



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Plan de inspección y reparación para mejorar la seguridad operativa
del proceso de almacenamiento de GLP en una empresa
petrolera, Piura**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTOR:

Silva Llamosas, Juan Arturo (orcid.org/0000-0002-4290-2657)

ASESOR:

MSc. Seminario Atarama, Mario Roberto (orcid.org/0000-0002-9210-3650)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas de Gestión de la Seguridad y Calidad

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

PIURA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a Dios, agradeciéndole por brindarme la fortaleza para completar este proyecto. Además, quiero dedicar este trabajo a mis hijos Rodrigo, Santiago, y a mi esposa Melina, quienes son mi inspiración para crecer tanto profesional como personalmente.

AGRADECIMIENTO.

Doy gracias a Dios y a San Judas Tadeo por brindarme la resiliencia necesaria durante estos años universitarios, permitiéndome superar todos los obstáculos y avanzar. A su vez, agradezco a mi familia por su comprensión constante, por facilitarme tiempo de estudio y por desearme siempre lo mejor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SEMINARIO ATARAMA MARIO ROBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Plan de inspección y reparación para mejorar la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP en una empresa petrolera, Piura.

", cuyo autor es SILVA LLAMOSAS JUAN ARTURO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 14 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SEMINARIO ATARAMA MARIO ROBERTO DNI: 02633043 ORCID: 0000-0002-9210-3650	Firmado electrónicamente por: MSEMENARIOA el 15-12-2023 13:14:38

Código documento Trilce: TRI - 0696564





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, SILVA LLAMOSAS JUAN ARTURO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Plan de inspección y reparación para mejorar la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP en una

petrolera,

Piura.

*, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
JUAN ARTURO SILVA LLAMOSAS DNI: 46526272 ORCID: 0000-0002-4290-2657	Firmado electrónicamente por: JSILVALL el 14-12- 2023 12:06:51

Código documento Trilce: TRI - 0696565



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.	4
III. METODOLOGÍA.	11
3.1.Tipo y diseño de investigación.	11
3.2.Variable y operacionalización.....	12
3.3.Población, muestra, muestreo.....	13
3.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	14
3.5.Procedimientos.	16
3.6.Método de análisis de datos.....	17
3.7.Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN.....	37
VI. CONCLUSIONES.....	42
VII. RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS.....	44
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de Expertos.	16
Tabla 2. Coeficiente de formula 20 de Kuder-Richardson en los instrumentos	16
Tabla 3. Resultados de encuesta aplicado al personal inspector	19
Tabla 4. Resultados de encuesta aplicado al personal operativo.....	19
Tabla 5. Resultados de inspección por ultrasonido en los recipientes a presión.	21
Tabla 6. Indicadores de mantenimiento de los recipientes a presión	22
Tabla 7. Resultados de cantidad de fallas parciales obtenidos según reportes de inspecciones externas, realizado en los recipientes a presión de GLP	23
Tabla 8. Resultados de check list de cantidad de condiciones inseguras en los recipientes a presión de GLP.....	24
Tabla 9. Tabla de frecuencias en base a las problemáticas obtenida mediante método Ishikawa.....	25
Tabla 10. Distribución de frecuencias de la problemática.	26
Tabla 11. Estrategias de inspección y reparación aplicarse en los recipientes a presión de GLP según su componente, establecidos por normas nacionales e internacionales.	28
Tabla 12. Definición de estrategias de inspección y reparación en el componente de los recipientes a presión de GLP.	29
Tabla 13. Presupuesto anual de la implementación del plan de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP.	35
Tabla 14. Costo de multas anuales por incumplimiento del D.S 052-93 EM, debido a no tener un plan de inspección de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Análisis de la problemática mediante metodo Ishikawa</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2. Diagrama Pareto de la problematica</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3. División por componentes en los recipientes a presión de GLP de tipo esférico</i>	<i>28</i>
<i>Figura 4. Diagrama proceso de inspección y reparación del recubrimiento anticorrosivo de los recipientes a presión de GLP.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 5. Diagrama de proceso de inspección normada aplicada en los recipientes a presión de GLP con una frecuencia semestral y anual.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 6. Diagrama de proceso de inspección normada aplicada en los recipientes a presión de GLP con una frecuencia quinquenal y decenio.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 7. Diagrama de proceso de reparación de los recipientes a presión de GLP..</i>	<i>34</i>

RESUMEN.

En la presente investigación, destacamos la importancia de fortalecer la seguridad operativa de los recipientes a presión de GLP. Al alinearse con el ODS 9: "Industria, Innovación e Infraestructura", impulsando la mejora continua en la industria de combustibles, contribuyendo así al desarrollo sostenible. El objetivo principal fue el diseño de un plan de inspección y reparación para los recipientes a presión de GLP de tipo esféricos para garantizar la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP cumpliendo con la normativa nacional D.S 052-93 EM. La investigación fue aplicada, no experimental, transversal, descriptiva, con enfoque cuantitativo y cualitativo, y se basó en diferentes métodos de recolección de datos sobre los cuatro recipientes a presión de GLP de una empresa petrolera. Los resultados mostraron condiciones inseguras en los recipientes que ponen en riesgo la integridad de los equipos y la seguridad de las personas. El plan propuesto incluye la conservación del recubrimiento anticorrosivo, los procedimientos de inspección y reparación. La conclusión fue que el plan garantiza la seguridad operativa del equipo, evita riesgos y multas, y contribuye con el desarrollo sostenible de la empresa.

Palabras clave: Inspección, reparación, seguridad.

ABSTRACT

In this research, we emphasize the importance of strengthening the operational safety of LPG pressure vessels. Aligning with SDG 9: "Industry, Innovation, and Infrastructure," fostering continuous improvement in the fuel industry contributes to sustainable development. The main objective was to design an inspection and repair plan for spherical LPG pressure vessels to ensure operational safety in the LPG storage process, complying with national regulations D.S 052-93 EM. The research was applied, non-experimental, cross-sectional, descriptive, with a quantitative and qualitative approach, and relied on various data collection methods on the four LPG pressure vessels of an oil company. The results revealed unsafe conditions in the vessels jeopardizing equipment integrity and personal safety. The proposed plan includes the preservation of anti-corrosive coating, inspection, and repair procedures. The conclusion asserts that the plan ensures operational safety, mitigates risks and fines, and contributes to the sustainable development of the company.

Keywords: Inspection, repair, safety.

I. INTRODUCCIÓN

Los recipientes a presión en las plantas industriales frecuentemente se encuentran expuestos a fisuras en las juntas de soldaduras, pérdida de espesor remanente en el casco del recipiente, por causa de los mecanismos de daño, estando expuestos a paradas no programadas, riesgo de explosiones, pérdidas de vidas humanas por consiguiente se generan deficiencias en la producción de la empresa, siendo necesario tener un plan de inspección y reparación en base a la norma API 510 (Macote, 2021).

