area inspector.</p> <p>This inspection was generated as a need and priority task requested for this investigation. The data was obtained by topographic equipment known as "total station" accompanied by the surveyor on duty, the data was processed and analyzed as shown in the final results.</p>		
Descripción:	74 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-R		
URI:			

NOMENCLATURAS ABREVIATURAS

API American Petroleum Institute

GLP Gas Licuado del Petróleo

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Término	Descripción	Unidad
\emptyset	Diámetro	mm
H	Altura	mm
\emptyset_{prom}	Diámetro promedio	mm
\emptyset_{pdb}	Diámetro promedio pie de la base	mm
S_i	Deflexión diferencial	mm
U_i	Asentamiento diferencial	mm
U_{i-1}	Asentamiento en coordenada referencial	mm
U_{i+1}	Asentamiento en coordenada siguiente	mm
S_{max}	Asentamiento fuera de plano	ft
L	Longitud o altura de anillos	ft
Y	Límite elástico del material del cuerpo del tanque	psi
E	Módulo de Young	psi
$Elev_{pred}$	Altura predicha por la curva coseno en el ángulo θ	mm
S_{YY}	Suma de los cuadrados de las diferencias entre la elevación promedio medida y la elevación medida	mm ²
SSE	Suma de los cuadrados de las diferencias entre las elevaciones medidas y las predichas	mm ²
$Elev_{pro}$	Elevación promedio medida	mm
$Elev_{med}$	Elevación medida	mm
$Elev_{pre}$	Elevación predicha	mm

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el almacenamiento del petróleo se considera el punto medio entre la producción y el transporte de este hidrocarburo, obteniendo en este proceso la sedimentación de agua y lodos para su posterior despacho por el oleoducto y dirigirlo a la refinación. El almacenamiento tipo reserva del petróleo y sus derivados, se considera de gran importancia para la explotación y aplicación de los servicios del hidrocarburo, ya que, al almacenar se brinda flexibilidad de operatividad en refinerías y centros de acopio.

Para almacenar el combustible diésel, se hace uso de tanques verticales compuestos por materiales de acero inoxidable, cuyas condiciones operativas se encuentran dentro del cumplimiento de la norma API 653. Para el Instituto Americano de Petróleo, API, el mantenimiento de tanques de almacenamiento se basa en una serie de normas o estándares que son recomendaciones expuestas en base a la experiencia con respecto a; los procedimientos de inspección, reparación y reconstrucción de tanques.

A base de experiencias de expertos profesionales dedicados a la inspección de tanques verticales, se recomienda analizar los parámetros dimensionales; verticalidad, redondez y asentamiento del tanque vertical PR-001. La norma utilizada para el presente proyecto se basa en la norma API 653. (Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction.) (Inspección, Reparación, Alteración y Reconstrucción de Tanques), permitiendo analizar y determinar pruebas dimensionales del tanque vertical de almacenamiento de diésel.

CAPÍTULO I

CONCEPTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

En el planteamiento del problema es necesario conocer las normas que conlleva determinar los parámetros para un correcto análisis dimensional de los tanques verticales de almacenamiento de crudo y sus derivados (diésel), los cuales son ocupados diariamente por las industrias petroleras.

1.1.2. Diagnóstico.

El análisis dimensional permite que los tanques verticales se encuentren dentro de los estándares y parámetros establecidos en la norma API 653. De tal manera que estos tanques puedan ser transportados a las locaciones de la producción petrolera para beneficio económico de las industrias que adquieren sus servicios.

1.1.3. Pronóstico.

En el caso de superar las evaluaciones dependiendo de los parámetros dimensionales planteados en la norma API 653. como la verticalidad, redondez y asentamiento para que estos sean sometidos a la calibración/inspección volumétrica y así llegar a ser liberados.

1.1.4. Formulación del problema.

Desconocimiento sobre la aplicación de las normas al momento de realizar la construcción y reparación de los tanques verticales. Ya que desde ahí parte para cumplir con los parámetros requeridos según su diámetro, verticalidad, redondez y asentamiento dependiendo únicamente de sus tolerancias respectivas caso contrario el estudio no se podría ejecutar.

1.1.5. Sistematización del problema.

- ¿Los anillos de acero del tanque cumplen con las condiciones de redondez que recomienda la norma API 653?
- ¿La condición del tanque cumple con la tolerancia del asentamiento según la norma API 653?
- ¿La desviación de la verticalidad en función a la altura del tanque presenta la condición adecuada de operación dentro de la tolerancia de verticalidad según la norma API 653?
- ¿Los criterios de la norma API 653 en el área de inspección son de carácter mandatorios?

1.2.Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Analizar las condiciones operativas del tanque vertical PR-001 de capacidad nominal de 500 barriles para almacenamiento de Diésel ubicado en la parroquia 7 de Julio cantón Shushufindi.

1.2.2. Objetivos específicos

- Verificar la verticalidad del tanque de almacenamiento de Diésel mediante análisis de la norma API 653.
- Comprobar la redondez del tanque de almacenamiento de diésel mediante análisis de la norma API 653.
- Determinar el asentamiento del tanque de almacenamiento de diésel mediante la norma API 653.
- Resolver los requerimientos exigidos por la norma API 653 con la ayuda del software Microsoft Excel.

1.3. Justificación.

Realizar las inspecciones de los tanques verticales por el método dimensional es válido hasta 5 años. Dependiendo de los mantenimientos que se realicen o cambios de accesorios que alteren su volumen estos deberán ser recalibrados.

Para mejorar la producción los tanques de almacenamiento tienen que encontrarse en buen estado ya que de estos dependen del almacenamiento de diésel. Adicionalmente permitirá minimizar riesgos de contaminación ambiental por derrames del combustible y pérdidas de producción por falta de capacidad instalada para almacenamiento. Ya que estos son parte fundamental de la producción petrolera y es una fuente de ingresos importantes para el país.

Con el presente proyecto de investigación se trata de conocer, si el tanque vertical estando en producción cumple con los parámetros dimensionales ubicados en la norma API 653 mediante la matriz de cálculo que mostrará los resultados que se obtuvieron a partir de la toma de datos en campo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. Norma API.

La norma API 653, fue desarrollada para guiar durante los trabajos de inspección, reparación, alteración y desmantelamiento de tanques de almacenamiento diseñados y fabricados bajo API [1].

El alcance de la norma API 653 se limita a los siguientes componentes del tanque: cimiento, fondo del tanque, carcasa, estructura, techo y boquillas hasta la cara de la primera brida. Para la evaluación de la degradación durante el servicio, se deben consultar normativas adicionales, como API 579-1 / ASME FFS-1 (aptitud para el servicio). Esta normativa define los procedimientos y criterios de aceptación a considerar en el análisis de fallas. Es importante estar familiarizado con estas regulaciones para una adecuada evaluación del tanque [2].

Cuando se requiera una modificación física del tanque, se realizará una evaluación de la integridad futura del tanque. Los principales factores que se deben tener en cuenta durante la evaluación de la integridad del tanque son los asociados al producto almacenado, las condiciones ambientales, materiales, cargas vivas, cimentaciones, distorsiones del tanque existente, etc [3].

Una de las secciones más importantes de la norma API 653 es la asociada con los requisitos de inspección. Al programar y realizar inspecciones periódicas a los tanques de almacenamiento “en servicio”, se deben considerar los requisitos señalados en el Artículo 6 de la norma antes mencionado [1].

2.1.2. Uso de tanques de almacenamiento.

De todos los tipos de contenedores, los tanques de almacenamiento son los más utilizados. Los diferentes tipos de depósitos se utilizan para almacenar una gran variedad de productos como crudo y sus derivados, butano, propano, GLP, disolventes, agua, etc.

Las industrias donde se pueden encontrar tanques de almacenamiento son: producción y refinación de petróleo, fabricación de productos químicos y petroquímicos, operaciones de almacenamiento y transferencia a granel, otras industrias que consumen o producen líquidos y vapores [4].

2.1.2.1. Tanques verticales.

Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y/o comercialización. Los tanques cilíndricos verticales de fondo plano nos permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo, con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas.

Ilustración 1. Tanque vertical de almacenamiento diésel PR-01.



Elaborado por: AUTOR

2.1.3. Tolerancias dimensionales.

2.1.3.1. Verticalidad.

El máximo desplome de la parte superior de la carcasa en relación con la parte inferior, no debe exceder $\frac{1}{100}$ de la altura total del tanque con un máximo de 5 in [5].

$$\text{Criterio verticalidad} = \frac{H}{100} \quad (1)$$

H= Altura (m)

2.1.3.2. Redondez.

Los diámetros de cada uno de los anillos medidos a 1 ft por encima de la soldadura del piso o a su vez de cada uno de los anillos, al fondo no deberán exceder las tolerancias que se muestran en la Tabla 1 según la norma API 653, las tolerancias de radio medidas a más de 1ft por encima de la soldadura de los anillos, al fondo no debe exceder tres veces las tolerancias.

