



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA API 653 PARA MEJORA DE
MANTENIMIENTO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE
HIDROCARBUROS EN LA EMPRESA TERMINALES DEL PERU

Línea de investigación:

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de
Ingeniero Agroindustrial

Autor

Inocencio Beraun, Henry Grover

Asesor

Bazán Briceño, José Luis

ORCID: 0000-0001-8604-3260

Jurado

Geldres Benites, Zonia Gudelia

Casani Allende, Julián

Torres Sánchez, Doris Concesa

Lima - Perú

2025



IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA API 653 PARA MEJORA DE MANTENIMIENTO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS EN LA EMPRESA TERMINALES DEL PERU

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.coursehero.com Fuente de Internet	1 %
2	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
4	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
5	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
6	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
7	keydigital.com.ar Fuente de Internet	<1 %
8	www.prnewswire.com Fuente de Internet	<1 %
9	edoc.pub Fuente de Internet	<1 %



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA API 653 PARA MEJORA DE MANTENIMIENTO
DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS EN LA EMPRESA

TERMINALES DEL PERU

Línea de Investigación:

Competitividad industrial, diversificación productiva y prospectiva

Experiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Inocencio Beraun, Henry Grover

Asesor:

Bazán Briceño, José Luis

ORCID: 0000-0001-8604-3260

Jurado:

Geldres Benites, Zonia Gudelia

Ccasani Allende, Julián

Torres Sánchez, Doris Concesa

Lima – Perú

2025

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT.....	6
I. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Trayectoria del autor.....	7
1.2. Descripción de la Empresa / Institución	11
1.3. Organigrama de la Empresa.....	13
1.4. Áreas y funciones desempeñadas	14
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA.....	17
III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA	58
IV. CONCLUSIONES	60
V. RECOMENDACIONES.....	61
VI. REFERENCIAS.....	62
VII. ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Nivel de probabilidad.....	27
Tabla 2	Nivel de severidad.....	28
Tabla 3	Nivel de riesgo.....	28
Tabla 4	Matriz IPERC.....	29
Tabla 5	Pruebas de tintes penetrantes.....	48
Tabla 6	Evaluación de la inspección final.....	50
Tabla 7	Informe de inspección del tanque.....	52
Tabla 8	Informe de pruebas y reparaciones.....	53
Tabla 9	Cronograma de inspecciones futuras.....	54
Tabla 10	Costo antes de la implementación.....	58
Tabla 11	Costo después de la implementación.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Organigrama.....	13
Figura 2	Principios de la ley 29783.....	18
Figura 3	Limpieza y desgasificación de tanque.....	20
Figura 4	Inspección previa.....	21
Figura 5	Limpieza de corrosión.....	22
Figura 6	Prueba de hermeticidad y presión.....	23
Figura 7	Fases de mantenimiento de tanques de almacenamiento.....	24
Figura 8	Tanque en inspección.....	26
Figura 9	Extractor de aire.....	31
Figura 10	Extractor de aire implementado.....	35
Figura 11	Proceso de desgasificación.....	35
Figura 12	Inspección visual externa.....	38
Figura 13	Procedimientos de bloqueo.....	55
Figura 14	Diagrama de bloqueo de tanques.....	57

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo consiste en implantar la norma API 653 en la empresa Terminales del Perú, que se refiere a los estándares de inspección, reparación, modificación y restablecimiento de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, y garantiza la seguridad y la eficiencia en sus operaciones. Alcanzando las directrices de la API 653, la empresa implementó la instalación de extractores de aire que comprimen el tiempo de fuera de servicio de 10 días a 8 días, mermando el tiempo inoperativo. Esto se ordena con los requerimientos de la norma en base a seguridad y optimización de los procesos de mantenimiento. Al comprimir el tiempo de ventilación, la empresa mejora la seguridad, acelera el proceso de mantenimiento y recobra \$/. 19,450.04 por ciclo de ventilación. Los beneficios que nos proporciona son la reducción de días inoperativos, recuperando ingresos por cada ciclo de mantenimiento; otro es el incremento en ingresos anuales, así Terminales del Perú estaría recuperando ganancias adicionales al año, otro beneficio es la mejora en seguridad y eficiencia; al implementar extractores de aire, se reduce la exposición a gases peligrosos y se mejora la eficiencia en el proceso de ventilación. En resumen, la API 653 suministra las bases para mejorar los procesos de mantenimiento, optimizando el tiempo de ventilación y reduciendo riesgos para los trabajadores, lo que genera un impacto positivo tanto en la seguridad como en los ingresos de Terminales del Perú.

Palabras clave: API 653, ventilación, tanques de almacenamiento, hidrocarburos, extractor de aire, mantenimiento, seguridad, inoperatividad, eficiencia operativa, inspección, normativas.

ABSTRACT

The purpose of this work is to implement the API 653 standard, which regulates the standards for inspection, repair, modification and reconstruction of hydrocarbon storage tanks, and guarantees safety and efficiency in their operations. Following API 653 guidelines, the company implemented the installation of air extractors that reduce ventilation time from 10 days to 8 days, minimizing downtime. This is aligned with the requirements of the standard regarding safety and optimization of maintenance processes. By minimizing ventilation time, the company improves safety, accelerates the maintenance process and recovers per ventilation cycle. The benefits it provides us are the reduction of inoperative days, recovering income for each maintenance cycle; another is the increase in annual income; this, the company earns an additional per year, another benefit is the improvement in safety and efficiency; By implementing exhaust fans, exposure to dangerous gases is reduced and efficiency in the ventilation process is improved. In summary, API 653 provides the basis for improving maintenance processes, optimizing ventilation time and reducing risks for workers, which generates a positive impact on both safety and company income.

Keywords: API 653, ventilation, storage tanks, hydrocarbons, air extractor, maintenance, safety, inoperability, operational efficiency, inspection, regulations.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Trayectoria del autor

Datos Personales

Nombres y Apellidos: Henry Grover Inocencio Beraún

Edad: 39 años

Nacionalidad: peruana

Fecha de Nacimiento: 03/09/1985

D.N.I: 43243361

Dirección: Jr. Juan Tobías Meyer 230

Celular: 962625278

Email: herrys0309@gmail.com

Resumen Profesional

Profesional con 12 años de experiencia en el sector hidrocarburos, especializado en el área de mantenimiento y operatividad de planta, trabajando en las refinerías de Conchan y la pampilla, así como en la planta de almacenamiento de terminales del Perú, liderando proyectos de mantenimiento y adecuación de tanques de almacenamiento según normas API 650, 653 y operatividad de planta (Recepción, almacenamiento y despacho de hidrocarburos líquidos).

Experiencia Laboral

Empresa: Terminales del Perú

Cargo: Ingeniero de terminal 2.

Periodo: 01/06/2018 – Actualidad.

Responsabilidades:

- Cumplimiento del plan de mantenimiento.

- Integridad de las tuberías de recepción según ASME B31.4. Sistema de tuberías para transporte de hidrocarburos líquidos, API 570 norma para la inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tuberías de proceso.
- Inspección y mantenimiento y pruebas de mangueras de conexión a buques tanques según IMO e ISGOTT.
- Inspección y mantenimiento de tanques de almacenamiento.
- Mantenimiento de manifold de distribución.
- Mantenimiento de equipos del sistema contra incendio según NFPA 10(Norma para extintores portátiles) y NFPA 25(Norma para la inspección, prueba y mantenimiento de sistemas contra incendio)

Empresa: Cime Ingenieros SRL

Cargo: Ingeniero Residente

Periodo: 01/08/2013 – 30/05/2018.

Responsabilidades:

- Planificación y elaboración de cronogramas de los proyectos
- Elaboración de procedimientos e instructivos de trabajo.
- Elaboración de presupuestos de los proyectos.
- Ejecución de los proyectos de mantenimiento y adecuación de tanques.

Proyectos Relevantes

- Mantenimiento mayor y adecuación de tanques de almacenamiento de combustibles (Consorcio Terminales GMP – Terminal Ilo)
- Mantenimiento Mayor del Tanque 11
 - i. Reemplazo parcial de planchas de fondo y sumidero.
 - ii. Recubrimiento exterior(pintado) de estructuras del tanque.

- iii. Mantenimiento del sistema contra incendio
 - iv. Adecuación de tubería de recepción de 12”.
- Mantenimiento mayor y adecuación de tanques de almacenamiento de combustibles
(Consorcio Terminales GMP – Terminal Mollendo)
 - Mantenimiento Mayor del Tanque 1
 - i. Reemplazo parcial de planchas de fondo.
 - a. Recubrimiento exterior(pintado) de estructuras del tanque.
 - b. Mantenimiento del sistema contra incendio
 - ii. Mantenimiento Mayor del Tanque 12
 - a. Reemplazo parcial de planchas de fondo
 - b. Reemplazo parcial de planchas de techo flotante
 - c. Recubrimiento exterior(pintado) de estructuras del tanque
 - d. Mantenimiento del sistema contra incendio
 - Mantenimiento general de tanques de almacenamiento (Refinería la Pampilla)
 - a. Desmontaje y retiro de planchas metálicas de esfera de gas N°3.
 - Intervención con grúa telescópica de 220 toneladas
 - b. Mantenimiento general de esfera de gas N°1.
 - c. Mantenimiento general tanque 31 – producto residual
 - d. Montaje de tubería de 16” – producto gasolina.
 - e. Adecuación de tanques 31T1C – producto deslastre
 - e.1. Retiro y montaje general de planchas de techo.
 - e.2. Fabricación y montaje de escalera basculante y helicoidal.
 - e.3. Fabricación y montaje de anillo de rigidez
 - e.4. Cambio de planchas de fondo.
 - e.5. Fabricación de anillo de cimentación

- f. Mantenimiento general de tanque 31T30 -producto crudo
- g. Mantenimiento de esfera de gas 31T1
- h. Adecuación de Tanque 102B – producto Diesel
- i. Mantenimiento de horno 02H1(parada de planta)
- j. Desmontaje y montaje de serpentín de tuberías de cabinas del horno
- k. Mantenimiento de intercambiadores de calor y Aero refrigerantes
- l. Montaje de tubería de 14” para línea de Diesel en el tanque 31T 210C
- m. Mantenimiento general del regenerador 21C 4(parada de planta)
 - Retiro e instalación de mallas hexagonales y refractario a los ciclones primarios y secundarios del regenerador 21C4. (parada de planta)
 - Desmontaje y montaje de silenciador del caldero 50B 1. (parada de planta).
 - Cambio total de planchas de fondo del tanque 31T 210C
 - Montaje de escalera helicoidal al tanque 31T 210C
 - Cambio total de planchas de fondo del tanque 31T 209C
 - Limpieza interior del tanque 31T 209D y 1C
 - Mantenimiento general a la esfera 31T 4.