A nivel internacional en Ecuador, Venegas & Ayabaca (2020) así como Montalvo (2023), manifiestan que en el sector energético, el empleo del gas de licuado de petróleo (GLP) ocasiona peligros a las personas y construcciones cercanas, los peligros expuestos pueden ser minimizando si se emplea un procedimiento adecuados durante su manipulación y a su vez si se sigue un plan de inspección, sin embargo las empresas en el ecuador no cuentan con procedimientos de inspección enfocados en la necesidad del cliente, por consiguiente se tienen servicios insatisfechos y generación de un alto riesgo en la operación de los equipos.

En el contexto nacional en el Perú, Gómez (2018) así como el ministerio de energía y minas (2021) indican que la demanda de GLP aumentado hasta llegar a una participación cerca al 27 % (17 MBPD) de la cantidad demandada de combustibles , dicho ello se ha identificado situaciones no previstas por la normativa nacional, es debido a ello que en la ciudad de Lima se están dado accidentes de tipo explosiones en recipientes de almacenamiento de GLP, siendo una condición de alto riesgo atentando contra la vida humana.

La empresa petrolera ubicada en la ciudad de Talara del departamento de Piura se encuentran situados cuatro recipientes a presión de almacenamiento de GLP con capacidad de 2,882.3 m³ a una presión de operación de 250 PSI. Los recipientes a presión de almacenamiento de gas licuado de petróleo, se encontraron expuestos ambientes corrosivos debido a que se sitúan cerca ambientes salinos, lo cual

generaron un deterioro acelerado de la vida remanente del recipiente a presión, estando susceptibles a constantes fallas y paradas inesperadas como son las pérdidas de contención de los recipientes (fugas), generando pérdidas económicas en función de las pérdidas del volumen proyectadas a miles de soles. En los últimos cinco (05) años se ha tenido un total de 83 fallas en los recipientes a presión de GLP, siendo una condición insegura en la operación, estando expuesto a accidentes catastróficos.

Para la presentación de la problemática en la investigación, se planteó la siguiente pregunta general: ¿Cómo mejorar la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP en una empresa petrolera, Piura 2023? Para brindar respuestas a la pregunta realizada, se hicieron las siguientes preguntas específicas: ¿Cuál fue la situación actual de la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP en una empresa petrolera, Piura?, ¿Qué estrategias pertinentes se realizaron teniendo en cuenta el D.S 052-93 y API 510 para establecer el diseño de un plan de inspección y reparación de un recipiente a presión?, ¿En base a que normas internacionales y nacionales se diseñó el plan de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP?, ¿Cuál fue el beneficio costo necesario para la implementación del plan de inspección y reparación del recipiente a presión de GLP?

Una justificación debe ser coherente y buena en el sentido de que cubra la expectativa para aceptar el estudio, debe responder fundamentalmente el “para que” y “por qué” debe llevarse el estudio a cabo. (Hernández, Fernández y Baptista, 2015).

La investigación se justificó técnicamente ya que, con el diseño de un plan de inspección y reparación, considerando lo indicado por las normas API 510 y D.S 052-92 EN, se buscó la reducción de fallas de pérdidas de contención en los recipientes a presión de GLP y se garantizó la seguridad operativa. Como justificación económica, se tuvo equipos disponibles y seguros, no estando expuestos a multas de 15 UIT por incumplimiento de decreto supremo 052-93 EM artículo 80 y 81. Se considero una justificación ambiental, ya que se buscó la reducción de pérdidas de GLP al medio ambiente contribuyendo con su cuidado.

Como objetivo general se propuso el diseño de un plan de inspección y reparación

para los recipientes a presión de GLP de tipo esféricos para garantizar la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP cumpliendo con la normativa nacional D.S 052-93 EM y como objetivos específicos se plantearon los siguientes, realizar el diagnóstico de la situación actual de la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP en una empresa petrolera Piura, elaborar las estrategias pertinentes teniendo en cuenta el D.S 052-93 y API 510 con el fin de establecer el diseño de un plan de inspección y reparación de un recipiente a presión, elaborar el plan de inspección y reparación en base a la normativa nacional e internacional, determinar el beneficio costo de la elaboración de la propuesta.

Como hipótesis general en la investigación se tuvo: Un plan de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP de tipo esféricos garantiza la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP cumpliendo con la normativa nacional D.S 052-93 EM.

II. MARCO TEÓRICO.

El marco teórico estudia y da a conocer las teorías sobre la problemática a estudiar, el cual está incluido los trabajos e investigaciones y cualquier antecedente de lo que se va a desarrollar en la siguiente investigación (Zamorano, 2008).

La inspección en recipientes a presión fue desarrollada en investigaciones de nivel internacional la cual hicieron mención los siguientes autores:

Vargas (2023), en Ecuador, realizó una investigación cuyo objetivo principal fue optimizar el proceso secuencial de certificación de los recipientes sometidos a presión teniendo en cuenta la norma ISO 9001:2015, su investigación fue de tipo exploratorio dado a que es la primera vez que se realizó una mejora del proceso en la compañía de Inspección Servicios & Comercio SSICOINTEC CIA. Ltda , como población en la investigación se tuvo a los recipientes a presión, se inició recolectando información de la compañía en la cual se identificó que la compañía incumple con el 54.55% de los requisitos de la norma en la cual se planteó un plan de acción para subsanar dichas observaciones, como conclusión se tuvo que es viable el empleo de la norma ISO 9001:2015 en el proceso de certificación de los recipientes a presión, con la cual dicha gestión cumple satisfactoriamente con la norma NTE INEN ISO/IEC 17020:2013; NTE INEN 2261 para los recipientes de gas de baja presión e inspección ya sea que estos tengan la característica de nuevos, en operación, reparados; NTE INEN 2266 para transferencia, almacenamiento y desplazamientos de materiales peligrosos.

Cerreño (2020), en Colombia, realizó una investigación cuyo objetivo fue en dar a conocer por medio de un análisis de falla, los métodos no destructivos y de laboratorio de la causa del mecanismo de daño que ocasiono la fatiga en el tubo capilar de los pozos de petróleo, su estudio fue de tipo aplicado y se tuvo como muestra los tubos capilares de inoxidable de los pozos petroleros, se hicieron pruebas de tintes penetrantes, ensayo metalográfico, análisis químico del inoxidable, ensayo de dureza y fractografía, para llegar a la causa de la falla en la cual se llegó a determinar que la falla del tubo capilar fue en la zona de la junta soldada, concluyendo que la fatiga del tubo capilar se originó por stress corrosión cracking por las tensiones acumuladas en

el cordón de soldadura.