Tabla 1. Tolerancias de radios según la tabla 10-2 de la norma API 653.

API 653 - Tabla 10.2	
Diámetros de tanque	Tolerancias de radio
(ft)	(in)
< 40	± ½
40 a < 150	± ¾
150 a < 250	± 1
≥ 250	± 1 ¼

Fuente: API STANDARD 653 [5]

2.1.4. Asentamiento.

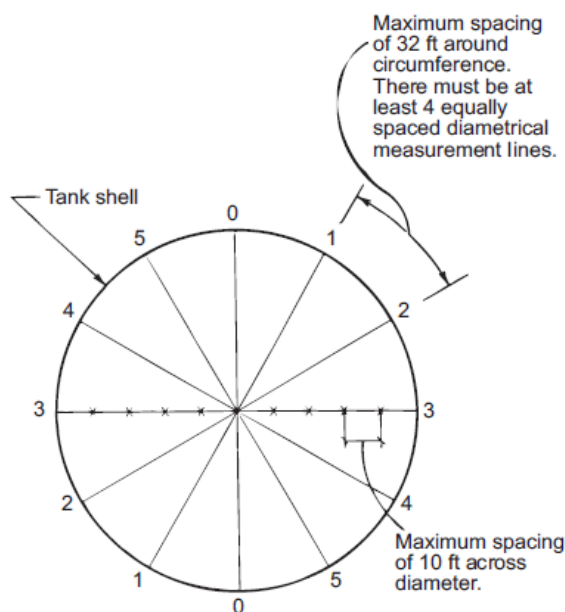
Tipo de medida que logra identificar las diferencias de alturas de un punto a otro, utilizado para ser evaluado por parámetros de la norma API 653, evaluado bajo cálculos manuales o el método de la curva del coseno óptimo. Define la inclinación en milímetros al cual el tanque de almacenamiento está sometido bajo operación [5].

2.1.5. Tipos de asentamiento.

Las mediciones del asentamiento del tanque deben ser realizadas por personal con experiencia en los tipos de procedimientos de medición que se están realizando, utilizando equipo capaz de tener suficiente precisión para distinguir las diferencias de asentamiento. Los principales tipos de asentamiento del tanque consisten en asentamientos que se relacionan con el cuerpo del tanque y la placa del fondo.

Estos asentamientos se pueden registrar tomando medidas de elevación alrededor de la circunferencia del tanque y a lo largo del diámetro del tanque. La ilustración 2 muestran las ubicaciones mínimas recomendadas en el cuerpo del tanque y la placa inferior para las mediciones de asentamiento.

Ilustración 2. Medición de la cáscara externa



FUENTE: API STANDARD 653 [5]

Los datos que se obtienen de las mediciones, se deben usar para evaluar la estructura del tanque, requieren de lecturas que indiquen el asentamiento, para definir mejor las depresiones locales del fondo o de los asentamientos en los bordes, obteniendo una mejora para refinar las mediciones que se realizan en el asentamiento del caparazón.

En casos de distorsión o corrosión del fondo del tanque que se extienda más allá de los anillos, las mediciones de asentamiento tomadas cerca de soldaduras traslapadas que se encuentran en el fondo del tanque, pueden resultar en errores significativos en la elevación medida. Existe posibilidad que las placas inferiores reparadas, reemplazadas o las nuevas bases ranuradas se instalen no paralelas a la parte inferior original [6].

2.1.6. Tipos de Inspecciones en tanques.

La inspección en los tanques se realiza periódicamente para prevalecer la vida útil del mismo, las cuales se pueden dividir en inspecciones internas y las inspecciones externas, las inspecciones externas se deben realizar con el tanque en servicio, o pueden estar fuera de servicio, pero se debe realizar la inspección al momento que va a empezar a trabajar. Las inspecciones se deben realizar por un inspector autorizado, el inspector tiene que cumplir con parámetros que indica el API 653.

Las inspecciones se deben prolongar de acuerdo a qué tipo de producto está almacenando, a los últimos resultados, y en el ambiente que esté expuesto. Las inspecciones para tanques en operación se pueden dividir en; inspecciones de rutina y externas [7]. Los parámetros que se deben determinar en las inspecciones se describen en la Tabla 2, de acuerdo a [7];

Tabla 2. Lista de verificación (check list) para la inspección externa para tanques atmosféricos verticales en operación o servicio.

N°	DESCRIPCIÓN	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
1.	BASES			
a	Verificar que se mida el nivel de la base y las elevaciones del fondo.			
b	Verificar la inspección de las aberturas de drenaje en el anillo.			
c	Verificar la base y vegetación contra el fondo del tanque.			
d	Verificar que el agua lluvia del cuerpo drene hacia afuera del tanque.			
e	Verificar el asentamiento alrededor del perímetro del tanque.			
f	Verificar el asentamiento del tanque dentro de la base de asfalto.			
g	Verificar que no exista corrosión severa en la superficie inferior.			
h	Verificar las condiciones de operación de los drenajes.			
i	Verificar que se inspeccione el estado de limpieza de los cubetos.			
2	CUERPO			
a	Verificar pintura, picaduras o corrosión.			
b	Verificar que se inspeccione el sello entre el fondo y la base de concreto.			
c	Verificar los sitios potenciales de fugas.			
3	ACCESORIOS DEL CUERPO			
a	Verificar grietas o señales de fuga en la soldadura, boquillas y láminas.			
b	Verificar las láminas del cuerpo por abombamiento.			
c	Verificar fugas en las bridas o fugas alrededor de los espárragos.			
d	Verificar la tubería de los manifolds, bridas y válvulas para detectar fugas.			
e	Verificar la inspección de los componentes del sistema contra incendio.			
f	Verificar la integridad de la tubería anclada a las conexiones.			
g	Verificar el estado de los sensores e indicadores de nivel y temperatura.			
h	Verificar que se inspeccione todo el sistema de automedición.			
i	Verificar las líneas de muestreo para el funcionamiento de válvulas.			
j	Verificar soportes para líneas de muestras y equipo.			
4	TECHOS			
a	Verificar que se realice la inspección visual.			
b	Verificar la membrana por deterioro, huecos, rasgaduras o grietas.			
c	Verificar las partes metálicas visibles por corrosión o desgaste.			
d	Verificar aberturas en el sello que puedan permitir emisiones de vapor.			
5	ACCESORIOS DEL TECHO			
a	Verificar la condición y funcionamiento de la tapa de la compuerta.			
b	Revisar la operación del sistema.			
c	Verificar que se inspeccione la plataforma de acceso al techo.			
d	Verificar que se inspeccione las condiciones mecánicas y operativas.			
e	En tanques de techo fijo verificar que exista un sistema de recolección.			
f	Verificar la integridad mecánica y operativa de drenajes de emergencia.			
g	Verificar la integridad mecánica y operativa de los soportes de las patas.			
h	Verificar que se realice la medición de gases.			
6	VÍAS DE ACCESO			
6.1	ESTRUCTURAS METÁLICAS DE ACCESO AL TANQUE (escaleras, barandas, pasamanos, barrederas, plataforma, accesorios de sujeción, cadenas de seguridad, etc.)			

N°	DESCRIPCIÓN	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
a	Verificar que se inspeccione la integridad mecánica de las estructuras.			
b	Verificar las barandas entre la escalera y la plataforma de medición.			
c	Verificar que se inspeccione la lámina del piso por corrosión.			
d	Verificar las rejillas y las abrazaderas.			
e	Verificar las vigas de las escaleras helicoidales por corrosión.			
f	Verificar la corrosión y desgaste en toda la estructura de la escalera fija.			
g	Verificar el mecanismo de autonivelación de los peldaños.			
h	Verificar que se inspeccione los soportes del riel en el techo.			
i	Verificar que las gradas de acceso al cubeto se encuentren en buen estado.			
j	Verificar que el sistema de válvulas, pasos y escaleras sobre la tubería			
k	Verificar que el sistema de iluminación del cubeto.			
l	Verificar que el cubeto tenga una capa de ripio.			
7	CUERPO DEL TANQUE (ENVOLVENTE)			
a	Verificar que no existan fallas de pintura, picaduras y corrosión.			
b	Verificar la limpieza de la unión cuerpo-fondo.			
c	Verificar el buen estado de la pared interna del cuerpo.			
d	Verificar que los cordones de soldaduras verticales y horizontales.			
e	Verificar la codificación pertinente.			
f	Verificar el buen estado de los refuerzos de bocas de entrada y salida.			
g	Verificar que no existan deformaciones geométricas, abolladuras.			
8	ACCESORIOS DEL CUERPO DEL TANQUE			
a	Verificar que no exista fracturas o signos de fuga en uniones soldadas.			
b	Verificar que no existan perforaciones, rasgaduras ni fisuras en el cuerpo.			
c	Verificar que no existan fugas en bridas y en sus pernos o espárragos.			

Fuente: INSPECCIÓN DE TANQUES ATMOSFÉRICOS VERTICALES [7].