Habilidades y competencias

- a. Normativas y estándares: conocimiento detallado de las normativas ASME B31.4, ASME B 31.3, API 570, API 650, API 653, NFPA 10 y NFPA 25.
- b. Liderazgo y gestión de equipos: capacidad demostrada para liderar equipos multidisciplinarios en proyectos de gran escala.
- c. Comunicación efectiva: excelentes habilidades de comunicación escrita y verbal, incluyendo la presentación de informes técnicos.
- d. Resolución de problemas: competente en la identificación de problemas operacionales

y la implementación de soluciones efectivas.

e. Gestión del tiempo: capaz de gestionar proyectos múltiples y cumplir con plazos estrictos.

f. Trabajo en equipo: fuerte capacidad para colaborar en equipos y contribuir a un ambiente de trabajo positivo

Certificaciones y capacitaciones

- API 580 Evaluación e inspección basada en riesgos.
- API 650 Diseño y construcción de tanques de almacenamiento
- API 653 Inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanques
- Manejo de combustibles de aviación

1.2. Descripción de la Empresa / Institución

Terminales del Perú S.A. es una empresa peruana especializada en el manejo integral de terminales de almacenamiento y distribución de combustibles y productos derivados del petróleo. La empresa opera una red de terminales estratégicamente ubicados en Lima y el norte del país, proporcionando servicios esenciales para la cadena de suministro de energía en el Perú.

Misión

La misión de Terminales del Perú es ofrecer soluciones logísticas de eficiencia y seguridad para el almacenamiento y distribución de combustibles, garantizando la continuidad del suministro energético y contribuyendo al desarrollo económico y social del país.

Visión

Ser la empresa en liderazgo en gestión de terminales de almacenamiento de combustibles en Perú, reconocida por su excelencia operativa, innovación y compromiso con la seguridad y la sostenibilidad.

Servicios

La empresa ofrece tres servicios esenciales para el sector energético del país:

- Recepción de combustibles: Servicio de recepción de combustibles líquidos de buques tanques desde muelles y terminales multi boyas hacia la planta de almacenamiento.
- Almacenamiento de Combustibles: Gestión de grandes volúmenes de combustibles líquidos y productos derivados del petróleo almacenados en tanques.
- Despacho: Servicios de despacho de combustibles líquidos a camiones cisterna de los diferentes mayoristas.

Estos tres servicios se ofrecen a los principales mayoristas y comercializadoras de los hidrocarburos en nuestro país, tales como Petroperú, Repsol, Primax, Pluspetrol, Exxon Móvil, etc. Principalmente consta en la recepción de sus productos desde el muelle o terminales multi boyas, el alquiler de los tanques del terminal para almacenar el producto según el cliente y volumen contratado para finalmente despachar a los camiones cisterna de sus respectivos clientes.

Infraestructura

Terminales del Perú dispone de una red de terminales en Lima y en el norte del país como Supe, Chimbote, Salaverry y Puerto Eten ubicados estratégicamente para optimizar la recepción, almacenamiento y despacho. Estos terminales han sido diseñados para cumplir con los más altos estándares de seguridad, medio ambiente y disciplina operativa. También cuentan con los requerimientos en sistema contra incendio según normativa. En el terminal Callao

tenemos 38 tanques de almacenamiento con una capacidad de 1'550,485 barriles aproximadamente para los diferentes derivados de hidrocarburos.

Compromiso con la Seguridad y el Medio Ambiente

Terminales del Perú posee un firme compromiso con la seguridad y la protección del medio ambiente. La empresa implementa rigurosos protocolos de seguridad para prevenir incidentes y minimizar riesgos operacionales. Además, se enfoca en la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental mediante prácticas de gestión responsable y el cumplimiento de las regulaciones ambientales vigentes.

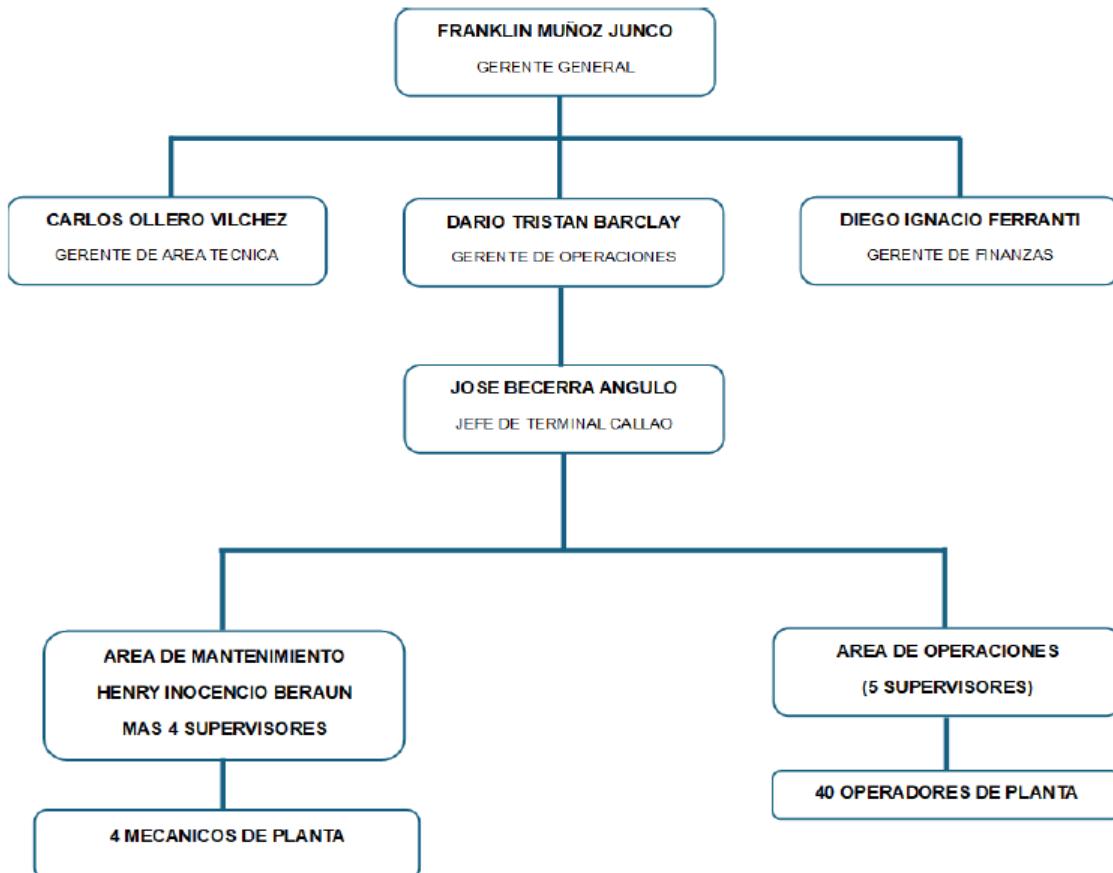
Valores Corporativos

- Integridad: Actuar con honestidad y transparencia en todas las operaciones.
- Seguridad: Priorizar la seguridad de los empleados, las comunidades y el medio ambiente.
- Excelencia Operativa: Buscar continuamente la mejora y eficiencia en todas las actividades.
- Responsabilidad Social: Contribuir positivamente al desarrollo de las comunidades donde operan.

1.3. Organigrama de la Empresa

Figura 1

Organigrama



1.4. Áreas y funciones desempeñadas

Ingeniero de Mantenimiento y Operatividad de Planta: Supervisor a cargo de los siguientes sistemas para el proceso de Recepción, Almacenamiento y Despacho de hidrocarburos en el Terminal Callao.

- Sistema de Tanques y líneas.
- Sistema de Bombeo.
- Sistema de Recepción (muelles 4 y 7 APM Terminales).
- Sistema Eléctrico y GGEE.
- Sistema contra incendio.
- Sistema de despacho.

Ingeniero Residente en los siguientes proyectos:

- Desmontaje y retiro de planchas metálicas de Esfera de Gas N° 3
- Intervención con grúa telescópica de 220 toneladas.
- Mantenimiento general de Esfera de gas N° 1
- Mantenimiento general tanque 31 – Producto residual
- Montaje de línea de 16” – Producto gasolina
- Adecuación de tanque 31T1C – Producto Deslastre
- Retiro y Montaje general de planchas de techo.
- Mantenimiento General de Tanque 31T30 – Producto Crudo.
- Mantenimiento de Esfera de gas 31T1.
- Adecuación de Tanque 102B – Producto Diesel
- Mantenimiento de Horno francés 02H1
- Desmontaje y montaje de serpentín de tuberías de cabinas del horno.

Responsable SSOMA en los siguientes proyectos:

- a. Montaje de Tubería de 14” para línea de Diesel en el Tanque 31T 210C.
- b. Mantenimiento General al Regenerador 21C 4 (PARADA DE PLANTA).
- c. Retiro e Instalación de Mallas Hexagonales y Refractario a los Ciclones primarios y secundarios del Regenerador 21C 4. (PARADA DE PLANTA).
- d. Desmontaje y montaje de silenciador del caldero 50B 1. (PARADA DE PLANTA).
- e. Cambio total de planchas de fondo del Tanque 31T 210C.

- f. Montaje de escalera helicoidal al tanque 31T 210 C
- g. Cambio total de planchas de fondo del Tanque 31T 209C.

Funciones específicas:

- Elaboración de IPER (Identificación de peligros y evaluación de riesgos).
- Prevención de Riesgos Laborales.
- Elaboración de Procedimientos de Trabajo Seguro para la ejecución de estas.
- Prevenir, corregir y levantar las Observaciones de Seguridad dentro de la Refinería.
- Capacitación en Seguridad Industrial y Medio ambiente.
- Capacitación en trabajos con Atmósferas Peligrosas.
- Capacitación en trabajos de soldadura y cortes.
- Capacitación en trabajos de altura y riesgos laborales.
- Identificar y proporcionar los Equipos de Protección Personal según tipo de trabajo.
- Evaluar las condiciones y actos subestándar en el desarrollo de los trabajos.
- Capacitaciones y charlas de seguridad al personal.
- Velar por la salud y la seguridad de los trabajadores.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

2.1. Objetivo General

Implementar un sistema de mejora en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos bajo la norma API 653 para optimizar tiempos en el proceso de entrega para mantenimiento.

2.2. Objetivos Específicos

- Reducir el tiempo de ventilación de los tanques mediante la implementación de extractores de aire, optimizando el proceso de eliminación de gases peligrosos y ventilación.
- Incrementar los ingresos económicos de la empresa recuperando los días inoperativos, calculando el beneficio económico por la reducción en cada ciclo de ventilación.
- Mejorar las condiciones de seguridad durante los procesos de mantenimiento, disminuyendo el tiempo de exposición de los trabajadores a atmósferas peligrosas dentro de los tanques.
- Realizar un análisis de comparativas de costos para justificar la viabilidad económica de la instalación de los extractores de aire, demostrando su impacto positivo en los ingresos de la empresa en menos de un año.

2.3. Bases teóricas

La norma API 653 establece parámetros para las acciones de inspección, reparación, modificación y reconstrucción de tanques de almacenamiento de hidrocarburos (American Petroleum Institute [API], 2001). El flujograma de mantenimiento de un tanque según esta norma sigue varias etapas clave:

2.3.1. *Planificación del Mantenimiento*

- Revisión de documentos: Previo a cualquier intervención, es esencial que se inspeccione los planos originales del tanque, el historial de inspección y cualquier acción modificada o reparación previa.
- Identificación de riesgos: Es fundamental hacer un análisis sobre los riesgos y un plan de trabajo adecuado para garantizar la seguridad considerando la ley 29783
- Permisos y autorizaciones: Obtener las autorizaciones y permisos necesarios que rigen la normativa local y la política de la empresa.