Recabal (2019), en Chile, realizó una investigación el cual tuvo como objetivo principal el realizar la implementación de un mantenimiento centrado en confiabilidad para la planta de producción Hualpén GAS S.A, su investigación fue de tipo aplicada y tuvo como población a los calentadores indirectos de GLP, se inició el proceso de gestión de RCM localizando los equipos críticos de los calentadores indirectos de GLP y posterior a ello se identificaron y clasificaron las fallas funcionales del equipo, para posterior a ello asignar sus labores preventivas para mitigar las posibles fallas. Como conclusión se tuvo que el mantenimiento de la planta se vio mejorado debido a la implementación del RCM, teniendo como resultado la disminución del riesgo laboral y mejoramiento de la disponibilidad de los equipos.

Venegas et al. (2018), en Ecuador, mediante su revista científica tuvo como objetivo en establecer las medidas de seguridad en establecimientos de almacenamiento de GLP, con el fin de reducir el riesgo generando durante su operación. Su investigación fue de tipo aplicada, como población se tiene a las personas y edificaciones que se encuentran cercas a sistemas de almacenamiento de GLP en Ecuador, durante las visitas a instalaciones domiciliarias e industriales que cuentan con GLP en el Ecuador se han detectado múltiples incumplimientos en la seguridad del almacenamiento de GLP de referencia con la normativa nacional actual, como solución a lo evidenciado se propusieron planes de acción. Como conclusión se tuvo que el almacenamiento de GLP es una parte crítica del proceso, el cual fue determinado mediante un análisis exhaustivo de seguridad del proceso lo cual las compañías deben enfocarse en cumplir todos los medios de seguridad impuestas en el marco normativo nacional.

Ramírez (2018), en Colombia, realizó una investigación cuyo objetivo fue en diseñar aquel algoritmo para la programación de la herramienta informática RISK el cual nos permitió definir el riesgo basados en la norma API 580/ 581, su estudio fue de tipo aplicada y tuvo como población a las empresas del área de integridad de Colombia, para el inicio del análisis se identifican las propiedades del fluido del proceso la cual se asocian con las normas API 580/581, para dar inicio al modelamiento la cual nos desplegará los riesgos asociados al equipo analizado, como conclusión se llegó a que

el desarrollo de una herramienta informática en base a la norma API 580/581 cumple con los objetivos planificados y determina el análisis de las consecuencias de una potencial pérdida de contención del activo.

En nuestro sector nacional tenemos los siguientes autores que emplearon la inspección en recipientes a presión con el fin de dar solución a la problemática, entre lo cual tenemos:

Gómez (2022), realizó una investigación el cual tuvo como objetivo principal en evaluar el estado mecánico de recipientes de gas licuado de petróleo estacionario en servicio considerando la norma internacional API 510 a fin de lograr conocer su vida de operación del activo, su investigación fue de tipo aplicada, en la cual logro determinar la vida remanente de los recipientes a presión mediante el uso de equipos de ultrasonido. Como conclusión se tiene que la evaluación de la integridad del recipiente estacionario en base a la norma API 510 nos permitió determinar que el recipiente evaluado tiene una vida remanente mayor a 50 años y a su vez se realizó el cambio total de las válvulas de las válvulas de seguridad con el fin de asegurar la operatividad del recipiente y evitar accidentes catastróficos.

Macote (2021), realizó una investigación cuyo objetivo fue desarrollar un plan de inspección por ensayos NDT en los recipientes sometidos a presión de acuerdo con la norma internacional API 510 con el fin de evitar reparaciones no programadas en la empresa agencia peruana de inspecciones NDT S.A.C. Su investigación fue de tipo aplicado, durante los procesos de inspección de los recipientes a presión se detectaron fisuras en los cordones de soldadura, reducción de espesores de pared del recipiente, para ambos eventos detectados son originados por la corrosión, como solución a la problemática se propuso un plan de inspección basado en la norma API 510, en la cual se considera el empleo de técnicas no destructivas en detección de fallas. Como conclusión se tuvo que se logró reducir las reparaciones no programadas de hasta el 52.9 % en el periodo del año 2020, así mismo se logró estandarizar las técnicas de inspección y métodos de tecnológicos para la localización de mecanismos de daño.

Referente al sector local se tuvo a , Palacios (2020), realizo una investigación cuyo objetivo fue mejorar el proceso de reparación de las válvulas de los compresores reciprocantes considerando lo indicado por el estudio de métodos , su investigación fue de tipo aplicada, como población se consideró las válvulas reciprocantes reparadas en el año 2019, como resultados en su investigación se evidencio que las averías en las válvulas representan el 31 % de la programación de las tareas de mantenimiento, mediante entrevistas técnicas interrogativas se identificaron las deficiencias del proceso de reparación, en la cual se propuso implementar algunos equipos para mejorar el servicio. Se concluyo que mediante la ejecución de las mejoras realizadas en las actividades de restitución de válvulas se obtuvo la reducir el tiempo estándar en un 21 %.

Para poder llevar a cabo la presente investigación, se tuvo en cuenta múltiples conceptos relacionadas con el tema, en la cual se obtuvo lo siguiente:

La variable independiente, inspección y reparación de recipientes a presión en base a la norma API 510 se definió conceptualmente, como una serie importante de ensayos y pruebas que se realizan a un equipo a presión el cual ha estado en funcionamiento o durante un periodo de tiempo, con el fin de verificar que puede continuar con sus requisitos para lo cual fue diseñado, (Otegui y Rubertis 2008, p.488)

Gómez (2022), definió conceptualmente que la inspección y reparación, conforme a la normativa API 510, son aquellas actividades que se pueden llevar a cabo en el servicio y en el monitoreo de la condición, con el fin de asegurar la integridad de los recipientes a presión y dispositivos de alivio de presión.

La norma American Petroleum Institute 510, (2014, adenda 2018) definió conceptualmente que la inspección y reparación de recipientes, son acciones que se deben de realizar con el fin de encontrar condiciones que puedan afectar la capacidad de contención del recipiente con el objetivo de asegurar su integridad del equipo.

Como teorías relacionadas para el diseño de un plan de inspección y reparación se tuvo como alcance los lineamientos definidos por la norma American Petroleum Institute 510 edición 2014, adenda 2018, en la cual nos indicó que la normativa

internacional aplica para la inspección de recipientes a presión en operación, reparaciones, alteración y actividades de reclasificación de recipientes a presión basado en sus condiciones expuestas y de los equipos de alivio de presión que protegen la integridad de los recipientes, esta norma de inspección internacional abarca para todos los recipientes a presión de procesos de refinerías y plantas químicas que hayan sido puestas en operación a menos que se indique lo contrario por el dueño del equipo. Los requisitos técnicos para la inspección de recipientes a presión establecidos en la norma API 510 debe prevalecer sobre los criterios técnicos indicados en la norma de construcción del recipiente, con el fin de asegurar la integridad de operación del recipiente.