2.1.7. Equipos de medición topográficos.

La topografía se deriva de su significado griego, que indica, descripción del terreno, actualmente la topografía se utiliza para reunir información de partes físicas de la Tierra como; el relieve, los litorales, los cauces de corrientes hídricas, etc., y aplicados también en; obras civiles, arqueología e inclusive en el área militar. Los primeros usos de la topografía se remota a los tiempos egipcios, donde se utilizaba linderos para separar sus tierras.

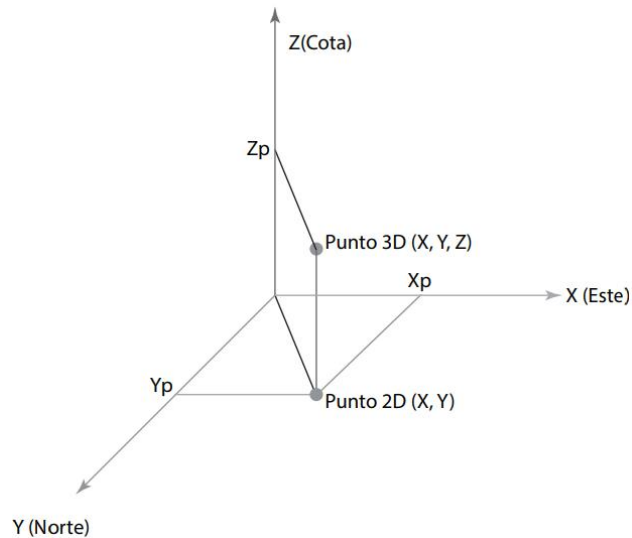
2.1.7.1. Representación de puntos en la medición topográfica.

Los puntos en el espacio pueden ser representados en planos 2D o en 3D, en sistemas bidimensionales o tridimensionales como se indica en la ilustración 3 [8].

Los puntos de los sistemas tridimensionales se representan de la siguiente manera:

- XP: Proyección Este de P.
- YP: Proyección Norte de P.
- ZP: Cota o altitud de P.

Ilustración 3. Representación de puntos.



FUENTE: TOPOGRAFÍA [8].

2.1.7.2. Tipos de levantamientos.

Para realizar levantamientos topográficos se debe elegir la manera correcta según las condiciones donde se vaya a realizar, según [8] nos indica los tipos básicos;

- **Levantamiento de terreno en general:** se constituye por marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales ya existentes. La toma de datos se lo realiza como se observa en la ilustración 4.

Ilustración 4. Levantamiento de terreno en general.



FUENTE: TOPOGRAFÍA [8].

- **Topografía para vías de comunicación:** dedicado a estudiar y construir caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, acueductos, entre otros proyectos. Los levantamientos en vías nos facilitan saber su relieve, estudiar el comportamiento de la superficie durante el trabajo y poder corregir fallo alguno, generalmente se los realiza como se indica en la ilustración 5.

Ilustración 5. Topografía para vías de comunicación.



FUENTE: TOPOGRAFÍA [8].

- **Topografía de minas:** controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionar con las obras en la superficie. Nos facilita conocer si existe algún desplazamiento de la superficie terrestre, y así poder evitar algún accidente dentro de las minas en las que se están trabajando, de igual que, con los datos X,Y, podemos relacionar el punto en que se está trabajando desde la parte exterior de la mina, generalmente las tomas dentro de las minas se realizan como se indica en la ilustración 6.

Ilustración 6. Topografía de minas.



FUENTE: TOPOGRAFÍA [8].

- **Levantamientos catastrales:** se trata de levantamientos urbanos y rurales para indicar linderos, de igual forma determinar áreas de terreno y poder colocar valores de costos. Usualmente se realizan para la obtención de planos físicos, son solicitados para la elaboración de documentos oficiales, cómo; escrituras, compartimiento de bienes, ubicación, identificación de áreas y linderos. En la ilustración 7 se puede previsualizar los trabajos realizados mediante el levantamiento catastral.

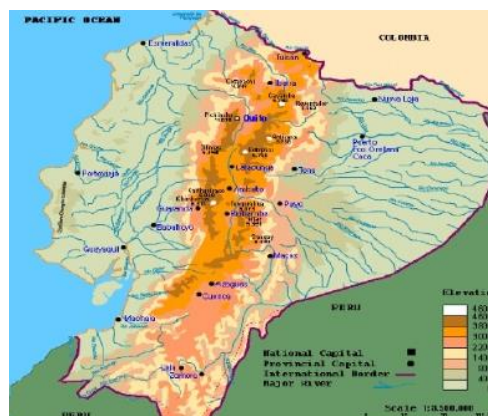
Ilustración 7. Levantamientos catastrales.



FUENTE: TOPOGRAFÍA [8].

- **Levantamientos hidrográficos:** dedicado a realizar levantamientos que se relacionen con playas, ríos, lagos, embalses y otros cuerpos compuestos por agua. Realizados para poderlos identificar dentro de los planos generales, de esta manera determinar un plano más realista y una mejor ubicación de la hidrografía de la superficie terrestre. En la ilustración 8 se puede observar el mapa del Ecuador señalando la hidrografía.

Ilustración 8. Levantamiento hidrográfico del Ecuador.



FUENTE: TOPOGRAFÍA [8].

- **Levantamientos de ingeniería:** se caracteriza por realizar levantamientos antes, durante y después de entregar un proyecto determinado de ingeniería. Se trata de mantener siempre en observación la obra, así evitando accidentes, y reportando alguna falla, solicitando solución inmediata. Los equipos para realizar los levantamientos la mayoría del tiempo se encuentran sobre o dentro de las obras, como lo indica la ilustración 9.

Ilustración 9. Levantamientos de ingeniería.



FUENTE: TOPOGRAFÍA [8].

- **Levantamientos aéreos:** Se realiza mediante fotografía desde aviones o drones, para realizar este tipo de trabajo implica mayor gasto, y se denomina como la fotogrametría. Utilizado la mayor parte del tiempo para ubicar objetos en el aire, y para determinar el relieve de la superficie terrestre, la toma de datos se realiza como indica la ilustración 10.

Ilustración 10. Fotogrametría.



FUENTE: TOPOGRAFÍA [8].

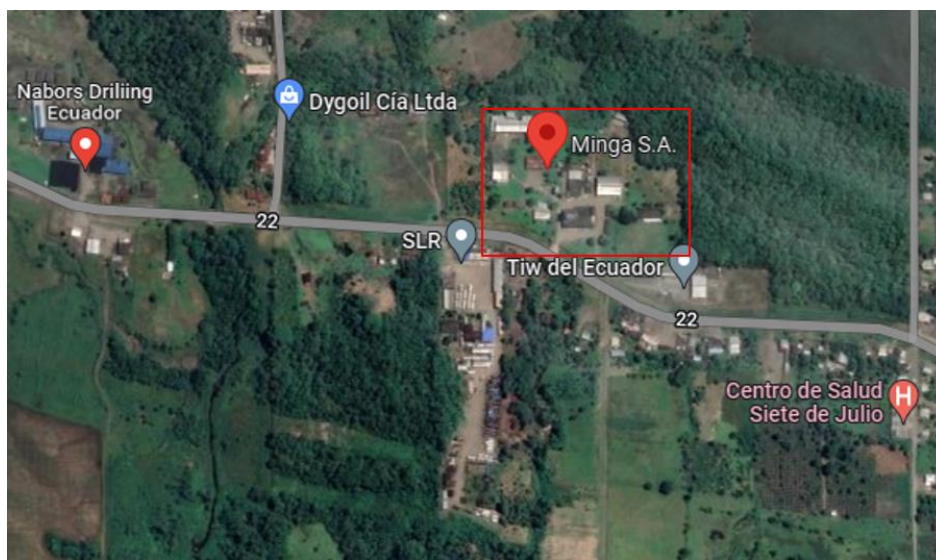
CAPÍTULO III

MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La toma de datos de campo y el desarrollo de este proyecto de investigación se dio lugar en la parroquia 7 de julio del cantón Shushufindi como muestra la ilustración 11, la empresa prestante de las instalaciones para la investigación se encuentra ubicada a 4,5 km de la parroquia San Pedro de los Cofanes vía a Shushufindi, y con ubicación geográfica de coordenadas aproximadas de 0°10'45.6"S y 76°47'58.1"W.

Ilustración 11. Instalaciones de la empresa.



Fuente: GOOGLE MAPS.

Elaborado: AUTOR

3.2. Tipos de investigación.

3.2.1. Investigación descriptiva.

El objetivo de la investigación descriptiva, consiste en alcanzar a saber la situación del tanque, e influyentes a través de la descripción exacta de los parámetros. Pretende medir o reunir información de forma independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refiere en tanto como la verticalidad redondez y asentamiento.

3.2.2. Investigación exploratoria.

La investigación exploratoria es parte de la recopilación de datos, relacionando los resultados obtenidos con la norma estándar de API, las pruebas realizadas en el tanque son de gran estimación para verificar que el tanque cumple los parámetros para seguir operativo.