Figura 2

Ley 29783

1 PREVENCIÓN

El empleador garantiza condiciones de trabajo que protejan la vida, la salud y el bienestar de los trabajadores



2 RESPONSABILIDAD

El empleador asume las implicancias económicas y legales en casos de accidente de trabajo o enfermedad profesional.

3 COOPERACIÓN

El estado junto con los empleadores y trabajadores, establecen colaboración y coordinación en temas de seguridad y salud.



4 INFORMACIÓN Y CAPACITACIÓN

El empleador brinda información y capacitación oportuna y adecuada en temas de seguridad y salud.



5 GESTIÓN INTEGRAL

El empleador integra la gestión de la seguridad y salud en el trabajo a la gestión general de la empresa.



6 ATENCIÓN INTEGRAL DE SALUD

Los trabajadores que sufran accidentes de trabajo o enfermedad profesional tienen derecho a prestaciones de salud.



7 CONSULTA Y PARTICIPACIÓN

El Estado implementará mecanismos de participación para los empleadores y trabajadores en temas de seguridad y salud.

8 PRIMACÍA DE LA REALIDAD

Para el cumplimiento de la legislación en seguridad y salud, las autoridades optan por lo constatado en la realidad (en caso sea discrepante con los documentos).

9 PROTECCIÓN

El Estado y el empleador garantizan a los trabajadores un ambiente de trabajo seguro y saludable compatible con su dignidad.

Nota. La figura muestra los principios de la Ley 29783. Fuente: COPAN - Servicios de Gestión e Ingeniería y Soluciones Técnicas

2.3.2. *Inspección Previa*

- Inspección visual externa: Se procede a examinar los componentes externos del tanque (paredes, techo, boquillas, etc.) para poder visualizar signos visibles de corrosión, deformación, o daños.
- Inspección de fondo y paredes internas: Usualmente, se utiliza la tecnología de ultrasonido (UT) para evaluar el espesor del metal y detectar la pérdida de material debido a la corrosión.

Figura 3

Inspección Previa



Nota. Recuperado de <https://sd-services.com.mx/inspeccion-de-tanques-de-almacenamiento/>

- Pruebas no destructivas (NDT): Las pruebas adicionales, como la radiografía o la inspección por partículas magnéticas, se pueden utilizar para la detección de defectos más profundos en el metal.
- Evaluación del asentamiento: Se puede comprobar si el tanque ha experimentado algún asentamiento diferencial que pueda comprometer su integridad estructural.

2.3.3. Limpieza y Desgasificación

- Antes de cualquier intervención interna, el tanque debe ser vaciado y limpiado completamente.
- Se debe realizar un proceso de desgasificación para excluir cualquier vapor inflamable o peligroso.
- Verificación de la atmósfera interna por medio del monitoreo de gases, aseverando condiciones seguras para el trabajo (Canela, 2022).

Figura 4

Limpieza y desgasificación de tanque

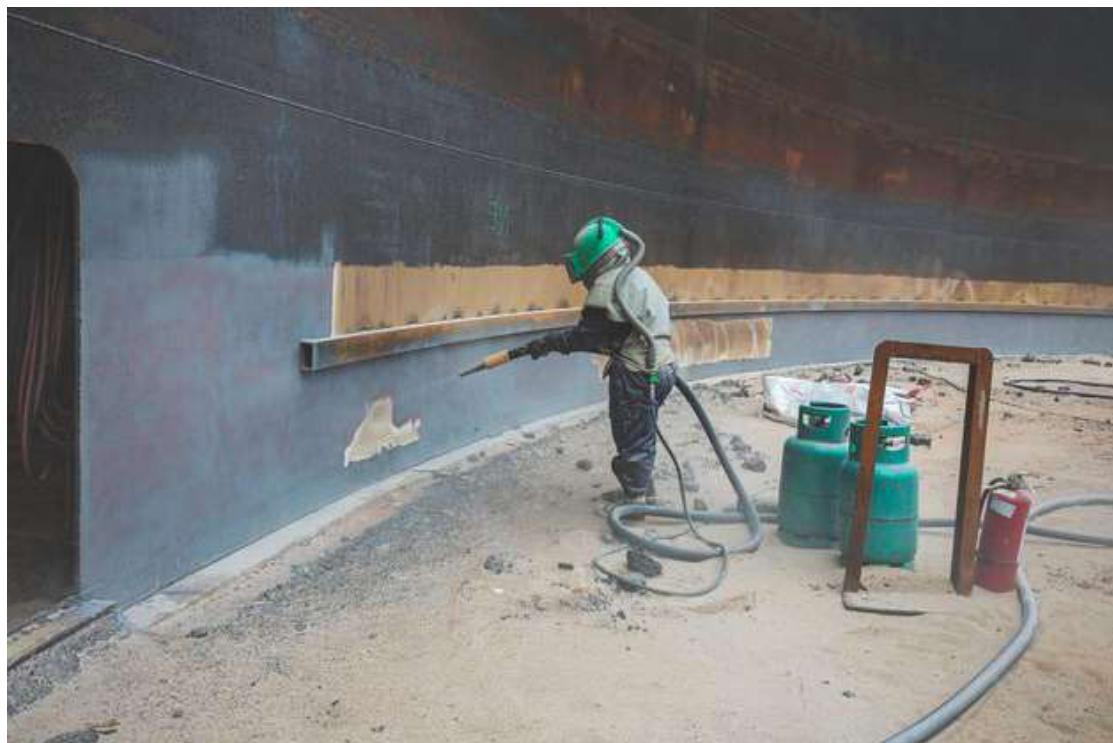


2.3.4. Reparación y Mantenimiento

- Soldadura y parches: Cualquier área que haya sido procesado por corrosión o daño debe ser reparada con soldadura o parches, alcanzando los requisitos de soldadura especificados en la API 653 (Calderón, 2022).
- Sustitución de componentes: Si es considerable, partes como placas del fondo, juntas o sellos podrían ser reemplazadas.
- Protección contra la corrosión: Se debe destinar un sistema de protección anticorrosiva, ya sea con revestimientos internos o sistemas de protección catódica.

Figura 5

Limpieza de corrosión



Nota. La figura muestra la limpieza que se realiza para residuos de corrosión en el tanque

2.3.5. Pruebas de Hermeticidad y Presión

- Una vez realizadas las reparaciones, se deben llevar a cabo pruebas de hermeticidad (pruebas hidrostáticas o neumáticas) para certificar que el tanque no tiene fugas.
- Se debe efectuar una prueba de presión adecuada para contrastar la integridad estructural del tanque después de las reparaciones.

Figura 6

Prueba de hermeticidad y presión



Nota. La figura muestra como implementar presión y hermeticidad

2.3.6. Inspección Final

- Un reconocimiento final debe ser realizada por un inspector certificado en API 653, quien valorará la calidad de las reparaciones y confirmará que el tanque está en condiciones inequívocas para volver a operar.

- Se expone un informe detallado, incluyendo todos los hallazgos y acciones tomadas durante el proceso.

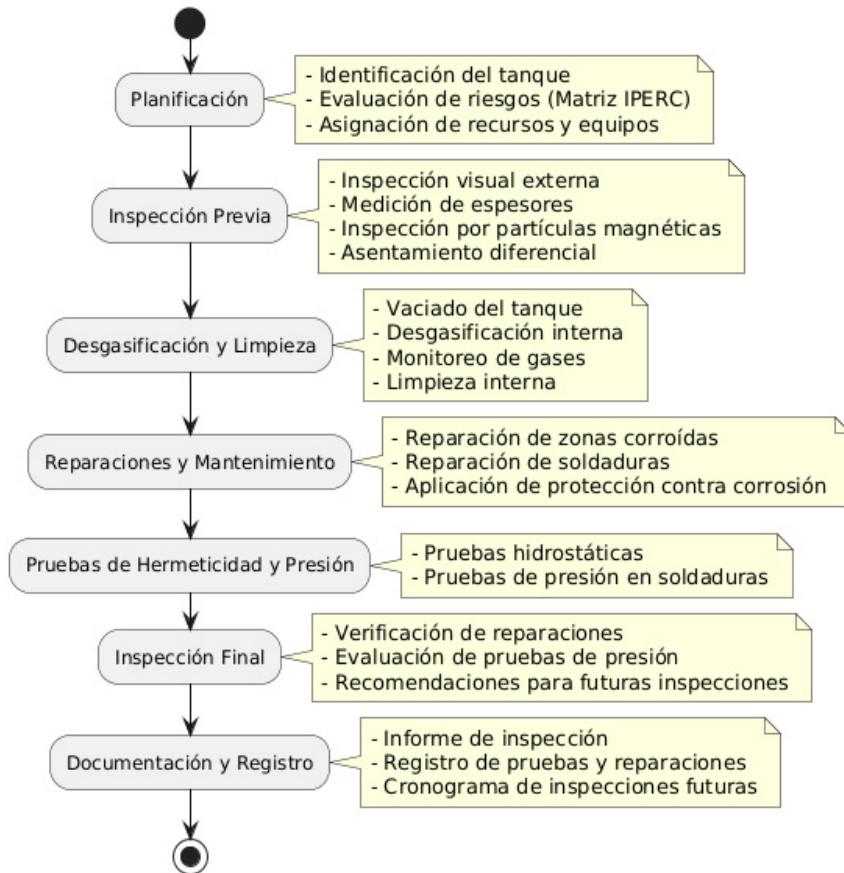
2.3.7. Documentación y Registro

- Toda la información sobre el reconocimiento, las reparaciones, las pruebas y las modificaciones debe ser documentada y archivada.
- Se instituye un nuevo cronograma de inspección y mantenimiento basado en los resultados de esta intervención, para aseverar la seguridad y operatividad a largo plazo del tanque.

El cumplimiento de la API 653 es crítico para avalar que los tanques de almacenamiento operen de manera segura y eficiente, minimizando riesgos ambientales y de seguridad (Merma, 2024).

Figura 7

Fases de mantenimiento de tanques de almacenamiento



Nota. La figura muestra las fases de mantenimiento de un tanque de almacenamiento

Actividad específica

Terminales del Perú, empresa encargada de la recepción, almacenamiento y despacho de hidrocarburos líquidos, cada 5 años efectúa la inspección de los tanques, que han estado en promedio de servicio durante 35 años. A lo largo de este tiempo, ha sufrido exposición a condiciones ambientales costeras, lo que acrecienta el riesgo de corrosión en sus componentes metálicos.

Situación Inicial

La empresa operadora ha programado un reconocimiento completo del tanque como parte de su mantenimiento basado en la norma API 653, debido a que:

- Se divisaron signos de corrosión externa en las paredes del tanque y en la parte inferior del tanque durante una inspección visual rutinaria.
- El último mantenimiento integral corroborado fue hace 10 años, y el tanque ha estado en servicio continuo desde entonces.
- Se visualiza que existe unas fisuras y agrietamientos en el anillo de cimentación

Figura 8

Tanque de inspección



Nota. El tanque de inspección que será implementado por Terminales del Perú

2.4. Fases del Proceso de Mantenimiento

2.4.1. Planificación

Se elabora un plan de mantenimiento basado en los requisitos de la API 653. Se programa una verificación del tanque para su revisión.