La norma de inspección de recipientes a presión API 510 se encuentra dividido en nueve (09) contenidos los cuales brindan todos los criterios técnicos que debemos de tener en cuenta para lograr una inspección satisfactoria. Las principales razones para llevar a cabo un plan de inspección en los últimos años son identificar el tipo de mecanismo de daño que se encuentra el recipiente y eso dependerá de las condiciones de operación del equipo. Es importante que, una vez que se inspeccione y repare el recipiente, se documente la información técnica, con el objetivo de que contribuya a la planificación de futuras actividades, (American Petroleum Institute 572, 2016).

La variable dependiente seguridad operativa se definió conceptualmente, un conjunto de técnicas que se emplean en las instalaciones, equipos, procesos, mediante procedimientos de trabajos con el fin de evitar la incidencia de accidentes capaces de generar riesgos a la salud, incomodidades, bajo rendimiento entre los trabajadores, pérdidas económicas a la compañía y consecuencias a las personas que viven en zonas aledañas (Hernández, Malfavón, Fernández, 2005, p.22)

Acosta (2022), definió conceptualmente que la seguridad operativa es un conjunto de principios, leyes, normas y estrategias de prevención de los riesgos inherentes al entorno laboral, que pueden ocasionar un accidente ocupacional con consecuencias nefastas para la vida de los empleados o a las instalaciones o equipos de la organización.

Torres, et al. (2017), definió conceptualmente que la seguridad operativa es aquella forma sistemática de establecer procesos, con el fin de reducir la accidentabilidad, beneficiando en la participación y compromiso de las personas de la compañía y personas externas al proceso garantizando una operación confiable.

Como teorías relacionadas a la seguridad, se tiene a la ley del estado peruana según la Constitución Política Artículo 211 inciso 11) en la cual indica que es de vital importancia que se dicten normas que nos garanticen un método estándar idóneo, eficaz y oportuno en todas las actividades de almacenamiento de combustibles, la cual se deben gestionar en una forma segura para el trabajador y se brinde un servicio satisfactorio al usuario. Dicho lo solicitado por la ley, el Ministerio de Energía y Minas elaboro el D.S 052-93 EM “Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos” y D.S 027-94 EM “Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de Gas Licuado de Petróleo” el cual tiene como objetivo velar por la seguridad operativa de almacenamiento y transporte de hidrocarburo en plantas almacenadoras. La normativa D.S 052-93 EM y D.S 027-94 EM es obligatorio para las empresas privadas y públicas que tengan actividades relacionados con la legislación nacional y que tienen a su cargo el proyecto, construcción, operación o mantenimiento de instalaciones para almacenamiento de hidrocarburo líquidos y/o de gases licuados de petróleo (GLP) y/o líquidos.

Como seguridad operativa durante el proceso de inspección la norma API 572 (2016), indica que para iniciar la inspección de los recipientes a presión se debe tener en cuenta las precauciones de seguridad adecuadas, dado a que el fluido que se contiene es dañino para la salud humana y se encuentran en espacios confinados, estando expuestos a inhalar gases tóxicos, bajos niveles de oxígeno o a un incendio.

En la investigación propuesta se evaluó el costo beneficio de la mejora. Jácome y Carvache (2017), dijeron que el análisis costo beneficio es una herramienta importante para evaluar diferentes proyectos. Se considera el costo total con los beneficios y estos resultados nos ayudan a decidir si debiese llevar a cabo el proyecto o no.

Referente al estado del arte, existen softwares de gestión de mantenimiento industrial el cual nos ayudara en la recolección de información para el diseño de los planes de inspección de los cuales son, fracttal, Oracle Eam, sin embargo, la compañía cuenta con Systemanalyse Programmentwicklung (ERP SAP), el cual nos brindara una visión clara de los eventos sucedidos en los recipientes a presión de GLP dentro de la compañía.

III. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo y diseño de investigación.

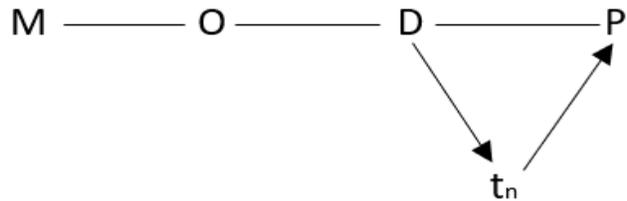
Tipo de Investigación.

Salinas (2012, p.17), se entiende por investigación aplicada a aquella investigación que busca resolver un determinado problema de inmediato, la cual se basa como fundamento en descubrimientos, hallazgos y soluciones de la investigación determinada. La investigación fue de tipo aplicada dado a que se buscó resolver problemas, mediante el empleo de normas internacionales y nacionales relacionadas con el diseño de un plan de inspección y reparación de recipientes a presión de GLP, con el fin garantizar la seguridad de operación de una empresa petrolera en la provincia de Talara departamento de Piura.

Según su enfoque de la investigación fue de tipo cuantitativo porque se basó en datos numéricos de las condiciones actuales de fallas en los recipientes a presión y a la vez fue de tipo cualitativo debido a que se describieron las etapas del proceso de inspección en un recipiente a presión. Para el diseño de nuestro plan de inspección en los recipientes a presión de GLP se recolectó información técnica de las condiciones de operación y actual estado el mecánico en se encontraron los recipientes presión, por lo cual según la fuente de datos la presente investigación es de campo.

Diseño de Investigación.

El diseño de la investigación fue no experimental como indica Gómez (2006, p.102), debido a que se observan condiciones ya existentes y normadas, es de tipo transversal descriptivo, porque se identificó los mecanismos de daño existentes en los recipientes a presión de GLP y se dio a conocer los impactos que se tienen referente con la seguridad de operativa del recipiente. Según su alcance la investigación fue de tipo explicativo porque se buscó y relaciono las causas de falla de los recipientes a presión con los diferentes mecanismos de daño ya establecidos por la norma American Petroleum Institute 571.



Donde:

M: Muestra.

O: Información relevante recolectada de la muestra.

D: Diagnóstico y evaluación.

tn: Fundamentación teórica.

P: Propuesta de solución.

3.2. Variable y operacionalización.

Variable 1: Diseño de un plan de inspección y reparación en base a la norma API 510.

Definición Conceptual.

Son aquella lista de actividades planeadas que debemos hacer para localizar defectos y repararlos, empleando técnicas recomendadas por la norma API 510, con el objetivo de asegurar su integridad del equipo (Gómez, 2022 y Macote, 2021).

Definición Operacional.

Acciones que se deben hacer para tener un equipo seguro, que cumpla con las condiciones de trabajo para la cual fue diseñado.

Variable 2: Seguridad operativa.

Definición Conceptual.

Conjunto de principios, leyes, normas y estrategias de prevención de los riesgos inherentes al entorno laboral, que un incumpliendo de ello podría ocasionar un accidente ocupacional con consecuencias nefastas para la vida de los empleados o a

las instalaciones o equipos de la organización, (Acosta, 2022).

Definición Operacional

Conjunto de actividades que se deben hacer durante la operación de un equipo siguiendo las recomendaciones del fabricante del equipo y de la normatividad nacional e internacional.