3.2.3. Investigación aplicada.

La investigación es aplicada en el país más que todo en el sector petrolero ya que es dependiente para la producción petrolera el uso de tanques verticales.

3.3. Métodos de investigación.

3.3.1. Método investigativo.

Este proyecto se enfoca en conocer en qué estado se encuentra el tanque vertical PR-001 se debe conocer las características fundamentales bajo los criterios estándares y estudiar los resultados que se van a obtener por las condiciones operativas en las que ha estado el tanque.

3.3.2. Método deductivo.

Se pudo recopilar los datos mediante estudio topográfico por estación total al tanque medido, se verifican, grafican y manipulan los datos obtenidos mediante el software Excel, una vez elaborada las gráficas se puede observar si cumple con los parámetros determinados.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

3.4.1. Fuentes de recopilación primarias.

Para el desarrollo del proyecto de investigación se consiguen datos mediante los equipos de medición topográfica donde el equipo muestra las coordenadas de medición de tanque tanto como su longitud y su diámetro.

3.4.2. Fuentes secundarias.

Para la parte conceptual del proyecto de investigación, se obtiene información específica sobre los parámetros de tolerancias establecidas dentro de la norma, con la finalidad de incluir al lector en el proyecto de investigación y pueda entender e interpretar los resultados finales.

3.5. Diseño de investigación

3.5.1. Diseño experimental.

En el análisis dimensional del tanque PR-001, se utiliza equipo de medición topográfico, este equipo registra los datos de medidas del tanque mediante estación total con la ayuda de accesorios como el prisma para la ubicación de 3 puntos en el área en el que se encuentra el tanque, todos los datos obtenidos son almacenados en la memoria respectiva del equipo topográfico.

La toma de datos de campo se dio en un sector específico ya que el tanque es fijo, pero mediante el tiempo transcurrido las características del tanque van cambiando, por eso el tanque PR-001 seleccionado como objeto de estudio para la verificación de su estado físico en cuanto los puntos específicos antes mencionados en los objetivos como la verticalidad, redondez y asentamiento.

Los datos de la prueba tomada en campo fueron seleccionados y filtrados por el topógrafo especialista, resaltando las coordenadas necesarias de los datos relacionados con los 3 puntos tomados con sus respectivas coordenadas.

3.6. Instrumento de investigación.

Para la obtención de datos del proyecto de investigación se utilizan el equipo topográfico mediante estación total, y para la conceptualización de la investigación, se basa en información de norma, artículos científicos y otros medios.

3.7. Tratamiento de los datos.

Para el procesamiento de los datos se pudo hacer uso de los paquetes básicos de Office, donde se toma como prioridad el análisis de los datos, utilizando el software estadístico Excel, y para la redacción del documento, como también para la redacción de los resultados se utilizó el software Word.

- Excel
- Word

3.8. Recursos humanos y materiales.

3.8.1. Recursos humanos.

- Topógrafo (Ing. Byron Taco)
- Inspector (Ing. Edison Téquiz)

3.8.2. Recursos materiales.

- Libros
- Equipo de topografía
- Laptop
- Impresora

3.8.3. Equipos.

3.8.3.1. Estación Total Leica FlexLine TS09plus Manual.

Es un equipo topográfico suizo con aplicación alta de precisión, con pantalla táctil a color con bluetooth, puerto USB y placa para los dispositivos. Sus ventajas y características son:

- Precisión total, comodidad y rendimiento.
- Medición angular con método absoluto, continuo con compensador por cuádruple eje: en todos los modelos.
- Medición de distancias a prisma con rango prisma circular 3500 m y diana reflectante (60 mm x 60 mm).
- Medición a distancias sin prismas tamaño puntero láser a 30 m: aprox. 7 x 10 mm a 50 m: aprox. 8 x 20 mm.
- Almacenamiento de datos con memoria interna max.: 100000 puntos control, max.: 60000 medidas, memoria USB 1 Gigabyte velocidad de transferir 1000 puntos. Interfaz Serie (Baudios hasta 115200) USB Tipo A y mini B, Bluetooth inalámbrico, clase 1150 m.
- Luces Guía de Replanteo, rango de Rango de trabajo (condiciones atmosféricas promedio) de 5 m – 150 m.
- Objetivo (lente) resolución de 3 in campo de visión de 1° 30', rango de enfoque 1,7m a infinito, retículo iluminado a 10 niveles de brillo.
- Teclado Alfanumérico completo con pantalla táctil a color, Gráficos, Q-VGA, iluminación de pantalla y teclas, 5 niveles de brillo.
- Sistema operativo Windows CE 5.0 core.

- Plomada tipo puntero laser, con precisión de centrado 1,5 mm a 1,5 m altura del instrumento [9].

Ilustración 12. Estación Total Leica FlexLine TS09plus Manual.



Elaborado por: AUTOR

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Datos externos.

Para la obtención de altura real del tanque como lo indica la tabla 3, se pudo obtener mediante el equipo topográfico considerando el diámetro, la altura de cada anillo se tomó en 4 puntos de referencia en coordenadas Norte y Este así pudiendo obtener la cota real, para luego poder diferenciar y obtener la altura real, los puntos se los detalla de 0 al 100%, como lo recomienda API 653.

Tabla 3. Datos externos de campo.

ANILLOS	PUNTO	%	COORD.	COORD.	COTA	ANGULO	ALTURA	DIÁMETRO
			NORTE(m)	ESTE(m)	REAL(m)	HORIZONTAL (grados)	REAL(m)	0 - 180 (m)
	BASE	0	62568,125	38977,931	100,015	00-00-00	-0,008	3,927
ANILLO 1	1	20	62568,128	38977,934	100,324	00-00-00	0,309	3,926
	2	50	62568,124	38977,933	100,633	00-00-00	0,618	3,926
	3	80	62568,126	38977,930	100,942	00-00-00	0,927	3,926
	4	100	62568,128	38977,933	101,251	00-00-00	1,236	3,928
ANILLO 2	5	20	62568,126	38977,932	101,559	00-00-00	1,544	3,926
	6	50	62568,127	38977,932	101,867	00-00-00	1,852	3,927
	7	80	62568,129	38977,932	102,175	00-00-00	2,160	3,926
	8	100	62568,125	38977,934	102,483	00-00-00	2,468	3,925

ANILLO 3	9	20	62568,122	38977,934	102,792	00-00-00	2,777	3,928
	10	50	62568,127	38977,935	103,100	00-00-00	3,085	3,925
	11	80	62568,124	38977,935	103,409	00-00-00	3,394	3,926
	12	100	62568,125	38977,934	103,717	00-00-00	3,702	3,927
ANILLO 4	13	20	62568,12	38977,937	104,025	00-00-00	4,010	3,927
	14	50	62568,125	38977,932	104,333	00-00-00	4,318	3,925
	15	80	62568,127	38977,933	104,641	00-00-00	4,626	3,926
	16	100	62568,125	38977,934	104,949	00-00-00	4,934	3,927
ANILLO 5	17	20	62568,126	38977,932	105,256	00-00-00	5,241	3,925
	18	50	62568,127	38977,931	105,653	00-00-00	5,638	3,928
	19	80	62568,125	38977,932	105,869	00-00-00	5,854	3,927
	20	100	62568,121	38977,936	106,176	00-00-00	6,161	3,927

Elaborado por: AUTOR.

Los datos de la tabla 3, son el resultado del desglose de la información arrojada, mediante el equipo topográfico conocido como, estación total, lo cual facilita, a manera de coordenadas las que fueron procesadas como distancias en escala porcentual de cada anillo.

4.1.1. Datos externos del tanque.

Como resultado final de los datos externos del tanque de modelo PR-001 como se indica en la ilustración 1, tenemos el diámetro promedio por anillo, altura promedio, distancias parciales por planchas y redondez con respecto a la base como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Datos externos finales.

DIÁMETRO PROMEDIO POR ANILLO (m)	ALTURA PROMEDIO (m)	DISTANCIAS PARCIALES (PLANCHA) (m)	REDONDEZ RESP. A LA BASE (m)
3,927	-0,009		3,927
3,926	0,309		3,926
3,925	0,589		3,925
3,927	0,897		3,927
3,928	1,204	1,236	3,928
3,927	1,510		3,927
3,927	1,819		3,927
3,926	2,129		3,926
3,928	2,436	1,232	3,928
3,928	2,747		3,928
3,926	3,055		3,926
3,927	3,359		3,927
3,927	3,670	1,234	3,927
3,928	3,977		3,928
3,926	4,286		3,926
3,926	4,594		3,926
3,927	4,902	1,232	3,927
3,926	5,208		3,926
3,927	5,606		3,927
3,927	5,820		3,927
3,926	6,161	1,227	3,926
3,927		6,161	

Elaborado por: AUTOR

Como resultado final la altura total del tanque fue obtenida mediante la adición del promedio de las distancias parciales de cada una de las planchas dando un total de 6,161 m.