- Se examinan los planos originales del tanque y los informes de mantenimiento e inspección previos.
- Se visualizan los posibles riesgos, como la presencia de vapores inflamables, exposición a productos químicos dañinos y la seguridad del personal durante el mantenimiento.

Tabla 1

Nivel de Probabilidad

Probabilidad	Descripción	Valor	Frecuencia Estimada
Improbable	Ocurre en modo raro	1	Casi nunca ha ocurrido en este tipo de actividades.
Poco probable	Ocurre ocasionalmente	2	Puede ocurrir bajo circunstancias excepcionales.
Possible	Ocurre a veces	3	Puede ocurrir durante el desarrollo de la actividad.
Probable	Ocurre frecuentemente	4	Ocurre de manera regular en actividades similares.
Casi seguro	Ocurre muy a menudo	5	Se espera que ocurra en casi todas las actividades.

Nota. La tabla 1 muestra los indicadores de nivel de probabilidad

Tabla 2*Nivel de Severidad*

Severidad	Descripción	Valor	Impacto Estimado
Leve	Lesiones o daños mínimos, sin afectación significativa.	1	Pequeñas molestias, cortes o moretones que no requieren tratamiento médico especializado.
Menor	Lesiones leves, recuperación rápida.	2	Lesiones leves que requieren atención médica básica, pero sin incapacitación prolongada.
Moderado	Lesiones que requieren atención médica y tiempo de recuperación.	3	Lesiones que pueden implicar incapacidad temporal o baja médica a corto plazo.
Crítico	Lesiones graves, posible incapacidad permanente.	4	Lesiones serias que requieren hospitalización, con posibilidad de incapacidad a largo plazo.
Catastrófico	Muerte o daño muy grave, incapacidad permanente o fatalidad.	5	Muerte o daño grave irreversible que afecta a la vida o la integridad física del trabajador.

Nota. La tabla 2 muestra los indicadores de nivel de severidad.

Tabla 3*Nivel de Riesgo*

Nivel de Riesgo	Descripción	Acciones Recomendadas	Rango de Valor
Bajo	El riesgo es aceptable y no se esperan daños significativos.	Continuar con las actividades, manteniendo controles y supervisión rutinaria.	1 a 5
Medio	El riesgo es moderado, puede causar lesiones leves o moderadas.	Implementar medidas adicionales de control y monitoreo. Se debe revisar periódicamente.	6 a 10
Alto	El riesgo es significativo y puede causar daños graves.	Requiere acciones inmediatas para implementar controles más estrictos. No se recomienda continuar sin mejoras.	11 a 15
Muy Alto	El riesgo es inaceptable, con potencial de lesiones graves o fatalidades.	Se deben detener las actividades hasta que se implementen controles eficaces. Se necesita revisión urgente.	16 a 25

Nota. La tabla 3 muestra los indicadores de nivel de riesgo

Tabla 4

Matriz IPERC

Actividad	Peligro	Consecuencia	Probabilidad	Severidad	Riesgo	Medidas de Control	Probabilidad Posterior	Riesgo Posterior
Ingreso al área de trabajo	Vehículos en movimiento	Atropellos, golpes	3 (Posible)	4 (Crítico)	12 (Alto)	Señalización del área, rutas específicas, uso de PPE (chaleco reflectante), capacitación en seguridad vial.	1 (Improbable)	4 (Bajo)
Inspección visual externa	Caída de objetos desde el tanque	Lesiones por impacto	2 (Poco probable)	3 (Moderado)	6 (Medio)	Uso de casco de seguridad, zonas demarcadas de trabajo seguro, barreras físicas y vigilancia constante.	1 (Improbable)	3 (Bajo)
Vaciado y desgasificación	Exposición a gases inflamables/tóxicos	Asfixia, intoxicación, explosiones	4 (Probable)	5 (Catastrófico)	20 (Muy Alto)	Monitoreo constante de gases, equipo de respiración autónoma (ERA), ventilación adecuada, prohibición de fumar.	1 (Improbable)	5 (Bajo)
Ingreso al tanque	Espacios confinados	Falta de oxígeno, atrapamiento	3 (Posible)	5 (Catastrófico)	15 (Alto)	Permisos de trabajo en espacios confinados, monitoreo de oxígeno, vigilancia en el exterior, equipo de rescate.	1 (Improbable)	5 (Bajo)
Uso de herramientas de corte	Chispas y calor	Quemaduras, incendios	3 (Posible)	4 (Crítico)	12 (Alto)	Uso de equipos a prueba de chispas, extintores cercanos, capacitación en manejo de fuego y control de energía.	1 (Improbable)	4 (Bajo)
Manipulación de materiales	Carga pesada	Lesiones musculares, caídas, atrapamientos	3 (Posible)	3 (Moderado)	9 (Medio)	Uso de guantes, cinturones de soporte lumbar, equipo de izaje mecánico, capacitación en técnicas de levantamiento.	2 (Poco probable)	6 (Medio)
Desnivelación	Inestabilidad del tanque	Colapso parcial, atrapamientos	2 (Poco probable)	5 (Catastrófico)	10 (Alto)	Evaluación estructural previa, control del asentamiento, planes de contingencia, demarcación de zonas de riesgo.	1 (Improbable)	5 (Bajo)
Inspección de corrosión	Contacto con superficies corroídas	Cortes, heridas	3 (Posible)	2 (Menor)	6 (Medio)	Uso de guantes resistentes a cortes, herramientas adecuadas para inspección, protección ocular.	2 (Poco probable)	4 (Bajo)

Nota. La tabla 4 muestra los indicadores de la matriz IPERC

Fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Severidad}$$

$$\text{Riesgo Posterior} = \text{Probabilidad Posterior} \times \text{Severidad}$$

El riesgo posterior es evaluado después de haber implementado las medidas de control.

2.4.2. Inspección Previa

Corresponde a la segunda fase del proceso de mantenimiento, inspección previa, se llevan a cabo varias inspecciones detalladas y mediciones para determinar el estado estructural del tanque antes de cualquier trabajo de reparación o limpieza. Estos pasos son esenciales para aseverar que el tanque cumpla con los estándares de seguridad y operatividad determinados por la norma API 653.

2.4.2.1. Inspección Visual Externa. En esta etapa, se efectúa una inspección visual minuciosa del tanque, prestando atención a daños visibles en su estructura externa.

Análisis: Se manifiestan fisuras pequeñas en la parte inferior del tanque (anillo de cimentación), este tipo de defecto es un indicador de corrosión externa o desgaste por condiciones ambientales adversas, como la salinidad cercana al puerto. Se recomienda efectuar una reparación inmediata para evitar que estas fisuras se propaguen y comprometan la integridad estructural.

Figura 9

Inspección Visual externa



Nota. El ingeniero encargado supervisa el tanque examinando los daños correspondientes

2.4.2.2. Medición de Espesores. La medición de espesores es crítica para evaluar el grado de corrosión o desgaste de las paredes y el fondo del tanque. Se utiliza un medidor de ultrasonido para contrastar el espesor actual del metal con el espesor original de diseño.

Análisis: En un tanque de almacenamiento de 9369 barriles, la medición revela que el espesor de la pared en la parte media del tanque ha disminuido de 12 mm a 8 mm debido a la corrosión

interna. Dado que la norma API 653 establece un espesor mínimo para garantizar la seguridad, se decide programar una reparación o reemplazo de esa sección.

2.4.2.3. Inspección por Partículas Magnéticas. Esta técnica se utiliza para manifestar fisuras o defectos superficiales en las soldaduras o en el metal del tanque, especialmente en áreas donde las inspecciones visuales no pueden detectar daños internos o micro fisuras.

Análisis: En una inspección de las soldaduras alrededor del fondo del tanque, el equipo de partículas magnéticas revela pequeñas fisuras que no son visibles a simple vista. Aunque no se han manifestado fugas, estas fisuras pueden aumentar con el tiempo. Según la norma, es necesario repararlas o reforzar las soldaduras afectadas antes de que el tanque vuelva a entrar en operación.

2.4.2.4. Inspección de anillo de cimentación. Es el análisis de la base sobre la cual descansa el tanque para determinar si se ha producido un colapso estructural, lo cual puede comprometer la estabilidad y seguridad de la estructura.

Análisis: Se descubre que un tanque en el Terminal del Callao presenta agrietamiento, fisura y desmoronamiento del anillo de cimentación.

Importancia de la Inspección Previa

La inspección previa permite detectar fallas estructurales, corrosión, defectos en soldaduras y otros problemas que puedan afectar la operación segura del tanque. Al identificar estos problemas con antelación, se evita que se agraven durante el proceso de almacenamiento de hidrocarburos, previniendo accidentes, fugas y pérdidas económicas.

Medidas Correctivas Propuestas:

- Reparar o reemplazar las secciones corroídas.
- Reforzar las soldaduras con defectos.
- Realizar un ensayo por diamantina para analizar el estado del anillo de cimentación

El seguimiento de estos pasos garantiza que los tanques se mantengan en condiciones óptimas y seguras para el almacenamiento de hidrocarburos, cumpliendo con las normativas

2.4.2.5. Desgasificación y Limpieza. La tercera fase del mantenimiento de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, denominada desgasificación y limpieza, es crucial para certificar la seguridad de los trabajadores que ingresarán al tanque y para prevenir la acumulación de gases peligrosos. Esta fase incluye el vaciado completo del tanque, la desgasificación de los vapores de hidrocarburos, la limpieza interna y el monitoreo constante de gases. A continuación, se detallan los pasos involucrados con casos hipotéticos ajustados a situaciones reales

A. Vaciado Completo del Tanque. Este paso implica retirar todo el contenido del tanque, ya sea líquido o residuo, antes de proceder a las demás actividades de mantenimiento. Se utiliza equipo de bombeo para asegurar que todo el hidrocarburo almacenado sea extraído.

Análisis: En el tanque, se procede a bombear los hidrocarburos hacia otro tanque disponible. Sin embargo, debido a la viscosidad del producto almacenado (borra líquida). Este residuo se elimina manualmente.

B. Desgasificación del Tanque. La desgasificación es el proceso mediante el cual se eliminan los vapores de hidrocarburos peligrosos que permanecen en el tanque, utilizando equipos de ventilación forzada, como extractores de aire. Esto se hace para evitar explosiones, intoxicaciones o incendios debido a la presencia de gases inflamables.

Análisis: Después del vaciado del tanque, los trabajadores detectan una concentración de gases inflamables (COVs - compuestos orgánicos volátiles) por encima del límite permisible de seguridad. Se implementan extractores de aire, reduciendo los niveles de gases en el tanque. Inicialmente, el proceso de sacar un tanque fuera de servicio tomaba 10 días, pero con los extractores instalados, este tiempo se reduce a 8 días, logrando que los niveles de gases se sitúen dentro de los límites aceptables de seguridad en menor tiempo.

Figura 10

Extractor de aire implementado



Nota. Extractor de aire implementado por Terminales del Perú

Figura 11

Proceso de gasificación



Nota. Extractor de aire implementado por Terminales del Perú

2.4.2.6. Limpieza Interna. Una vez el tanque ha sido desgasificado y los niveles de gases peligrosos son seguros, se procede a la limpieza interna para eliminar residuos sólidos, barro, corrosión o lodo acumulado. Esto es necesario no solo por razones de seguridad, sino también para garantizar que el tanque cumpla con las condiciones de operación óptima y para prepararlo para la inspección interna.