La matriz de operacionalización de las variables se puede visualizar en el anexo I.

3.3. Población, muestra, muestreo.

Población.

La presente investigación se realizó en una empresa de hidrocarburos ubicada en la ciudad de Talara, por lo tanto, nuestra población de la presente investigación estuvo conformado por cuatro recipientes a presión de tipo esféricos de la empresa de hidrocarburos.

• Criterios de inclusión.

Recipientes a presión de almacenamiento GLP de tipo esféricos que hayan sido puestos en servicio.

• Criterios de exclusión.

Recipientes a presión de almacenamiento de GLP que no sean de tipo esférico.

Muestra.

La muestra de la presente investigación estará conformada por los cuatro recipientes a presión dado a que cumplen con la misma función en condiciones operacionales y sus componentes.

Muestreo.

Se optó por los cuatro recipientes de almacenamientos de GLP que se encuentran registrados por la compañía petrolera ante OSINERMIN.

Unidad de análisis.

Se opta por cuatro recipientes a presión de GLP de la empresa de hidrocarburo, la cual se encuentra ubicado en la ciudad de Talara, se tiene que cumple con los criterios de inclusión y exclusión establecidos para la presente investigación a realizar.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnica de recolección de datos.

Como técnicas que se utilizó en la presente investigación fue: encuestas, entrevistas, observación, y análisis documental.

Instrumentos de recolección de datos.

Como instrumentos que se emplearon fueron los siguientes: encuestas de opinión, entrevista, guías de análisis documental y guías de observación.

Se realizaron dos cuestionarios encuesta de opinión lo cual va dirigida al personal operativo (Supervisor y Operadores) y al personal inspector de la coordinación integridad mecánica con el fin de detectar las deficiencias en los recipientes a presión de GLP. Las encuestas de opinión serán ejecutadas solo al inicio de la investigación con el fin de obtener información del estado situacional de los recipientes a presión de GLP.

La entrevista técnica fue realizada al coordinador de integridad mecánica con el fin de identificar la deficiencia en los procesos de inspección de los recipientes a presión de GLP, la cual la entrevista solo se aplica al inicio de la investigación con el fin de obtener información del estado situacional de la gestión de inspección de los recipientes a presión de GLP.

Las Encuestas y entrevista realizadas nos ayudaron como instrumento de recolección de datos para nuestra variable dependiente, Seguridad de operación como para nuestra independiente, plan de inspección y reparación basado en la norma API 510.

Las guías de análisis documental que se emplearon son las guía normativa de Identificación de mecanismos de daño según la norma API 510 API 571 y Guía

Normativa de tipo de Inspección y Monitoreo recomendado por la norma API 510, las guías normativas nos permite identificar los mecanismos de daño que podrían estar sometidos los recipientes a presión , lo cual los instrumentos en mención nos permiten la recolección de información para nuestra variable dependiente, plan de inspección y reparación basado en la norma API 510.

La hoja de la matriz iperc del operador de recipiente a presión nos permite identificar los riesgos que se encuentran expuesto las personas de operaciones y nos permite la recolección de información para nuestra variable independiente, seguridad operativa.

Los planos y esquemas de identificación de áreas afectadas nos permitieron identificar los diferentes tipos de mecanismos de daño que se encontraron expuesto los recipientes a presión y nos permiten brindar el soporte para recolectar información para nuestra variable dependiente, diseño de un plan de inspección y reparación en base a la norma API 510, Los registros de análisis documental se emplean con una frecuencia trimestral el fin de dar soporte a las guías de observación realizadas para recolectar información de las condiciones a los que se encuentran expuestos los recipientes a presión de GLP.

Como guía de observación se emplearon, formato de Toma de espesores mediante ultrasonido, formatos de registro de detenciones por fallas electromecánicas, formatos de registro de reporte y recomendaciones de inspección realizadas, lo cual los instrumentos en mención nos permiten la recolección de información para nuestra variable dependiente, diseño de un plan de inspección y reparación en base a la norma API 510. El check list de condiciones subestándar y formato de análisis de accidentes nos permiten la recolección de información para nuestra variable independiente seguridad operativa.

Los registros de observación en mención se emplean con una frecuencia mensual y conforme a la frecuencia establecida por norma internacional API 510, con el fin de recolectar información de las condiciones a los que se encuentran expuestos los recipientes a presión.

Los instrumentos de recolección de datos se encuentran detallados en el anexo II.

Validación y confiabilidad.

La validez de los instrumentos de la investigación fue revisada por dos profesionales expertos en Ingeniería y un profesional metodólogo, el cual evaluaron cada uno de los enunciados de los instrumentos. (Anexo III)

Tabla 1.

Lista de Expertos.

Expertos	Especialistas
Mg. Ruidias Alamo, Víctor Gerardo.	Ingeniero Industrial.
Mg. Sosa Panta Gerardo.	Ingeniero Industrial.
Mg. Fahsbender Cespedes, Severin Augusto	Metodólogo.

Fuente: Elaboración propia.

En la presente investigación se aplicó la fórmula 20 de Kuder-Richardson él nos determina el nivel de consistencia de los instrumentos realizados. Se ejecuto en una prueba piloto a un total de 20 trabajadores en la cual de determino los coeficientes encontrados en los instrumentos. (Anexo III).

Tabla 2.

Coefficiente de Kuder-Richardson en los instrumentos.

Instrumento	Kuder-Richardson	Nivel de consistencia.
Cuestionario Encuesta de Condiciones Inseguras Dirigido Personal Inspector	0.7	Bueno
Cuestionario Encuesta de Condiciones Inseguras Dirigido Personal Operador	0.9	Bueno

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procedimientos.

Con el fin de cumplir con el primer objetivo específico del proyecto (Realizar el diagnóstico de la situación actual de la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP en una empresa petrolera Piura) se optó por usar guías de normativa documentales como establece las normas API 571 Y API 510 en la cual busco identificar los posibles mecanismos de daño que se encuentra sometido los recipientes a presión de GLP , a su vez se empleó la información de cuestionario encuesta, entrevistas dirigido al personal operativo, personal de inspección y Jefe de Coordinación Integridad Mecánica con el fin de identificar las deficiencias del proceso.

Los instrumentos de recolección de información se emplearon guías de observación el cual fueron formatos de medición de espesores, reportes de inspección, check list de condiciones inseguras y planilla de análisis de accidente los cuales se aplicaron teniendo en cuenta los lineamientos indicados en la norma internacional API 510, con el objetivo de cumplir con nuestro primer objetivo de la investigación.

Durante el desarrollo del segundo objetivo específico, que consistió en la elaboración de estrategias teniendo en cuenta el D.S 052-93 y API 510 para establecer el diseño de un plan de inspección y reparación de un recipiente a presión, se consideraron guías documentales de acuerdo con las normas API 571 y API 510. Se buscó definir las estrategias apropiadas de inspección y reparación para los recipientes a presión de GLP, teniendo en cuenta los mecanismos de daño ya identificados durante la ejecución de los instrumentos de observación.