La tabla 5 muestra los datos externos principales transformados a milímetros, por la magnitud exacta que se requiere para la inspección.

Tabla 5. Datos externos principales.

TK	PR-001
DATOS	EXTERNOS
Altura (mm)	6160,70
Diámetro (mm)	3927
Diámetro (ft)	12,88
D/10	1

Elaborado por: AUTOR

4.2. Asentamiento.

En la tabla 6, como se observa tenemos 8 puntos por la toma de datos que se realizó cuando el polígono se encuentra a 45° en el anillo como lo indica la ilustración 15, el cual refleja una cota de -8 y -9 en cada punto que son valores obtenidos por la toma de datos en campo.

Tabla 6. Cálculos Iniciales de Asentamiento tanque (PR-001).

Punto	Cota	Ángulo	Ángulo	Δ Cota
No	(m)	(grados)	(radianes)	(mm)
1	-8	0,0	0	1
2	-9	45,0	0,7853982	0
3	-9	90,0	1,5707963	0
4	-8	135,0	2,3561945	1
5	-9	180,0	3,1415927	0
6	-8	225,0	3,9269908	1
7	-9	270,0	4,712389	0
8	-8	315,0	5,4977871	1

Elaborado por: AUTOR

La ilustración 13 nos permite determinar la deflexión diferencial, este resultado es la interpretación gráfica del cálculo de la ecuación 2 que se encuentra en la norma API en el anexo B.2.2.4, ya que nos permite evaluar la estructura e integridad del tanque.

$$S_i = U_i - \frac{U_{i-1} + U_{i+1}}{2} \quad (2)$$

Mediante el siguiente ejemplo se obtiene el valor de deflexión diferencial del punto 3, evaluando cada punto de asentamiento diferencial, desde el cual se toman los datos de campo alrededor del perímetro del tanque, obteniendo así un valor de 0,448mm.

$$S_i = 0,323\text{mm} - \frac{0,426\text{mm} + (-0,676\text{mm})}{2}$$

$$S_i = 0,448 \text{ mm}$$

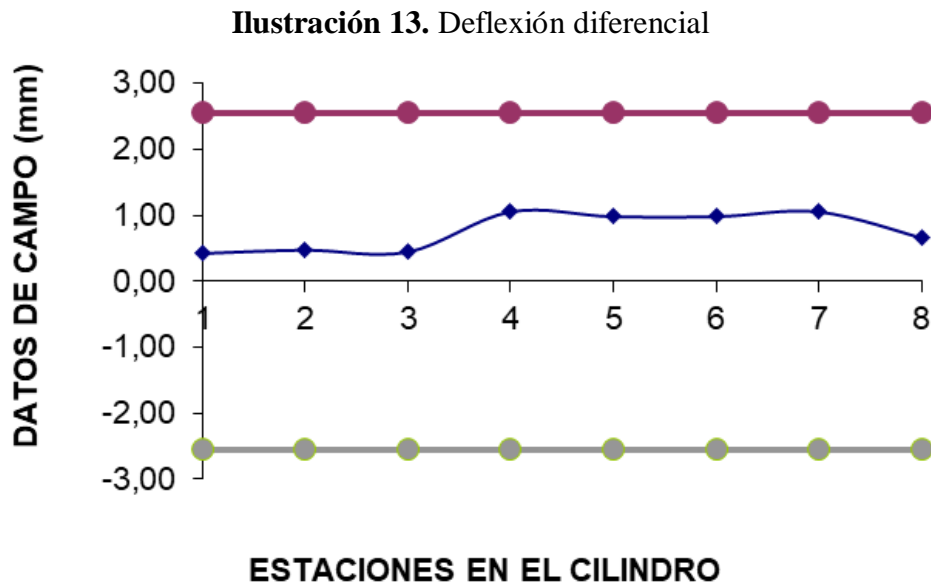
Tabla 7. Deflexión diferencial

DATOS EXTERNOS	
Asentamiento	Deflexión
Diferencial U_i (mm)	Diferencial S_i (mm)
-0,43	0,43
0,43	0,48
0,32	0,45
-0,68	1,05
0,43	0,98
-0,43	0,98
0,68	1,05
-0,32	0,66

Elaborado por: AUTOR

Como se puede observar a continuación en la ilustración 13, muestra las limitantes de deflexión para asentamiento, donde las líneas de color lila y gris indican los valores máximos y mínimos sucesivamente que debe cumplir el cálculo de deflexión, se sugiere que cualquier

dato calculado que supere los límites en función de la realidad del tanque, no serán aceptados para su debido mantenimiento. Dentro de la gráfica se puede observar una curva de color azul donde muestra la condición real del tanque según los datos externos que se muestran en la tabla 7, datos que fueron obtenidos mediante equipos topográficos en cada uno de los 8 puntos recomendados como mínimos en la norma API 653.



Elaborado por: AUTOR

Para obtener la curva del coseno óptimo transformamos los ángulos a radianes, una vez transformados los datos, utilizamos la siguiente ecuación:

$$Elev_{pred} = a + b(\cos \theta + c) \tag{3}$$

De acuerdo a la ecuación 3, se indica que las constantes a, b y c, son coeficientes calculados mediante el software utilizado, para poder obtener el coeficiente de correlación donde su valor debe ser igual o mayor a 0,9, utilizando los valores obtenidos según el anexo 13 de las variables S_{yy} que indica la suma de los cuadrados de las diferencias entre la elevación promedio medida y la elevación medida como se muestra en el ejemplo de la ecuación 4 que nos indica un valor de 0,25 mm, y para la variable SSE señala la suma de los cuadrados de las diferencias entre las elevaciones medidas y las predichas como se detalla en el ejemplo de la ecuación 5 que muestra un valor de 0,1821 mm.

$$S_{YY} = (\text{Elev}_{\text{pro}} - \text{Elev}_{\text{med}})^2 \quad (4)$$

$$S_{YY} = (-8,5 \text{ mm} - (-8 \text{ mm}))^2$$

$$S_{YY} = 0,25 \text{ mm}^2$$

$$SSE = (\text{Elev}_{\text{med}} - \text{Elev}_{\text{pre}})^2 \quad (5)$$

$$SSE = (-8 \text{ mm} - (-8,4267 \text{ mm}))^2$$

$$S_{SE} = 0,1821 \text{ mm}^2$$

Tabla 8. Constantes de curva de coseno.

CONSTANTES DE CURVA DE COSENO	
a	-8,5
b	0,19134171
c	2162,59384
N° puntos	8
Promedios	-8,5

Elaborado por: AUTOR

Una vez resuelta la formula con sus variables y constantes se obtiene la curva del coseno óptimo dentro de los parámetros establecidos por API obteniendo un promedio de 8,5 por las cotas de los puntos del tanque PR-001.

Tabla 9. Resultados para la curva del coseno óptimo.

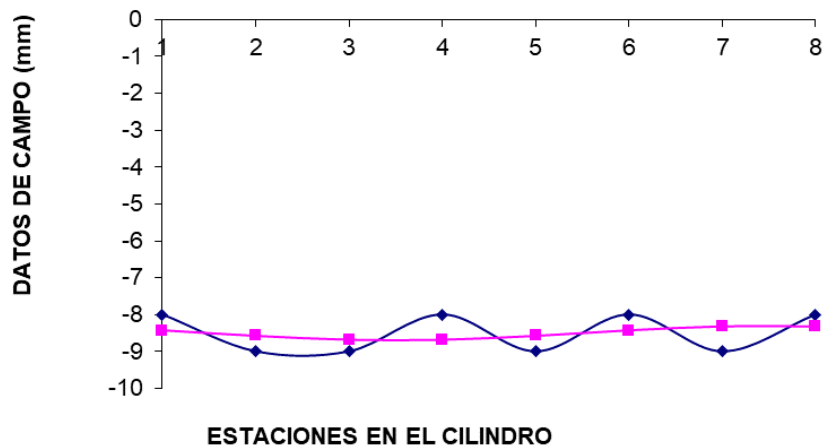
ÁNGULO	RADIANES	Coseno óptimo	Datos de Campo
0	0	-8,42677669	-8
45	0,785398163	-8,5732233	-9
90	1,570796327	-8,67677669	-9
135	2,35619449	-8,67677669	-8
180	3,141592654	-8,5732233	-9
225	3,926990817	-8,4267767	-8
270	4,71238898	-8,32322331	-9
315	5,497787144	-8,32322331	-8

Elaborado por: AUTOR

En la ilustración 14, se muestra una curva azul que representa la cota en función de la base donde está ubicado el tanque, este valor se obtuvo por la geografía del lugar que se tomó con la ayuda de los equipos topográficos en el momento de la inspección, con valores que van desde -8 mm a -9 mm, como se ubicó en la tabla 9 con nombre de datos de campo.