Análisis: Al ingresar al tanque, se encuentra una acumulación de aproximadamente de 3 cm de sedimentos y lodo en el fondo del tanque debido a años de operación. Se utiliza una hidrolavadora a presión para eliminar el residuo, y luego se aspira con una bomba de diafragma. Esta limpieza profunda también revela corrosión severa en ciertas partes del fondo, que necesitarán ser reparadas antes de que el tanque vuelva a operar.

2.4.2.7. Monitoreo Constante de Gases. Es esencial realizar un monitoreo continuo de los gases en el interior del tanque para garantizar que los niveles de gases peligrosos (como metano, benceno y otros compuestos orgánicos volátiles (COVs) permanezcan dentro de los límites seguros para los trabajadores. Se utilizan detectores de gases portátiles que miden la concentración de gases explosivos y tóxicos en tiempo real.

Análisis: Durante la limpieza interna, se detecta un repunte en los niveles de gases en una sección particular del tanque, lo que requiere detener temporalmente el trabajo y reactivar el sistema de extracción para purgar nuevamente esa área. Tras realizar el proceso de desgasificación adicional, los niveles de gases vuelven a niveles seguros y el trabajo de limpieza puede continuar sin incidentes.

Importancia de la Desgasificación y Limpieza

La correcta ejecución de esta fase asegura que el tanque esté listo para la inspección y mantenimiento subsiguiente, sino que es fundamental para proteger la salud y seguridad de los trabajadores, evitando explosiones, intoxicaciones y otros riesgos asociados con los gases.

Puntos de importancia:

- Durante el proceso de vaciado, quedan residuos que requieren bombeo especializado. Los extractores de aire permiten reducir el tiempo de fuera de servicio de 10 a 8 días,

optimizando el tiempo inoperativo del tanque y generando una ganancia adicional.

- Monitoreo de gases: Durante la limpieza, se detecta un aumento de gases tóxicos, lo que obliga a detener el trabajo hasta que los niveles vuelven a ser seguros, demostrando la importancia del monitoreo constante para evitar accidentes graves.
- Limpieza interna exhaustiva: Se descubre corrosión en el fondo del tanque después de la limpieza, lo que permite programar una reparación inmediata y evitar posibles fugas o fallas estructurales.

Figura 12

Inspección visual externa



Nota. El proceso de desgasificación realizado por Terminales del Perú

Conclusión

La fase de desgasificación y limpieza es crítica para garantizar la seguridad del tanque y sus operarios. Las medidas adecuadas, como el uso de extractores de aire y el monitoreo continuo de gases, aseguran que el proceso se realice de forma rápida y segura, contribuyendo a la reducción de días inoperativos y evitando riesgos catastróficos.

2.4.3. Reparaciones y Mantenimiento

Tras la limpieza y desgasificación, se inician los trabajos de reparación siguiendo las directrices de la norma, así, en la fase de reparaciones y mantenimiento, se ejecutan trabajos para restaurar la integridad estructural del tanque después de la inspección y limpieza. Este proceso incluye la reparación de zonas corroídas, reparación de soldaduras y la implementación de medidas de protección contra la corrosión para prolongar la vida útil del tanque. Las acciones tomadas en esta fase son esenciales para asegurar que el tanque vuelva a operar bajo condiciones óptimas, conforme a los estándares.

2.4.3.1. Reparación de Zonas Corroídas. La corrosión es un problema común en tanques de almacenamiento de hidrocarburos, especialmente en zonas donde hay contacto constante con productos agresivos o humedad. Dependiendo del nivel de corrosión, se puede optar por reparar o reemplazar la sección afectada.

Análisis: En el tanque que produce 9369 barriles, durante la inspección previa se descubrió que la parte media de la pared y el fondo del tanque presentan corrosión significativa. El espesor de la pared se ha reducido de 12 mm a 8 mm, por lo que el personal de mantenimiento decide utilizar placas de refuerzo de acero para reparar las zonas afectadas.

Proceso:

- Se corta la zona corroída y se limpia la superficie afectada.
- Se instala una placa de refuerzo de acero compatible, soldada a la estructura del tanque para garantizar una reparación sólida.
- Finalmente, se revisan las uniones para asegurar que cumplen con los estándares de la API 653.

Beneficio: Esta reparación asegura que el tanque puede volver a operar sin riesgo de fugas, prolongando su vida útil.

2.4.3.2. Reparación de Soldaduras. Las soldaduras son una parte crítica en los tanques de almacenamiento, ya que aseguran la unión entre las diferentes partes del tanque, como las paredes, el fondo y el techo. Si se encuentran fisuras o defectos en las soldaduras durante la inspección, deben repararse para evitar fallos estructurales.

Análisis: Durante la inspección por partículas magnéticas, se detectaron pequeñas fisuras en las soldaduras del fondo del tanque. Aunque no se ha producido una fuga, se deberá realizar la reparación de estas fisuras antes de que el tanque vuelva a operar.

Proceso:

- Se realiza una limpieza de la zona afectada para preparar la soldadura.
- Se utiliza soldadura de arco para llenar las fisuras detectadas.
- Después de la reparación, se lleva a cabo una inspección adicional para verificar que las soldaduras están en condiciones óptimas.

Beneficio: Las soldaduras reparadas eliminan el riesgo de que las fisuras se expandan, lo que podría haber causado fugas o fallos estructurales. Con esta reparación, se garantiza que el

tanque podrá soportar las tensiones normales durante su operación.

2.4.3.3. Protección Contra la Corrosión. Una vez reparadas las zonas corroídas y las soldaduras, es necesario implementar medidas para prevenir que la corrosión vuelva a ocurrir. La protección contra la corrosión puede incluir la aplicación de revestimientos anticorrosivos y la instalación de sistemas de protección catódica.

Análisis: En el tanque, después de reparar las zonas corroídas, se opta por aplicar un revestimiento epóxido en las paredes y el fondo del tanque. Además, se instala un sistema de protección catódica que utiliza ánodos de sacrificio para prevenir la corrosión en las zonas donde el revestimiento pueda fallar.

Proceso:

- Se aplica un revestimiento epóxido a las superficies internas del tanque después de la limpieza.
- Se instalan ánodos de sacrificio en el fondo del tanque, que actuarán como una barrera para prevenir la corrosión.
- Se monitorean los niveles de corrosión periódicamente para asegurarse de que el sistema esté funcionando correctamente.

Beneficio: La implementación de estas medidas permite extender la vida útil del tanque y reducir la frecuencia de futuras reparaciones, disminuyendo los costos operativos a largo plazo.

Importancia de la Cuarta Fase

La fase de reparaciones y mantenimiento es fundamental para restaurar la seguridad y la funcionalidad del tanque. Las reparaciones de zonas corroídas y soldaduras, junto con la protección anticorrosiva, aseguran que el tanque pueda seguir operando de manera segura y

eficiente, minimizando los riesgos de incidentes graves como fugas o explosiones.

Puntos concluyentes:

- **Reparación de zonas corroídas:** Al reforzar las áreas corroídas con placas de acero, se restaura la resistencia estructural del tanque, asegurando que cumpla con los requisitos de espesor de la API 653.
- **Reparación de soldaduras:** Las fisuras detectadas en las soldaduras del fondo del tanque son reparadas utilizando soldadura de arco, lo que elimina el riesgo de futuros fallos en la estructura.
- **Protección contra la corrosión:** Al aplicar un revestimiento epóxido y un sistema de protección catódica, se garantiza una barrera adicional contra la corrosión, lo que prolonga la vida útil del tanque y reduce la necesidad de futuras intervenciones.
- **Beneficio económico:** Estas reparaciones permiten reducir los días de inactividad, manteniendo el tanque operativo en menor tiempo y maximizando los ingresos de la empresa. Además, la protección contra la corrosión minimiza los costos de mantenimiento a largo plazo.

2.4.4. Pruebas de Hermeticidad y Presión

La quinta fase del mantenimiento de tanques de almacenamiento es crucial para asegurar la integridad del tanque después de las reparaciones. Esta fase implica la realización de pruebas de hermeticidad y presión, incluyendo pruebas hidrostáticas (si la reparación supera el 60% del fondo) y pruebas de presión en soldaduras reparadas, para garantizar que el tanque sea seguro para su uso continuado. Estas pruebas están alineadas con los requisitos de la norma API 653, que regula la inspección, reparación y pruebas de tanques de almacenamiento de hidrocarburos (Decreto Supremo N° 052-93-EM.).

2.4.4.1. Prueba de Presión en las Soldaduras Reparadas. Después de realizar reparaciones en las soldaduras, se deben realizar pruebas de presión específicas para verificar que las soldaduras reparadas puedan soportar las tensiones internas sin romperse o mostrar fugas. Esto se realiza aplicando una presión controlada en las áreas donde se llevaron a cabo las reparaciones.

Análisis: Durante la fase de inspección en el mismo tanque, se detectaron fisuras en las soldaduras del fondo, las cuales fueron reparadas. Una vez concluidas las reparaciones, se procede a realizar una prueba de presión localizada en estas soldaduras.

Proceso:

- Se aplican medidores de presión en las zonas de las soldaduras reparadas.
- Se utiliza agua a una presión ligeramente superior a la de operación normal (generalmente un 10% más que la presión de diseño), para someter las soldaduras a una prueba de resistencia.
- La presión se mantiene durante varias horas, mientras se revisa visualmente si hay pérdida de presión o filtraciones en las áreas soldadas.

Resultados:

- La prueba revela que una de las soldaduras presenta una ligera fuga en el punto de reparación. Se realiza una reparación adicional en esa área y se repite la prueba de presión.
- En la segunda prueba, todas las soldaduras reparadas pasan la prueba sin fugas ni deformaciones.

Beneficio: Las pruebas de presión aseguran que las soldaduras reparadas puedan soportar las condiciones operativas del tanque sin riesgo de fugas o fallos, lo que aumenta la seguridad y confiabilidad del tanque.

Importancia de las Pruebas de Hermeticidad y Presión

Estas pruebas son esenciales para verificar que el tanque pueda operar bajo condiciones normales sin presentar fugas o fallos estructurales. Las pruebas hidrostáticas simulan la presión que el tanque experimentará cuando esté lleno de hidrocarburos, mientras que las pruebas de presión en las soldaduras reparadas garantizan que los puntos críticos de reparación cumplan con los estándares de seguridad (Rodríguez, 2024).

2.4.4.2. Prueba Hidrostática. La prueba hidrostática es una de las más importantes y consiste en llenar el tanque con agua para verificar su hermeticidad y asegurar que pueda soportar las presiones de operación sin fallas. El agua se utiliza porque es más segura que probar con hidrocarburos, ya que no es inflamable.

Análisis: Despues de realizar las reparaciones de zonas corroídas y soldaduras en el tanque se procede a realizar la prueba hidrostática. El tanque se llena lentamente con agua, hasta alcanzar su capacidad máxima. La presión ejercida por el agua simula las condiciones que tendría el tanque cuando está lleno de hidrocarburos.