En el desarrollo del tercer objetivo específico el cual fue elaborar el plan de inspección y reparación en base a la normativa nacional e internacional, se consideró emplear guías de normativa documentales como establece las normas internaciones API 510 y normativas nacionales D.S 052-93 EM, en la cual busco indicar las actividades de inspección, reparación y frecuencias establecidas según cada componente del recipiente a presión de GLP.

Para el desarrollo del cuarto objetivo (determinar el beneficio costo de la elaboración de la propuesta.) se emplearon instrumentos de observación él fue la planilla de Análisis de Accidentes la cual queda sujeto ante cualquier posible accidente que pudiera ocurrir en la presente investigación. Para evaluar el costo beneficio de la investigación se tomó en cuenta la escala de multas que emite OSINERMINING ante el incumplimiento de la normativa nacional D.S 052-93 EM.

3.6. Método de análisis de datos.

Durante el análisis de la información recopilada en el proceso de inspección, se utilizó el programa Microsoft Excel para llevar a cabo el diagnóstico de la condición actual de los recipientes a presión. Se aplicaron guías de observación, como listas de verificación para identificar condiciones inseguras, así como inspecciones por

ultrasonido para determinar las tasas de corrosión y la vida remanente de los recipientes. Además, se realizaron entrevistas, cuestionarios y encuestas para obtener información relevante sobre el servicio proporcionado por la coordinación de integridad mecánica a los equipos de la empresa petrolera. Se monitorearon los indicadores de mantenimiento correspondientes para obtener una comprensión completa del estado de los recipientes. Los datos obtenidos para realizar el estudio se procesaron en bases de datos de cada instrumento los cuales ya se encuentran indicados en el apartado 3.4.

3.7. Aspectos éticos.

En el principio de beneficencia, el autor aseguró el bienestar físico y psicológico de los participantes del estudio, promoviendo su máxima colaboración. El objetivo era proporcionarles beneficios significativos para sus actividades de inspección y operación en los recipientes a presión de GLP, con el fin de prevenir posibles eventos de riesgo en el futuro. Otro aspecto crucial abordado fue la autonomía, poniendo énfasis en respetar la autonomía de los operadores e inspectores que participaron en la investigación. Se garantizó que cualquier intervención propuesta se comunicara de manera clara, permitiendo a los involucrados tomar decisiones informadas y voluntarias sobre su participación en el plan.

Asimismo, se consideró el principio de justicia, asegurando un trato digno y respetuoso para todos los participantes vinculados al área de los recipientes a presión de GLP, sin importar su disposición para participar en este trabajo. Por último, el principio de no maleficencia fue observado rigurosamente, comprometiéndose tanto los participantes como los investigadores a evitar cualquier acción que pudiera causar daño, ya sea a su trabajo o a sus relaciones profesionales, con el único propósito de buscar un bien común.

Cabe destacar que este trabajo cumplió con los principios de no vulnerabilidad intelectual y los derechos de autor, ya que cada idea o concepto que no fuera de autoría propia se citó y referenció adecuadamente.

IV. RESULTADOS.

Se aplicaron los instrumentos de recolección de información mediante cuestionarios encuestas, entrevistas, guías documentales, análisis documental y guías de observación.

Objetivo específico 1: Realizar el diagnóstico de la situación actual de la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP en una empresa petrolera Piura.

Tabla 3.

Resultados de encuesta aplicado al personal inspector.

Variable / Dimensión	Nivel	Frecuencia(ni)	%
Dimensión: Actividades de inspección.	Buen servicio.	8	16%
	Servicio por mejorar.	42	84%
Dimensión: Diagnostico de operación.	Buen servicio.	0	0%
	Servicio por mejorar.	20	100%
Dimensión: Condiciones Inseguras.	Alto riesgo.	24	60%
	Bajo riesgo.	16	40%
Dimensión: Accidentabilidad.	Alto riesgo.	18	90%
	Bajo riesgo.	2	10%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

En la información obtenida, se evidencio que el 84 % de los inspectores encuestados sostiene que las actividades de inspección pueden ser mejoradas, mientras que el 100% de los encuestados afirman que el diagnóstico de operación puede ser mejorado. Como condiciones inseguras, se ha detectado que el 60 % de los entrevistados afirman que existe un elevado riesgo en la operación, mientras que el 90 % de los encuestados afirman que existe un alto riesgo de accidentabilidad.

Tabla 4.

Resultados de encuesta aplicado al personal operativo.

Variable / Dimensión	Nivel	Frecuencia(ni)	%
Dimensión: Actividades de inspección.	Buen servicio	32	64%
	Servicio por mejorar.	18	36%
Dimensión: Diagnostico de operación.	Buen servicio	10	50%
	Servicio por mejorar.	10	50%
Dimensión: Condiciones Inseguras.	Alto riesgo	16	53%
	Bajo riesgo	14	47%

Dimensión:	Alto riesgo	9	45%
Accidentabilidad.	Bajo riesgo	11	55%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

En la tabla 4 se evidencio que 64 % de los operadores encuestados manifiestan que el servicio de inspección es bueno y que como diagnóstico de operación el 50 % manifiesta que aún puede mejorar. Como condiciones inseguras, se ha detectado que el 53 % de los encuestados afirman que existe un elevado riesgo en la operación, mientras que el 45 % de los encuestados afirman que existe un alto riesgo de accidentabilidad.

Se realizo una entrevista al coordinador de integridad mecánica de la petrolera, con el fin tener un alcance claro referente a la gestión de las inspecciones de los recipientes a presión, en la cual manifestó que existen procedimientos operativos, mecanismos de control instrumentado y métodos de reparación por implementar y mejorar dentro de los recipientes a presión a su vez manifiesta que existen sistemas de recubrimientos anticorrosivo en los recipientes a presión de GLP que podrían mejorar considerando las zonas que se encuentran expuestos los recipientes.

Como planes de inspección basados en la norma API 510 el coordinador de integridad mecánica menciona que recién se encuentran en proceso de implementación, dado a que anteriormente la frecuencia se realizada de acuerdo con lo indicado en estándar interno el cual no era normado, sin embargo, muchas veces se ha detectaban mecanismos de daño graves, como corrosión atmosférica severa.

Se concluyo la entrevista en la cual el coordinador de integridad mecánica manifestó que es muy crítico la operación de los recipientes a presión de GLP dado a que el estudio de riesgos de la planta se encuentra identificado las esferas de GLP como la zona más crítica, así mismo si el equipo llega a fallar generaría la indisponibilidad de los recipientes, lo cual conllevaría a grandes pérdidas en ventas.

Como guías de observación de la investigación se tuvo el registro de medición de espesores del casco de los reciente a presión de GLP conforme a las frecuencias

establecidas por la norma API 510 numeral 6.5.1.3 en la cual indica que la inspección por ultrasonido (UT) deberá ser llevado en una frecuencia establecida de 10 años o no deberá exceder la mitad de la vida remanente del equipo.