Continuando con la ilustración 14, se puede señalar que la curva violeta representa la cota idónea en función de la recomendación dado por la norma API 653 de la ecuación del coseno óptimo. Se observa en la tabla 9 los resultados de cada cota evaluada por la ecuación 3, ya evaluado los datos podemos realizar la comparación entre las dos curvas y se puede determinar que la condición del tanque es adecuada según el asentamiento.

Ilustración 14. Curva del Coseno Óptimo



Elaborado por: AUTOR

Para los datos obtenidos del cálculo de asentamiento máximo correspondiente al tanque vertical, se trabaja con longitud de 5,059 ft que se obtuvo del promedio de altura de los anillos, al igual que la altura total del tanque que nos indica de 20,2 ft, para determinar el resultado de 2,547mm se utiliza la ecuación 6, la que se complementa con la constante de elasticidad (Y), y el módulo de Young (E).

$$S_{\max} = \frac{L^2 * Y * 11}{2 * (E * H)} \quad (6)$$

$$S_{\max} = \frac{(5,059 \text{ ft})^2 * 36000 \text{ psi} * 11}{2 * (30000000 \text{ psi} * 20,212 \text{ ft})}$$

$$S_{\max} = 0,0083579 \text{ ft} \rightarrow 2,547 \text{ mm}$$

4.3. Verticalidad.

Tabla 10. Datos para verticalidad.

PUNTO	ÁNGULO [°]	BASE		ÚLTIMO ANILLO		DIFERENCIA		TOLERANCIA +/- [mm]
		COORD. NORTE [m]	COORD. ESTE [m]	COORD. NORTE [m]	COORD. ESTE [m]	[m]	[mm]	
1	0	62568,125	38977,931	62568,121	38977,936	0,006	6,1	61,6
2	45	62567,026	38978,997	62567,029	38978,991	0,007	6,7	61,6
3	90	62567,028	38980,529	62567,025	38980,525	0,005	5,0	61,6
4	135	62568,053	38981,563	62568,052	38981,568	0,006	5,6	61,6
5	180	62569,544	38981,593	62569,541	38981,597	0,005	4,9	61,6
6	225	62570,638	38980,537	62570,635	38980,542	0,006	5,7	61,6
7	270	62570,644	38978,999	62570,642	38978,995	0,005	4,7	61,6
8	315	62569,617	38977,960	62569,616	38977,968	0,008	7,8	61,6

Elaborador por: AUTOR

$$\text{verticalidad} = \frac{H}{100}$$

Tabla 11. Resultado de verticalidad.

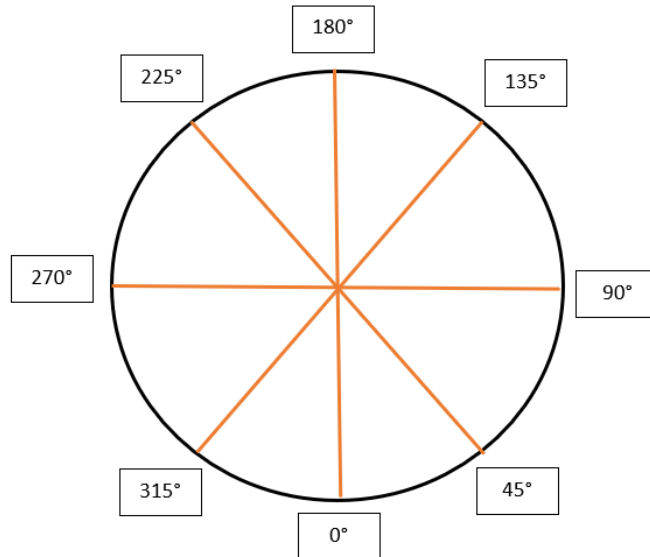
TOLERANCIA			
ALTURA TANQUE [mm]	CRITERIO $\frac{H}{100}$ [mm]	CRITERIO 5 in [mm]	TOLERANCIA APLICADA [mm]
6160,70	61,6	127,0	61,6

Elaborado por: AUTOR

Conforme a la norma API 653, ítem 10.5.2, el valor máximo de falta de verticalidad no debe exceder el criterio de la ecuación $\frac{1}{100}$ por tratarse de la altura de un tanque en operación, con un valor máximo de tolerancia de 5 in (127 mm). Máximo valor en diferencia de verticalidad (mm): 7,8 valor dentro de tolerancia permitida que si cumple.

4.4. Redondez.

Ilustración 15. División por ángulos



Elaborado por: AUTOR

Puntos de coordenadas por división de ángulos se obtienen mediante la medición topográfica son procedimientos utilizados hace mucho tiempo por los inspectores para hacer evaluación dimensional de tanques verticales.

Tabla 12. Datos de redondez.

ANILLO	ALTURA	DIÁMETRO	DIÁMETRO	DIÁMETRO	DIÁMETRO	DIÁMETRO	DIFERENCIA	TOLERANCIA	RESULTADO
		0°-180° [m]	45°-225°[m]	90°-270° [m]	135°-315° [m]	PROMEDIO	REDONDEZ	+/- [mm]	
						[m]	[mm]		
1	BASE	3,927	3,927	3,926	3,927	3,927	1,08	26	CUMPLE
	20	3,926	3,926	3,926	3,926	3,926	0,00	26	CUMPLE
	50	3,926	3,925	3,926	3,925	3,925	-0,59	78	CUMPLE
	80	3,926	3,926	3,927	3,932	3,928	2,04	78	CUMPLE
	100	3,928	3,928	3,926	3,929	3,928	1,90	78	CUMPLE
2	20	3,926	3,927	3,929	3,931	3,928	2,16	78	CUMPLE
	50	3,927	3,928	3,926	3,928	3,927	1,48	78	CUMPLE
	80	3,926	3,925	3,927	3,925	3,926	0,13	78	CUMPLE
	100	3,925	3,926	3,935	3,929	3,929	2,81	78	CUMPLE
3	20	3,928	3,929	3,927	3,925	3,927	1,30	78	CUMPLE
	50	3,925	3,927	3,928	3,925	3,926	0,64	78	CUMPLE
	80	3,926	3,925	3,929	3,929	3,927	1,26	78	CUMPLE
	100	3,927	3,926	3,928	3,928	3,927	1,49	78	CUMPLE
4	20	3,927	3,928	3,928	3,928	3,928	1,81	78	CUMPLE
	50	3,925	3,926	3,928	3,927	3,926	0,56	78	CUMPLE
	80	3,926	3,927	3,927	3,926	3,926	0,52	78	CUMPLE
	100	3,927	3,926	3,929	3,929	3,928	1,68	78	CUMPLE

	20	3,925	3,927	3,926	3,926	3,926	0,18	78	CUMPLE
5	50	3,928	3,928	3,926	3,927	3,927	1,29	78	CUMPLE
	80	3,927	3,927	3,928	3,928	3,927	1,58	78	CUMPLE
	100	3,927	3,925	3,927	3,925	3,926	0,27	78	CUMPLE

Elaborado por: AUTOR

El radio medido a un pie de la base del tanque no debe exceder la tolerancia de la tabla 10.2. de la norma API 653, como lo indica la Tabla 1.

$$\text{Criterio de redondez} = (\phi_{\text{prom}} - \phi_{\text{pdb}}) * 1000 \quad (7)$$

Para determinar si la redondez del tanque cumple con el criterio de tolerancia se utiliza la ecuación 7, calculando el diámetro promedio, de cada coordenada tomada de los datos de campo por división de ángulos, como se muestra en la ilustración 15 y se detalla en la tabla 12, los diámetros en cada plano, son comparados con el diámetro promedio medido a un pie de la base, de diámetro 3,926 m, se obtiene un valor del criterio de 1,08 mm de las diferencias de los diámetros.

$$\text{Criterio de redondez} = (3,927 \text{ m} - 3,926 \text{ m}) * 1000$$

$$\text{Criterio de redondez} = (0,00108 \text{ m}) * 1000$$

$$\text{Criterio de redondez} = 1,08 \text{ mm}$$

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- La verticalidad en el tanque PR-001 fue de 61,6 mm valor que es menor a la tolerancia máxima de 5 in (127 mm), calculada usando la ecuación $\frac{1}{100}$ de la altura del tanque por tanto el tanque cumple con este parámetro y se da por superado la inspección de este requisito mandatorio de API 653.
- Mediante el diámetro promedio de cada coordenada que se tomó como dato que indica el anexo 9, formando división de ángulos como se muestran en la ilustración 15, en la toma de datos se marca el tanque como se observa en los anexos 7 y 8, y sus valores se detallan en la tabla 12, se comprueba mediante la ecuación 7 de criterio de redondez un valor de 1,08 mm, ya que, la norma API 653 nos indica que el criterio de redondez no debe superar la tolerancia de 26 mm para el análisis del tanque seleccionado de esta investigación, concluyendo que si cumple por no superar el valor de tolerancia antes mencionado.
- Mediante API 653 y siguiendo las recomendaciones especificadas, se obtuvo el siguiente valor como deflexión máxima S_i max y esta a su vez fue comparada con la deflexión diferencial obtenida en cada punto medido, dando como resultado 0,43 mm – 1,05 mm y el límite del asentamiento diferencial descrito en la sección B.3.2. de la norma API 653 es de 2,55 mm máximos es así que el tanque cumple con lo exigido en la norma aplicado.
- Se implementó Excel por ser eficaz al momento de analizar los datos recopilados por los equipos topográficos, se colocó fórmulas numéricas para obtener resultados de redondez, asentamiento y verticalidad. Guiado del criterio en la norma API 653 se detalla los valores de redondez adquiridos por la medición para determinar si cumple o no cumple, los valores de asentamiento se detallan según el criterio de la norma API 653, e indica que el valor de deflexión diferencial no debe exceder los valores de tolerancia, los valores de tolerancia de verticalidad se pueden extraer mediante la diferencia de coordenadas norte y este de la base del tanque, con, la coordenada norte y este del último anillo. Los valores obtenidos se pueden detallar sucesivamente en el anexo 10, 11 y 12 en el cual se muestra el uso del software antes mencionado.