Proceso:

- El tanque se llena hasta su capacidad máxima de 9369 barriles (aproximadamente 1,49 millones de litros de agua).
- Durante 24 horas, se monitorean posibles fugas o deformaciones en las paredes del tanque, el fondo y las soldaduras.

- Se instalan medidores de presión en diferentes puntos críticos para verificar que las presiones internas no excedan los límites de diseño.

Resultado:

- No se detectan fugas en las paredes ni en las soldaduras reparadas.

Beneficio: Esta prueba asegura que el tanque puede soportar las presiones de operación normales y, en este caso, alerta sobre un problema estructural en el fondo que puede corregirse antes de una falla mayor.

2.4.4.3. Procedimiento de Monitoreo Durante las Pruebas. Durante ambas pruebas, se utiliza una serie de equipos y procedimientos de monitoreo para asegurar la integridad del tanque:

- Medidores de presión colocados en el sector reparado.
- Inspección visual continua durante todo el proceso de llenado y presurización.
- Sistemas de monitoreo estructural que detectan cualquier deformación o movimiento anómalo en las paredes o el fondo del tanque.
- Control de calidad en las soldaduras reparadas, utilizando pruebas no destructivas, como la inspección por partículas magnéticas o ultrasonido, para verificar la integridad antes de la prueba de presión.

2.4.4.4. Tiempo y Recursos Involucrados en las Pruebas.

- Prueba Hidrostática: La duración total de la prueba puede variar entre 24 a 48 horas, dependiendo del tamaño del tanque y las condiciones climáticas. Además del llenado con agua, es necesario coordinar el vaciado seguro del tanque después de la prueba, lo cual puede llevar varios días.

- Pruebas de Presión en Soldaduras: Estas pruebas suelen durar menos tiempo, entre 1 a 2 horas, y se realizan de forma localizada en las áreas reparadas. Si una soldadura no pasa la prueba, la reparación adicional podría añadir tiempo a la fase de pruebas.

Conclusiones a Partir de los Casos

- La prueba hidrostática es un procedimiento esencial para asegurar la capacidad estructural del tanque frente a la presión operativa. En el presente caso, se permitió detectar una deformación en el fondo del tanque antes de que ocurriera un fallo catastrófico, permitiendo la corrección preventiva.
- La prueba de presión en soldaduras reparadas es crucial para confirmar que las reparaciones son efectivas. En el caso presentado, una de las soldaduras no pasó la primera prueba, lo que evitó una potencial fuga durante la operación. La segunda reparación fue exitosa, asegurando la integridad del tanque.
- Las pruebas aseguran la confiabilidad del tanque y minimizan los riesgos asociados con fugas o fallos estructurales, garantizando que el tanque pueda volver a operar de manera segura, reduciendo el riesgo de pérdidas económicas y accidentes.
- Beneficio económico: Al garantizar que las reparaciones se realicen correctamente y que el tanque funcione sin fallos, se reducen los tiempos de inactividad y el riesgo de futuros incidentes, lo que optimiza la operación del tanque y mejora la rentabilidad de la empresa

Resumen: La ejecución exitosa de las pruebas de hermeticidad y presión asegura que el tanque está listo para operar de manera segura y eficiente. Estas pruebas detectan fallas potenciales antes de que se conviertan en problemas graves, lo que ayuda a evitar pérdidas económicas, accidentes y daños ambientales. Siguiendo lineamientos de la API 653, estas pruebas son cruciales en el ciclo de mantenimiento de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos.

2.4.5. Inspección Final

La sexta fase del proceso de mantenimiento, llamada inspección final, es crucial para garantizar que todas las reparaciones y pruebas realizadas previamente cumplan con los estándares establecidos por la API 653. En esta fase se verifican las reparaciones ejecutadas, se evalúan los resultados de las pruebas de presión y se documenta el estado del tanque para futuras inspecciones y mantenimientos. Este paso es clave para asegurar que el tanque pueda operar de manera segura y eficiente.

2.4.5.1. Verificación de la Correcta Ejecución de las Reparaciones. Después de realizar las reparaciones, se procede a una inspección visual y técnica detallada de las áreas reparadas para confirmar que se cumplieron las especificaciones y los procedimientos establecidos.

Análisis: En el tanque, las reparaciones incluyeron el refuerzo de zonas corroídas en las paredes y el fondo, así como la reparación de soldaduras. Durante la inspección final, se verifica lo siguiente:

Revisión de las áreas reparadas:

- Zonas corroídas: Se revisan las placas de refuerzo instaladas en las zonas afectadas por corrosión, verificando que estén correctamente soldadas y alineadas.
- Soldaduras: Se revisan las soldaduras reparadas utilizando técnicas de inspección no destructivas (END), como la inspección por partículas magnéticas, para asegurarse de que no haya defectos o fisuras adicionales.

Resultado:

- Todas las zonas reparadas cumplen con los requisitos de la norma API 653. No se

detectan problemas en las soldaduras ni en las placas de refuerzo instaladas.

2.4.5.2. Evaluación de las Pruebas de Presión. Una parte clave de la inspección final es la evaluación de los resultados de las pruebas de presión realizadas en la fase anterior. Esto incluye la verificación de que las presiones soportadas durante la prueba no hayan causado deformaciones o fugas en el tanque.

Análisis: En el tanque, se realizaron pruebas hidrostáticas y pruebas de presión en las soldaduras reparadas. La evaluación final se realiza en base a los datos obtenidos durante esas pruebas.

Tabla 5

Pruebas de presión

Aspecto Evaluado	Resultado Prueba Hidrostática	Resultado Prueba de Soldaduras
Presión Máxima Aplicada	10% por encima de la presión operativa normal	10% por encima de la presión operativa normal
Deformaciones Detectadas	Deformación leve en el fondo, corregida antes de finalizar la prueba	No se detectaron deformaciones adicionales
Fugas Detectadas	Ninguna fuga detectada en las paredes o el fondo	Fuga leve en una soldadura, reparada y reevaluada
Condiciones Finales	Tanque aprobado para operar con normalidad	Soldaduras aprobadas después de la reparación

Nota. La tabla muestra los resultados de las pruebas de presión

Resultado:

- Tras evaluar los resultados, se concluye que el tanque es seguro para su operación. La prueba de soldaduras detectó una fuga inicial, pero fue corregida a tiempo y las reparaciones pasaron satisfactoriamente la prueba final.

2.4.5.3. Estado General del Tanque. El estado del tanque después de las reparaciones y pruebas se documenta cuidadosamente. Esto incluye una evaluación del estado estructural del tanque, la calidad de las reparaciones realizadas y cualquier recomendación adicional para mejorar la operación o mantenimiento del tanque.

Estado del Tanque:

- **Paredes y Fondo del Tanque:** Las zonas corroídas han sido reforzadas y se encuentran en condiciones óptimas.
- **Soldaduras:** Las soldaduras reparadas han pasado todas las pruebas de presión, y no se observan deformaciones ni fisuras.
- **Protección contra la Corrosión:** Se ha aplicado un revestimiento anticorrosivo y se ha instalado un sistema de protección catódica, lo que asegura que el tanque esté protegido contra futuros daños por corrosión.
- **Monitoreo de Gases:** Los niveles de gases inflamables han sido monitoreados durante todo el proceso, y no se han detectado riesgos significativos.

2.4.5.4. Recomendaciones para Futuras Inspecciones. Con base en la evaluación final del tanque, se generan recomendaciones para las futuras inspecciones y mantenimientos. Estas recomendaciones son clave para prolongar la vida útil del tanque y evitar problemas mayores en el futuro.

Acciones a realizar:

- **Inspecciones periódicas del sistema de puesta a tierra:** Se recomienda realizar inspecciones cada 6 meses para asegurar que el sistema está funcionando correctamente y prevenir corrosión en el fondo del tanque.
- **Monitoreo del anillo de cimentación:** Dado que se observó una ligera deformación en el fondo durante la prueba hidrostática, se recomienda un monitoreo regular del anillo del tanque para evitar daños estructurales.
- **Pruebas de espesores cada 5 años:** Continuar con las mediciones de espesores en las paredes del tanque para asegurar que no haya corrosión significativa que pueda comprometer la integridad estructural.
- **Evaluación de soldaduras cada 5 años:** Realizar inspecciones de soldaduras mediante END (pruebas no destructivas) para detectar posibles fisuras o defectos que puedan surgir con el tiempo.

Tabla 6

Evaluación de la Inspección Final

Aspecto	Resultado Final	Recomendaciones
Integridad Estructural	Aprobado, sin deformaciones significativas	Monitorear el anillo de cimentación
Soldaduras	Aprobado tras la reparación de una fisura	Revisar cada 5 años mediante END
Protección contra la Corrosión	Aprobado, revestimiento y sistema a tierra instalados	Inspeccionar el sistema de protección cada 6 meses
Hermeticidad	Aprobado, sin fugas detectadas	Realizar inspecciones periódicas

Conclusiones de la inspección

- **Verificación de Reparaciones:** Las inspecciones finales confirman que las reparaciones de soldaduras y zonas corroídas cumplen con los estándares de seguridad y calidad exigidos por la API 653. No se detectaron defectos adicionales.
- **Evaluación de Pruebas de Presión:** Las pruebas de presión en las soldaduras reparadas y la prueba hidrostática confirman que el tanque puede operar de manera segura bajo las presiones normales de operación.
- **Estado General del Tanque:** El tanque ha sido restaurado a condiciones óptimas para operar, con un sistema de protección contra la corrosión que prolongará su vida útil.
- **Recomendaciones para el Futuro:** Se establecen plazos para inspecciones regulares, lo que ayudará a detectar cualquier problema potencial antes de que se convierta en un riesgo operativo.

Conclusión: La inspección final asegura que todas las reparaciones y pruebas realizadas cumplen con los requisitos de la API 653. Las verificaciones realizadas permiten que el tanque vuelva a operar bajo condiciones seguras, minimizando riesgos para la operación. Las recomendaciones para el futuro garantizan que el tanque se mantendrá en condiciones óptimas, evitando tiempos de inactividad innecesarios y preservando la rentabilidad del activo.

2.4.6. Documentación y Registro

La última fase del mantenimiento de tanques de almacenamiento es la documentación y registro. Esta fase asegura que todas las actividades realizadas, como inspecciones, pruebas y reparaciones, queden correctamente documentadas. Esto es esencial para la trazabilidad del mantenimiento y para cumplir con las regulaciones de la norma API 653. Además, permite la planificación de futuras inspecciones y mantenimientos, lo que contribuye a la seguridad operativa y a la longevidad del tanque.

2.4.6.1. Informe de Inspección. El informe de inspección incluye todos los detalles del proceso de mantenimiento e inspección del tanque, como las observaciones realizadas, los resultados de las pruebas, las reparaciones ejecutadas y las recomendaciones. Este documento debe ser detallado y debe estar disponible para futuras referencias.