Tabla 5.

Resultados de inspección por ultrasonido en los recipientes a presión.

Recipiente	Zona	Espesor Nominal (IN)	Espesor mínimo medido (IN)	% Desgaste	Rate de corrosión (MPY)	Vida Remanente (años)
NL°604	Cilindro.	1.770	1.665	5.9 %	2.28	>=20
	Casquete Superior	1.770	1.664	5.9 %	2.30	>=20
	Casquete Inferior	1.770	1.665	5.9 %	2.28	>=20
NL°603	Cilindro.	1.770	1.690	4.51%	1.86	>=20
	Casquete Superior	1.770	1.689	4.57%	1.88	>=20
	Casquete Inferior	1.770	1.693	4.35%	1.79	>=20
NL°602	Cilindro.	1.770	1.613	8.87%	3.41	19.92
	Casquete Superior	1.770	1.616	8.70 %	3.35	>=20
	Casquete Inferior	1.770	1.614	8.81%	3.39	>=20
NL°609	Cilindro.	1.770	1.690	4.52%	1.86	>=20
	Casquete Superior	1.770	1.689	4.57%	1.88	>=20
	Casquete Inferior.	1.770	1.685	4.80%	1.98	>=20

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

Según la información obtenida mediante la inspección por ultrasonido (UT) en los recipientes a presión de GLP, se evidencio un desgaste máximo del 8.87% de su espesor nominal, obteniendo una vida remanente no mayor a 19.9 años en el recipiente NL°602.

Como guías de observación de la investigación se tuvo el reporte de detenciones en la cual se registraron las actividades de mantenimiento y fallas en los recipientes a presión durante el tiempo que se estuvo realizando la investigación de la problemática, lo cual nos permitió elaborar los indicadores de mantenimiento en los recipientes a presión de GLP y a identificar las fallas frecuentes.

Tabla 6.*Indicadores de mantenimiento de los recipientes a presión.*

Recipiente	Número de detenciones	Tiempo total de detenciones(hr)	Tiempo medio para reparar (MTTR)	Tiempo medio entre falla (MTBF)	Disponibilidad (%)
NL°604	2	2143	1071.5	3311.5	75.5%
NL°603	0	0	-	-	100%
NL°602	0	0	-	-	100%
NL°609	0	0	-	-	100%

*Fuente: Elaboración propia.***Interpretación.**

Según la información obtenida mediante la guía de observación de reporte de detenciones se evidencia que el recipiente a presión NL°604 presenta una disponibilidad del 75.5% debido a dos fallas repetidas en el sistema de medición producto por la ruptura del cable, el cable fue seccionado por una corrosión atmosférica del mismo y a su vez por cerrar la válvula compuerta por error del personal operador.

Como guía de observación de la investigación se tuvo el reporte de inspecciones realizados a los recipientes a presión el cual se hizo teniendo en cuenta los lineamientos indicados en la norma API 510 numeral 5.5.4.1.2, la cual establece que las inspecciones externas se realizarán para comprobar el estado de la superficie exterior del recipiente , el sistema de aislamiento , pintura , los soportes y la estructura asociada; y para controlar si hay fugas y se deberá hacerse en una frecuencia de 5 años dicho ello se aplicó las inspecciones externas de los recipientes en el mes de agosto .

Tabla 7.

Resultados de cantidad de fallas parciales obtenidos según reportes de inspecciones externas, realizado en los recipientes a presión de GLP.

Tipos de falla	NL°602	NL°603	NL°604	NL°609	Total, de fallas parciales(ni).	%.
Estructural (deformación)	1	1	2	1	5	7.46%
Falla recubrimiento	5	5	5	7	22	32.84%
Desgaste de elementos Internos	0	0	0	1	1	1.49%
Corrosión atmosférica	11	11	10	7	39	58.21%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Como se observó en las inspecciones externas realizadas en los recipientes a presión de GLP teniendo en cuenta los lineamientos de la norma API 510, se evidencio que la principal causa de falla parcial en los equipos de GLP se debió a una corrosión atmosférica, representando el 58.21 % del total de fallas parciales en los recipientes a presión de GLP. Seguido a ello el 32.84 % del total de fallas parciales en los equipos de GLP se debió a una falla en el recubrimiento anticorrosivo.

Como guía de observación de la investigación se tuvo los reportes de condiciones inseguras, lo cual se realizó con una frecuencia mensual en los recipientes a presión de GLP obteniendo la siguiente información:

Tabla 8.

Resultados de check list de cantidad de condiciones inseguras en los recipientes a presión de GLP.

Componente	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Total, de condiciones inseguras(ni).	%
EPPS	0	0	0	0	0	0	0%
Orden y limpieza	1	1	0	0	0	2	5.88%
Charla de seguridad	0	0	1	3	0	4	11.76%
Actos Inseguros	2	2	1	0	2	7	20.59%
Extintores	0	0	0	0	0	0	0%
Sistema eléctrico	2	3	0	1	1	7	20.59%
Estado de Equipo	4	4	1	3	2	14	41.18%
Puesto de trabajo	0	0	0	0	0	0	0%
Zonas de escape	0	0	0	0	0	0	0%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

Como condiciones inseguras observadas en el recipiente a presión de GLP se evidencio que el 41.38 % del total de condiciones inseguras, se dio al estado del equipo (corrosión atmosférica, desgaste de elementos internos y fallas en el recubrimiento anticorrosivo), y el 20.69% del total de condiciones inseguras se dio debido al sistema eléctrico de los recipientes a presión de GLP (Cables sueltos y tableros eléctricos con falta de mantenimiento).

Como guía de observación de la investigación se tuvo los reportes de análisis de accidentes de aplicarse en caso se origine un accidente dentro de los recipientes a presión de GLP. Durante la ejecución de la investigación no ocurrió algún accidente no pudiendo aplicar dicha a guía de observación.

Los registros obtenidos mediante nuestros instrumentos de observación se encuentran en el anexo II.

Según la información recolectada en función a nuestro objetivo de realizar el diagnóstico de la situación actual de la seguridad operativa del proceso de

almacenamiento de GLP en una empresa petrolera Piura, se realizó el análisis de las problemáticas mediante la metodología Ishikawa en la cual se encuentra detallado en la figura 1, tabla 10, tabla 11 y figura 2.

Figura 1.

Análisis de la problemática mediante método Ishikawa.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9.

Tabla de frecuencias en base a las problemáticas obtenida mediante método Ishikawa.