5.2. Recomendaciones.

- A través de los años, los cambios en las propiedades físicas y químicas de los productos demandaron nuevas soluciones de almacenamiento. En este sentido, los requisitos ambientales y de seguridad se eligieron como factores decisivos en la selección, diseño y dimensiones de los tanques de almacenamiento, el equipo de trabajo para estas inspecciones y toma de datos debe estar totalmente capacitado con la experiencia necesaria.
- La norma API 653 es la base de este proyecto de investigación por lo cual se debe verificar que las normas a utilizar se estén en las versiones actualizadas.
- El equipo de topografía debe estar registrado y calibrado para realizar la toma de datos en campo.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

- [1] American Petroleum Institute, «Inspección, Reparación, Alteración, y Reconstrucción de tanques,» de Estandar API 653, New York, API Publishing Services, 2005, pp. 6-8.
- [2] E. Chirinos y E. Fuenmayor, «Aplicación del estándar API 650 a un activo físico instalado en la industria petroquímica,» 2020. [En línea]. Available: <https://predictiva21.com/estandar-api-650-industria-petroquimica/>.
- [3] N. U. Quispe Quispe y A. E. Aguilar Tejeda, Diseño de un tanque de almacenamiento de petróleo de 10 000 galones según norma API 650 y su análisis empleando un programa CAD/CAE, Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2019.
- [4] K. Siew Yeng , Design, Construction and Operation of the Floating Roof Tank, Toowomba: University of Southern Queensland, 2009.
- [5] American Petroleum Institute, «Inspección, Reparación, Alteración, y Reconstrucción de tanques,» de Estandar API 653, New York, API Publishing Services, 2005, pp. 55-57.
- [6] American Petroleum Institute, Manual of Petroleum Measurement standards Chapter 2.2A, New York: API Publishing Services, 200 Massachusetts Avenue., 2019.
- [7] M. Añazco, «Inspección de tanques atmosféricos verticales de techo fijo y flotante para almacenamiento de petróleo, agua de formación, derivados y combustibles, construidos bajo norma API 650 y API 12B,» Sucumbíos , 2012.
- [8] M. A. Rincón Villalba , W. E. Vargas Vargas y C. J. González Vergara , Topografía, conceptos y aplicaciones., Bogotá: ECOE, 2017.
- [9] Leica Geosystems AG - Part of Hexagon, Leica FlexLine TS09plus, Suiza: Copyright Leica Geosystems AG,, 2022.
- [10] R. E. V. Villegas, «Equipo para la determinación de tiempos de almacenamiento de asfalto modificado a condiciones críticas,» Revista Infraestructura Vial, vol. 23, nº 42, p. 12, 2021.

- [11] G. G. Carreño Vazquez y J. F. Hernández Luna, Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento para nafta con diámetro de 70 ft x 30 ft de altura, bajo la norma api 650, México D.F.: Instituto Politécnico Institucional, 2019.
- [12] Swanton Welding Company, «Choosing Between API 620 and 650 for Your Storage Tank,» 12 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://blog.swantonweld.com/api-620-or-650-storage-tank>.
- [13] Engineering Dunham, «API 620 vs API 650 Steel Oil Storage Tanks – Which Is Right For You?,» 2019. [En línea]. Available: <https://dunhamengineering.com/api-620-vs-api-650-steel-oil-storage-tanks-which-is-right-for-you/>.
- [14] API Std 650 Oil Storage Tank, «FÁBRICA DE TANQUE DE ACEITE BBN API650,» 2000. [En línea]. Available: https://api650steel.com.translate.google/?_x_tr_sch=http&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc.
- [15] A. R. Hernández Leonard, «Ejecución de mediciones dimensionales durante las mediciones de volumen,» de INIMET, La habana , Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología, 2010, pp. 11-23.
- [16] R. A. Paniagua, Procedimiento para la determinación de la verticalidad y redondez de Tanques Cilindros Verticales por Métodos Geodésicos, Moa : Instituto Superior Metalúrgico , 2014.
- [17] American Petroleum Institute, Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction, New York: API Publishing Services, 2020.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

Anexo 1. Tanque vertical PR-001.



Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

Anexo 2. Prisma accesorio de medición topográfica.



Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

Anexo 3. Cinta.



Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

Anexo 4. Ubicación de la estación total y prisma.



Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

Anexo 5. Toma de datos del Tanque PR-001.



Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

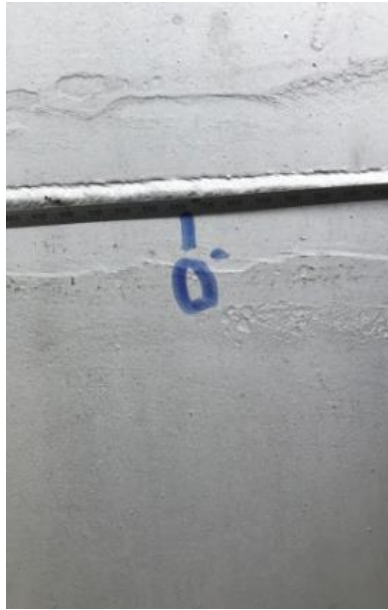
Anexo 6. Equipo calificado.



Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

Anexo 7. Referencia de indicación de ángulo en el tanque a 0°.



Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

Anexo 8. Referencia de indicación de ángulo en el tanque a 45°.



Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

Anexo 9. Hoja de datos en Excel

DATOS DE CAMPO PARA INSPECCION DE OPERATIVIDAD TANQUE DE ALMACENAMIENTO																								
MEDICIONES UTILIZANDO ESTACION TOTAL LEICATS-09 (LÁSER)																								
No. TANQUE : PR-001																								
UBICACIÓN : LA 7 DE JULIO / SHUSHUFINDI																								
PROPIETARIO: -----																								
PRODUCTO A ALMACENARSE: DIESEL																								
TIPO DE TECHO: FWD																								
CAPACIDAD APROXIMADA: 500 BBLs																								
FECHA DE TOMA DE DATOS - JUNIO 10/2022																								
RESULTADOS FINALES																								
DATOS EXTERNOS																								
Σ	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COTA REAL	ANGULO HORIZONTAL	ALTURA REAL	DIAMETRO 0-180	DIAMETRO PROMEDIO	ALTURA PROMEDIO	DISTANCIAS PARCIALES (PLANCHA)	REDONDEZ RESP. A LA BASE	DESPLOME VERTICAL 00-00-00	DESPLOME VERTICAL 45-00-00	DESPLOME VERTICAL 90-00-00	DESPLOME VERTICAL 135-00-00	DESPLOME VERTICAL 180-00-00	DESPLOME VERTICAL 225-00-00	DESPLOME VERTICAL 270-00-00	DESPLOME VERTICAL 315-00-00	ALTURA MEDIDA TANQUE	ALTURA CONO	ALTURA PLACA AFORO	DIST PLACA AFORO	HORIZONT. (m)	ASENT. PLAT. (m)
									m														0-180	0-180
0	#####	#####	100,015	00-00-00	-0,008	3,927	3,927	-0,009	0,000	0,000													-0,062	-0,062
20	62568,128	38977,934	100,324	00-00-00	0,309	3,926	3,926	0,309		-0,001													45-225	45-225
50	62568,124	38977,933	100,633	00-00-00	0,618	3,926	3,925	0,589		-0,002													-0,014	-0,014
80	62568,126	38977,930	100,342	00-00-00	0,327	3,926	3,927	0,897		0,000	0,006	0,007	0,005	0,006	0,005	0,006	0,005	0,008	6,161				90-270	90-270
100	62568,128	38977,933	101,251	00-00-00	1,236	3,928	3,928	1,204	1,236	0,001													0,039	0,040
20	62568,126	38977,932	101,559	00-00-00	1,544	3,926	3,927	1,510		0,000													135-315	135-315
50	62568,127	38977,932	101,867	00-00-00	1,852	3,927	3,927	1,819		0,000													0,051	0,051
80	62568,129	38977,932	102,175	00-00-00	2,160	3,926	3,926	2,129		-0,001														
100	62568,125	38977,934	102,483	00-00-00	2,468	3,925	3,928	2,436	1,232	0,001														
20	62568,122	38977,934	102,792	00-00-00	2,777	3,928	3,928	2,747		0,001														
50	62568,127	38977,935	103,100	00-00-00	3,085	3,925	3,926	3,055		-0,001														
80	62568,124	38977,935	103,409	00-00-00	3,394	3,926	3,927	3,359		0,000														
100	62568,125	38977,934	103,717	00-00-00	3,702	3,927	3,927	3,670	1,234	0,000														
20	62568,120	38977,937	104,025	00-00-00	4,010	3,927	3,928	3,977		0,001														
50	62568,125	38977,932	104,333	00-00-00	4,318	3,925	3,926	4,286		-0,001														
80	62568,127	38977,933	104,641	00-00-00	4,626	3,926	3,926	4,594		-0,001														
100	62568,125	38977,934	104,949	00-00-00	4,934	3,927	3,927	4,902	1,232	0,000														

Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

Anexo 10. Cumplimiento de redondez.