Tabla 7

Informe de Inspección del Tanque

Ítem	Descripción	Observación
Identificación del Tanque	Tanque N° 10A, Terminal del Callao, capacidad de 9369 barriles	-
Inspección Visual Externa	Se detectan puntos de corrosión externa en las zonas superiores del tanque.	Requiere limpieza y aplicación de anticorrosivo
Inspección de Espesores	Espesores mínimos en la parte baja del tanque dentro de los límites aceptables según API 653 (5 mm mínimo).	Aceptable
Inspección de Soldaduras	Fisuras detectadas en 3 puntos, reparadas.	Reparadas y verificadas mediante END
Anillo de cimentación	Detección de fisuras y agrietamiento	Monitoreo periódico recomendado
Protección contra Corrosión	Sistema de protección de puesta a tierra en buen estado.	Aprobado
Recomendaciones	Monitorear el asentamiento diferencial. Programar inspecciones END anuales para las soldaduras.	

2.4.6.2. Pruebas y Reparaciones Realizadas. Una parte fundamental de la documentación es registrar todas las pruebas y reparaciones realizadas durante el proceso de mantenimiento. Esto ayuda a establecer un historial del tanque, permitiendo comparar resultados en futuras inspecciones y garantizar la calidad de las reparaciones.

Tabla 8*Informe de Pruebas y Reparaciones*

Prueba/Actividad Realizada	Descripción	Resultado	Acción Correctiva
Prueba Hidrostática	Prueba hidrostática con agua, presión 10% mayor a la operativa normal.	Aprobado, sin fugas	-
Prueba de Presión en Soldaduras	Prueba de presión en las soldaduras reparadas.	Fuga detectada en una soldadura, reparada.	Nueva prueba realizada, soldadura aprobada.
Inspección Visual Interna	Inspección visual tras la limpieza interna.	Se detectan pequeñas áreas corroídas.	Reparación con placas de refuerzo.
Reparación de Corrosión	Reparación de las zonas corroídas mediante placas de refuerzo soldadas.	Aprobado.	-
Prueba de Partículas Magnéticas en Soldaduras	Prueba END de soldaduras reparadas para detectar posibles fisuras internas.	Aprobado, sin fisuras adicionales.	

2.4.6.3. Cronograma de Inspecciones Futuras. El cronograma de inspecciones futuras es esencial para garantizar el monitoreo continuo del tanque y prevenir problemas que puedan afectar su integridad estructural. El cronograma debe incluir inspecciones periódicas según las recomendaciones de la API 653 y las observaciones del informe final de inspección.

Tabla 9*Cronograma de Inspecciones Futuras*

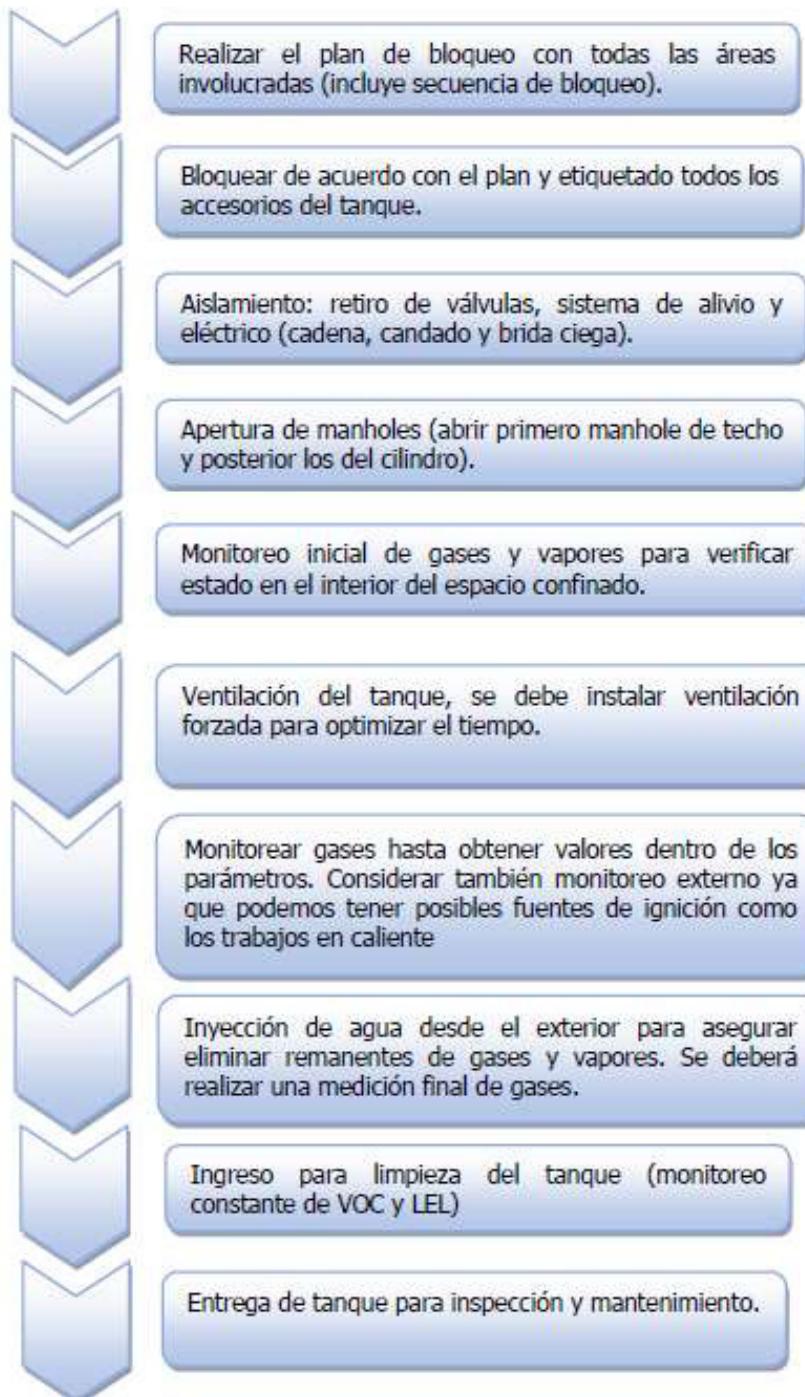
Inspección	Descripción	Responsable	Frecuencia
Inspección Visual Externa	Revisión de la pintura y protección anticorrosiva.	Ingeniero de Mantenimiento	Cada 6 meses
Inspección de Espesores	Medición de espesores en las paredes y fondo del tanque.	Ingeniero de Inspección	Cada 5 años
Inspección de Soldaduras	Revisión END de soldaduras reparadas y nuevas soldaduras.	Equipo END	Cada 5 años
Evaluación del Sistema de Puesta a tierra	Verificar la efectividad del sistema de puesta a tierra para evitar corrosión interna y externa.	Ingeniero de Mantenimiento	Cada 6 meses

2.4.6.4. Conclusión del Proceso de Documentación. La fase de documentación es crítica para la trazabilidad del mantenimiento y la seguridad a largo plazo del tanque. A través del registro de pruebas, reparaciones e inspecciones futuras, se asegura que el tanque operará bajo condiciones seguras y controladas. Las tablas presentadas permiten realizar un seguimiento eficiente del historial del tanque, facilitando la toma de decisiones y el cumplimiento de las normativas de la API 653.

Este proceso también minimiza riesgos operativos y mejora la planificación a largo plazo para la empresa, asegurando que los tiempos de inactividad por mantenimiento sean mínimos y predecibles, maximizando la rentabilidad del activo.

Figura 13

Procedimientos de bloqueo para la desconexión, apertura y limpieza de tanques

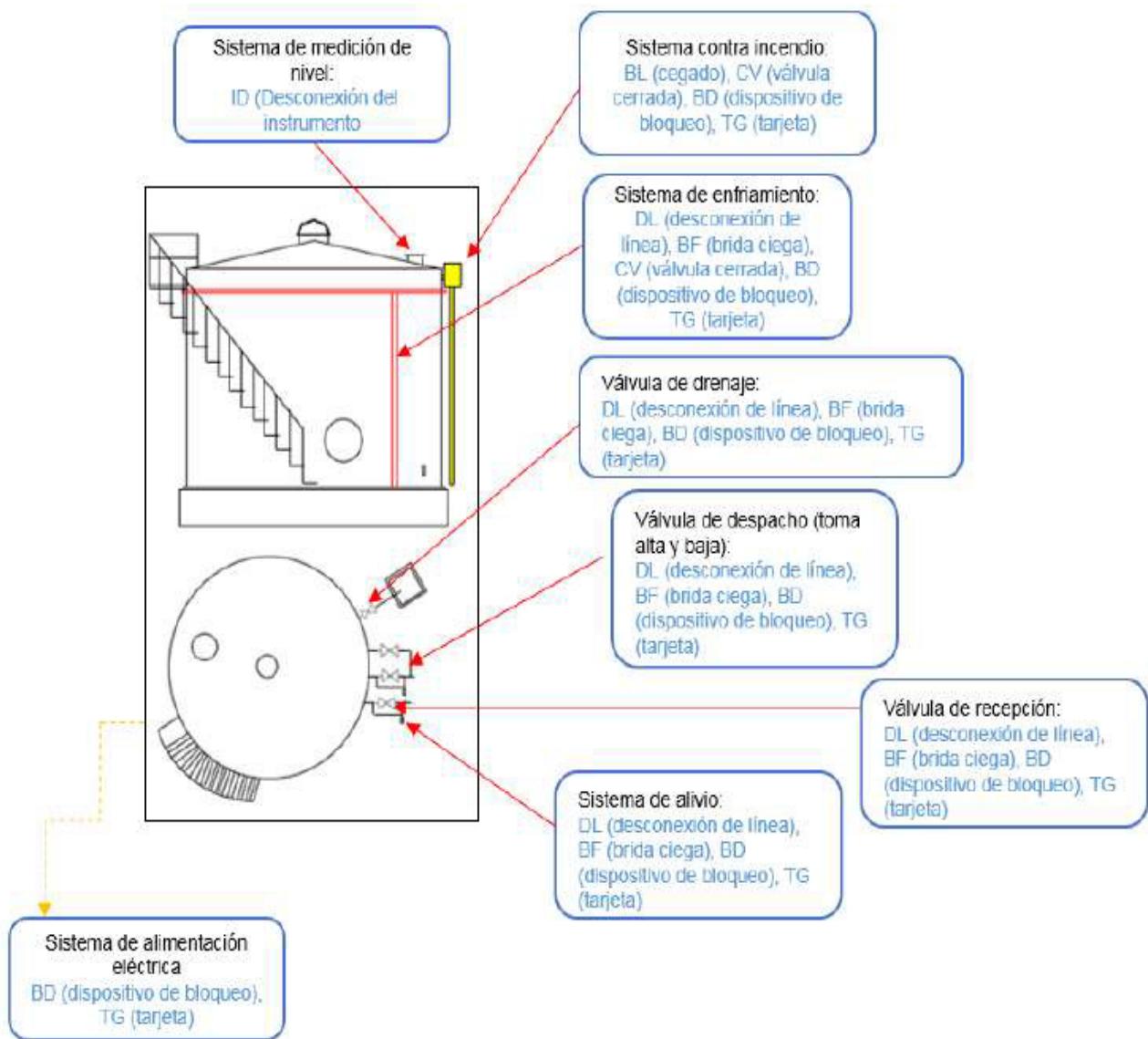


Nota. La figura muestra el procedimiento de bloqueo para tanques

En caso de aperturas puntuales o en caso de no ser posible el aislamiento total del tanque se debe solicitar autorización a la GO para realizar aislamientos positivos (cierre y bloqueo de válvulas e instalación de platos ciegos).

Figura 14

Diagrama de bloqueo de tanques



Nota. La figura muestra el diagrama de bloqueo de tanques

Comparativa de costos

El sacar fuera de servicio un tanque de almacenamiento de hidrocarburo sin duda muestra un impacto significativo para la empresa ya que son costos de alquiler diario que se dejan de percibir.

Como ejemplo se ha calculado el tiempo y costo que implica tener fuera de servicio uno de nuestros tanques que almacenan gasolina, con la ventilación normal el tanque debería estar ventilando por 3 días aproximadamente. Esta comparativa se realizó en el mes de mayo de este año en el cual sacamos fuera de servicio el tanque 10A que tiene una capacidad de almacenaje de 9,369 barriles y siendo el tanque más chico que almacenan este producto.

Costo barril / día = \$/. 1.04

Tabla 10

Costo antes de la implementación

TAG del activo	Diámetro nominal (m)	Altura nominal (m)	Capacidad operativa (Bls)	Costo de tanque / día	Días fuera de servicio	Costo total
10A	13.6	10.8	9,369	\$/. 9,725.02	10	\$/. 97,250.02

Tabla 11

Costo después de la implementación

TAG del activo	Diámetro nominal (m)	Altura nominal (m)	Capacidad operativa (Bls)	Costo de tanque / día	Días fuera de servicio	Costo total
10A	13.6	10.8	9,369	\$/. 9,725.02	8	\$/. 77,800.16

Diferencia entre costos totales = \$/. 19,449.86

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

3.1. Análisis y desarrollo técnico de los procesos por la norma API 653:

- Se pudo observar los procesos de mantenimiento del tanque y con la implementación de la norma API 653 se optimizo la productividad en la empresa
- La norma API 653 proporciona reglamentos que permite determinar eficientemente la mejor metodología de trabajo y tipo de tecnología para las condiciones operativas específicas, maximizando eficiencia en eliminar vapores.

3.2. Optimización del Tiempo Inoperativo:

- Al comprimir el tiempo inoperativo de 10 a 8 días, se contribuye directamente a una mayor disponibilidad de los tanques, esto impacta positivamente en los ingresos de la empresa.
- A través de la implementación de esta mejora, se viabiliza aumentar la capacidad operativa de la empresa, maximizando el uso de los activos.

3.3. Mejora en Beneficio y Costo

- Se pueden realizar estudios relacionados al costo y al beneficio que nos proporcionan estas mejoras, generando un sólido argumento para la toma de decisiones ejecutivas.
- Se evalúan los costos de adquisición, instalación, y mantenimiento del equipo, así como los beneficios financieros derivados de la reducción de días inoperativos.

3.4. Contribución a la Seguridad y Cumplimiento Normativo:

- Se contribuye a mejorar las condiciones de seguridad durante los mantenimientos. Bajo un menor tiempo de ventilación significa menos exposición de los trabajadores a gases peligrosos y un entorno más seguro.
- Se garantizan que estos procesos cumplan con normativas industriales como la API 653 en la empresa Terminales del Perú, asegurando que los procedimientos sean conformes y minimicen riesgos.

3.5. Innovación y Mejora Continua:

- Se logran proyectos de innovación en ventilación y mantenimiento, la capacidad de implementar mejoras tecnológicas, como los extractores de aire, demuestra una orientación hacia la mejora continua y la optimización de los recursos de la empresa.
- Esta contribución puede posicionar a la empresa como líder en la industria, con procesos más eficientes y sostenibles.

3.6. Aumento de la Competitividad de la Empresa:

- Al lograr el minimizado de los tiempos inoperativos, la empresa incrementa la disponibilidad de tanques, aumentando su competitividad. Se implementan estrategias que mejoran la oferta de servicios.
- La mejora favorece financieramente a la empresa, y además contribuye a mejorar su reputación y satisfacción del cliente.

3.7. Sostenibilidad y Eficiencia Energética:

- Los extractores de aire pueden ser selectos con criterios de eficiencia energética, minimizando el consumo de energía durante el proceso de ventilación. Esto optimiza costos y también mejora la sostenibilidad de las operaciones, lo que es cada vez más relevante en la industria de hidrocarburos.

3.8. Colaboración Interdisciplinaria:

- Se pueden adquirir junto con otras áreas (finanzas, operaciones, seguridad) para aseverar una implementación exitosa y maximice los beneficios operativos y económicos.
- La capacidad de poder comunicar y el liderazgo técnico es un estándar en el éxito del proyecto, alineando objetivos técnicos con las necesidades comerciales de la empresa.

IV. CONCLUSIONES

- 4.1. La implementación de los procesos bajo la norma logra reducir efectivamente el costo y los tiempos de ventilación, optimizando la productividad
- 4.2. La mayor disponibilidad del tanque para alquiler permite a la empresa incrementar ingresos y oportunidades de negocio adicionales, aumentando la competitividad en el mercado.
- 4.3. El proceso más rápido de ventilación de gases con extractores de aire reduce el riesgo de accidentes, como incendios o explosiones, asociados con gases inflamables.
- 4.4. La implementación de extractores de aire es rentable y justificable bajo un análisis de viabilidad económica, que también contribuye a mejorar la eficiencia operativa y la reducción de costos a largo plazo.

V. RECOMENDACIONES

5.1. Implementar de manera permanente bajo la norma el sistema en todos los tanques de almacenamiento que requieran ventilación, ya que la reducción de 2 días en cada ciclo de mantenimiento permite maximizar el tiempo operativo del tanque y reducir pérdidas económicas

5.2. Realizar revisiones periódicas de la eficiencia del sistema de ventilación implementado, monitoreando las métricas de tiempo, costos y seguridad. Basarse en estos resultados para identificar nuevas oportunidades de mejora en los procesos.

5.3. Analizar otros equipos o tecnologías complementarias al extractor de aire que puedan reducir aún más los tiempos de mantenimiento o los costos operativos, como sistemas automáticos de monitoreo de gases o limpieza más eficiente.

5.4. Capacitar al personal de mantenimiento y operación en el uso eficiente del extractor de aire y en los nuevos procedimientos de seguridad para garantizar que el equipo funcione de manera óptima y segura en cada ciclo de ventilación

VI. REFERENCIAS

- American Petroleum Institute [API]. (2001). *Inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanques*. <https://es.slideshare.net/FernandoMarioMontesd1/norma-api-653pdf>
- Calderón, L. (2022). *Inspección y mantenimiento del tanque 50m45s de almacenamiento de hidrocarburos alineado a la norma api 653 en el lote 8 - ubicado en corrientes trompeteros - Loreto*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/933761>
- Canela, E. (2022). *Tanques de almacenamiento: tipos, materiales y usos*. <https://www.haladjian-industrial.es/tanques-de-almacenamiento-tipos-materiales-y-usos>
- Decreto Supremo N° 052-93-EM. Aprueban el Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos. (16 de noviembre de 1993). https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Reglamento%20de%20seguridad%20para%20el%20Almacenamiento%20de%20Hidrocarburos%20E.pdf
- Merma, E. (2024). *Mejoramiento y reparación de los tanques de concentrado de cobre según la norma API 653 para la concentradora de la mina Cuajone*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional UC. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/15723>
- Rodríguez, M. (2024). Integridad de tanques de almacenamiento bajo la normativa API 653. <https://inspenet.com/articulo/api-653-integridad-tanques-almacenamiento/>

VII. ANEXOS

Anexo A: Información de los tanques inspeccionados

TAG del Activo	Norma de construcción	Diámetro nominal (m)	Altura nominal (m)	Capacidad Bruta (Bls)	Capacidad Operativa (Bls)	Presión de diseño (PSI)	Año de construcción (aaaa)	Producto almacenado
1	API 650	28	12.464	58,164	53,278		1935	TURBO A1
1A	API 650	36	12	80,276	73,47			DIESEL B5
2A	API 650	30.02	11.98	56,165	47,38		1958	DIESEL
3A	API 650	21.99	11.99	29,965	27,437			B-100
4A	API 650	21.99	11.95	55,826	44,952			GASOLINA 90
5A	API 650	21.99	11.99	30,054	27,295			GASOLINA 97
6	API 650	31.45	10.7	55,207	49,694		1935	IFO-380
6A	API 650	22	12.02	29,853	26,306		1935	GASOLINA 84
7A	API 650	25.5	11.97	40,8	37,318			TURBO A1
8A	API 650	13.64	10.81	10,416	9,524		1961	B-100
9	API 650	11.14	10.83	4,573	4,225			DIESEL
9A	API 650	18.24	12.06	20,829	18,759		1935	GASOLINA 97
10	API 650	9.17	8.79	3,706	3,676		1930	AGUA
10A	API 650	13.6	10.8	10,496	9,369		1961	GASOLINA 95
11	API 650	12.01	12.84	9,598	8,683		1930	GASOLINA 97
11A	API 650	13.64	10.85	10,501	9,501		1961	GASOLINA 100LL
12	API 650	36	12.51	84,426	80,632		1935	IFO-380
12A	API 650	21.13	12.62	29,466	26,801			TURBO A1
13	API 650	30	12.69	59,140	55,020		1935	AGUA
16	API 650		7.56	4,500	2,356		1978	AGUA
27	API 650	8.98	10.38	4,398	4,034		1938	DIESEL

28	API 650	35.98	12.01	79,348	64,986		1941	DIESEL
37	API 650	7.65	10.23	3,147	3,008			AGUA
38	API 650	35.98	11.88	78,297	71,930		1948	DIESEL
42	API 650	27.99	11.78	55,052	51,326		1948	GASOLINA 90
43	API 650	26.98	9.11	34,008	30,495			DIESEL
44	API 650	42	11.85	109,189	100,543		1954	TURBO A1
45	API 650	12	9	10,030	9,200		1955	SLOP
48	API 650	6.06	8.13	1,553	1,342		1963	DIESEL
50	API 650	3.04	4.49	220	213			SLOP
51	API 650	28.21	12.59	67,383	59,241		1963	GASOLINA 90
53	API 650	9.45	10.79	5,011	4,617			DIESEL
54	API 650	9.04	8.96	2,936	2,887		1966	AGUA
55	API 650	11.48		5,000	4,500	17.6kg/cm2	1967	GLP
56	API 650	9.45	10.79	5,023	4,882		1970	DIESEL B5 S50
58	API 650	17.5	12.6	20,101	19,058		1971	DIESEL B5 S50
59	API 650	4.27	5.26	434	498			DIESEL B5
60	API 650							
66	API 650	14.52		10,000	9,000	17.6kg/cm2	1975	GLP
77	API 650	18.25		20,000	18,000	17.6kg/cm2	1977	GLP
88	API 650	18.25		20,000	18,000	17.6kg/cm2	1978	GLP
13A	API 650	36	14.4	90,000	88,293		2017	DIESEL B5 S50
14A	API 650	36	14.4	90,000	88,275		2017	DIESEL
15A	API 650	36	14.4	90,000	88,019		2017	DIESEL
16A	API 650	36	14.4	90,000	88,122		2017	DIESEL
17A	API 650	36	14.4	90,000			2018	
18A	API 650	36	14.4	90,000			2018	