PFT-002-2019 VERT,ASENT,REDON, T-1401 A, ZPF , ENERO 2019 [Modo de co

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda ¿Qué des

Calibri 11 A A Pegar Fuente Alineación Número

D41 =+H18

DATOS DE REDONDEZ									
ANILLO	ALTURA	DIAMETRO 0°-180°	DIAMETRO 45°-225°	DIAMETRO 90°-270°	DIAMETRO 135°-315°	DIAMETRO PROMEDIO	DIFERENCIA REDONDEZ	TOLERANCIA +/-	RESULTADO
	%	[m]					[mm]	[mm]	
1	BASE	3,927	3,927	3,926	3,927	3,927	1,08	26	CUMPLE
	20	3,926	3,926	3,926	3,926	3,926	0,00	26	CUMPLE
	50	3,926	3,925	3,926	3,925	3,925	-0,59	78	CUMPLE
	80	3,926	3,926	3,927	3,932	3,928	2,04	78	CUMPLE
	100	3,928	3,928	3,926	3,929	3,928	1,90	78	CUMPLE
2	20	3,926	3,927	3,929	3,931	3,928	2,16	78	CUMPLE
	50	3,927	3,928	3,926	3,928	3,927	1,48	78	CUMPLE
	80	3,926	3,925	3,927	3,925	3,926	0,13	78	CUMPLE
	100	3,925	3,926	3,935	3,929	3,929	2,81	78	CUMPLE
3	20	3,928	3,929	3,927	3,925	3,927	1,30	78	CUMPLE
	50	3,925	3,927	3,928	3,925	3,926	0,64	78	CUMPLE
	80	3,926	3,925	3,929	3,929	3,927	1,26	78	CUMPLE
	100	3,927	3,926	3,928	3,928	3,927	1,49	78	CUMPLE
4	20	3,927	3,928	3,928	3,928	3,928	1,81	78	CUMPLE
	50	3,925	3,926	3,928	3,927	3,926	0,56	78	CUMPLE
	80	3,926	3,927	3,927	3,926	3,926	0,52	78	CUMPLE
	100	3,927	3,926	3,929	3,929	3,928	1,68	78	CUMPLE
5	20	3,925	3,927	3,926	3,926	3,926	0,18	78	CUMPLE
	50	3,928	3,928	3,926	3,927	3,927	1,29	78	CUMPLE
	80	3,927	3,927	3,928	3,928	3,927	1,58	78	CUMPLE
	100	3,927	3,925	3,927	3,925	3,926	0,27	78	CUMPLE

Los diámetros en cada plano, son comparados con el diámetro promedio medido a un pie de la base

Diámetro: 3,926 [m]

DATOS DE ENTRADA ASENTAMIENTO VERTICALIDAD REDONDEZ F. ASENTAMIENTO

Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

Anexo 11. Cumplimiento de asentamiento.

PFT-002-2019 VERT,ASENT,REDON, T-1401 A, ZPF , ENERO 2019 [Modo de co

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda ¿Qué des

Pegar Fuente Alineación Número

Q33

DATOS DE ASENTAMIENTO									
PUNTO	ÁNGULO		DIFERENCIA DE NIVEL (COTA)	ELEVACIÓN PREVISTA (COSENO ÓPTIMO)	ASENTAMIENTO DIFERENCIAL U_i	DEFLEXIÓN DIFERENCIAL S_i	TOLERANCIA $S_{m\acute{a}x}$	RESULTADO	
	[°]	[rad]							[mm]
1	0	0,000	-8	-8,43	-0,43	0,43	2,55	CUMPLE	
2	45	0,785	-9	-8,57	0,43	0,48	2,55	CUMPLE	
3	90	1,571	-9	-8,68	0,32	0,45	2,55	CUMPLE	
4	135	2,356	-8	-8,68	-0,68	1,05	2,55	CUMPLE	
5	180	3,142	-9	-8,57	0,43	0,98	2,55	CUMPLE	
6	225	3,927	-8	-8,43	-0,43	0,98	2,55	CUMPLE	
7	270	4,712	-9	-8,32	0,68	1,05	2,55	CUMPLE	
8	315	5,498	-8	-8,32	-0,32	0,66	2,55	CUMPLE	
ELEVACION PREVISTA									
$[Elev]_{prev} = a + b \cdot \cos(\theta + c)$						a	b	c	
						-8,50	0,19	2162,59	

... DATOS DE ENTRADA | ASENTAMIENTO | VERTICALIDAD | REDONDEZ | **F. ASENTAMIENTO**

Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

Anexo 12. Tolerancias de verticalidad.

PFT-002-2019 VERT,ASENT,REDON, T-1401 A, ZPF , ENERO 2019 [Modo de compatibilidad] - Ex

Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda ¿Qué desea hacer?

Arial 10 Ajustar texto General

Fuente Alineación Número

DATOS DE VERTICALIDAD								
PUNTO	ÁNGULO	BASE		ÚLTIMO ANILLO		DIFERENCIA		TOLERANCIA
		COORDENADA NORTE	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	COORDENADA ESTE	[m]	[mm]	+/- [mm]
	[°]	[m]	[m]	[m]	[m]			
1	0	62568,125	38977,931	62568,121	38977,936	0,006	6,1	61,6
2	45	62567,026	38978,997	62567,029	38978,991	0,007	6,7	61,6
3	90	62567,028	38980,529	62567,025	38980,525	0,005	5,0	61,6
4	135	62568,053	38981,563	62568,052	38981,568	0,006	5,6	61,6
5	180	62569,544	38981,593	62569,541	38981,597	0,005	4,9	61,6
6	225	62570,638	38980,537	62570,635	38980,542	0,006	5,7	61,6
7	270	62570,644	38978,999	62570,642	38978,995	0,005	4,7	61,6
8	315	62569,617	38977,960	62569,616	38977,968	0,008	7,8	61,6
TOLERANCIA								
ALTURA TANQUE [mm]:		CRITERIO H/100 [mm]:		CRITERIO 5 in. [mm]		TOLERANCIA APLICADA [mm]		
6160,70		61,6		127,0		61,6		

DATOS DE ENTRADA | ASENTAMIENTO | **VERTICALIDAD** | REDONDEZ | F. ASENTAMIENTO | RED, VERT,HOR

cesibilidad: No disponible

Fuente: TOMA DE DATOS EN CAMPO.

Elaborado por: AUTOR

Anexo 14. Oficio de veracidad del proyecto de titulación.



Shushufindi, 11 de noviembre de 2022

Para:

Srta. Valeria Quilumba.

Mediante la presente me permito indicar que se realizó la revisión de los datos de campo e información complementaria para el desarrollo de la tesis **"ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DEL TANQUE VERTICAL PR-00.1 DE CAPACIDAD NOMINAL (500 BARRILES) PARA ALMACENAMIENTO DE DIÉSEL UBICADO EN LA FARRGQUIA 7 DE JULIO CANTÓN SHUSHUFINDI"**, y se determinó que lo anteriormente mencionado cumple con los parámetros exigidos en *API 653 Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction*, en los puntos referidos a Asentamiento, Verticalidad y Redondez.

El desarrollo de la presente tesis fue realizado en el marco de los criterios de inspección basados en lo exigido por la norma ISO 17020 para Organismos Evaluadores de la Conformidad, para lo cual la preservación de la información y el principio de imparcialidad son vitales a la hora de poder determinar la idoneidad o no del elemento a ser evaluado, por tanto, todo lo relacionado a cálculos, anexos y demás información generada, es confidencial y propiedad exclusiva de MINGA S.A.

Sin más que acotar, se extiende el reconocimiento por el esfuerzo demostrado en el proceso de investigación y resolución de la tesis llevada a cabo en nuestro departamento.

Atentamente


Edison Téquiz
Inspector Técnico

Organismo de Inspección



Elaborado por: EDISON TÉQUIZ (INSPECTOR TÉCNICO)