Item	Causa	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Total
C1	Personal con diferente criterio de inspección.	0	1	2	2	1	2	3	3	2	1	17
C2	Corrosión atmosférica en los equipos	1	0	1	3	3	2	2	3	3	3	21
C3	Cables eléctricos sueltos.	1	1	0	1	2	2	1	3	1	1	13
C4	válvulas trabadas.	1	3	1	0	1	3	3	3	2	2	19
C5	Sistema de medición inoperativo.	1	2	1	1	0	2	1	3	2	1	14
C6	No se cuenta con procedimiento de reparación.	2	1	2	3	2	0	3	2	3	2	20
C7	No se cuenta con planes de	2	3	1	2	1	2	0	2	3	2	18

	inspección del recubrimiento.											
C8	Procedimientos de inspección no normados.	3	2	1	3	3	2	2	0	2	2	20
C9	Falla en el recubrimiento anticorrosivo.	2	3	1	2	1	2	3	2	0	1	17
C10	Fuga de producto al medio ambiente.	1	2	1	2	1	2	1	2	2	0	14

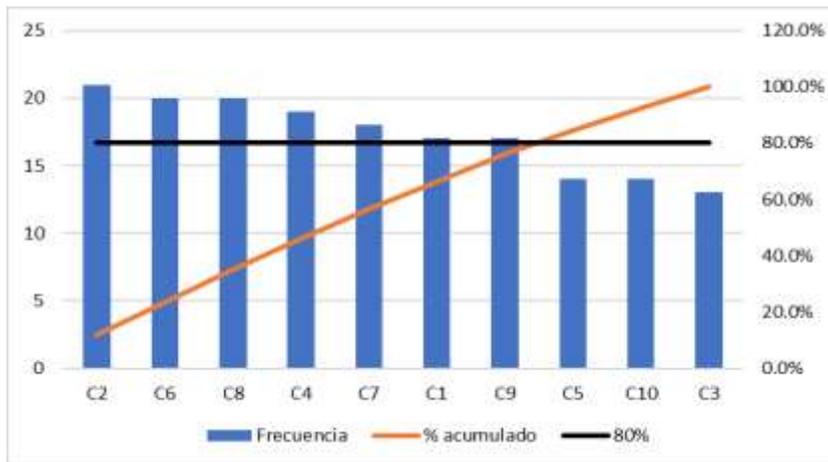
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.
Distribución de frecuencias de la problemática.

Item	Causa	Frecuencia	%	Acumulado	% Acumulado
C2	Corrosión atmosférica en los equipos	21	12.1%	21	12.1%
C6	No se cuenta con procedimiento de reparación.	20	11.6%	41	23.7%
C8	Procedimientos de inspección no normados.	20	11.6%	61	35.3%
C4	válvulas trabadas.	19	11.0%	80	46.2%
C7	No se cuenta con planes de inspección del recubrimiento.	18	10.4%	98	56.6%
C1	Personal con diferente criterio de inspección.	17	9.8%	115	66.5%
C9	Falla en el recubrimiento anticorrosivo.	17	9.8%	132	76.3%
C5	Sistema de medición inoperativo.	14	8.1%	146	84.4%
C10	Fuga de producto al medio ambiente.	14	8.1%	160	92.5%
C3	Cables eléctricos sueltos.	13	7.5%	173	100%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.
Diagrama Pareto de la problemática.



Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis realizado mediante la metodología Ishikawa y diagrama de Pareto se identificó que las principales causas que causan mayor impacto en la seguridad operativa de los recipientes a presión los cuales son : la corrosión atmosférica, no se cuenta con procedimientos de reparación, los procedimientos de inspección no son normados causando incertidumbre en el proceso de inspección, identificado las principales causas se procedió con dar solución a la problemática con el fin de asegurar la seguridad operativa del recipiente a presión de GLP.

Objetivo específico 2: Elaborar las estrategias pertinentes teniendo en cuenta el D.S 052-93 y API 510 con el fin de establecer el diseño de un plan de inspección y reparación de un recipiente a presión.

Figura 3.
División por componentes en los recipientes a presión de GLP de tipo esférico.



1 casco, 2 columnas, 3 arriostres, 4 bridas, 5 válvulas de proceso, 6 válvulas de seguridad, 7 sistemas contra incendio, 8 escaleras y pasarelas, 9 sistema puesta a tierra.
 Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

Se realizó la división del recipiente a presión por componentes y posterior a ello se seleccionó las estrategias recomendadas por cada componente indicadas por las normas nacionales e internacionales considerando la situación actual que se encuentra expuesto los recipientes a presión de GLP.

Tabla 11.
Estrategias de inspección y reparación aplicarse en los recipientes a presión de GLP según su componente, establecidos por normas nacionales e internacionales.

Item	Componentes del recipiente a presión.	Norma Internacional	Norma Nacional
1	Casco.	Api 510 numeral 6.5.1.3, 7.4 y 8. / ASTM D 6677	D.S 052 artículo 42 g, i
2	Columnas.	API 572 numeral 9.3.4, 9.3.5 y 9.3.6.	D.S 052 artículo 46 g, h
3	Arriostres.	API 572 numeral 9.3.6.	-
4	Boquillas / Bidas.	API 510 numeral 5.11 y 8 /ASME PCC1 tabla D.1.1	D.S 052 artículo 46 literal b, c.
5	Válvulas de proceso.	API 598 numeral 5 / NFPA 58	D.S 052 artículo 49 literal f.
6	Válvulas de seguridad.	API 510 numeral 6.6.	D.S 052 artículo artículo 49 literal f.

7	Sistema Contra incendio.	NFPA 13.	D.S 052 artículo 46 literal e, artículo 93
8	Escaleras y pasarelas.	API 572 numeral 9.3.2	D.S 052 artículo 42 literal ab.
9	Sistema Puesta a tierra.	-	D.S 052 artículo 46 literal f.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

En la tabla 12 se definieron las estrategias a emplear conforme a las normas nacionales e internacionales con el fin de tener un fundamento teórico para diseñar nuestro plan de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP.

Tabla 12.

Definición de estrategias de inspección y reparación en el componente de los recipientes a presión de GLP.

Componente	Norma	Numeral	Definición
Casco	API 510	6.5.1.3	Nos establece las frecuencias de inspección por ultrasonido que se debe tener en cuenta el cual no deberá ser en un tiempo no mayor de 10 años.
	API 510	7.4	Establece los criterios de evaluación que se debe tener en cuenta para las zonas corroídas en el recipiente a presión.
	API 510	8	Establece los criterios técnicos para la reparación del casco de los recipientes a presión.
	ASTM D 6677	-	En la norma ASTM 6677 nos brindara los criterios técnicos para evaluar la adherencia del recubrimiento anticorrosivo.
	D.S 052-93 EM	artículo 42 literal g	Nos especifica que ante una inspección por ultrasonido en los recipientes a presión se deberá considerar los márgenes de corrosión de 1.5 mm sobre el espesor mínimo de diseño.
	D.S 052-93 EM	artículo 42 literal i	Nos indica que a los cordones de soldadura de los recipientes a presión de debería realizar ensayos NDE como son líquidos penetrantes, ultrasonido, partículas magnéticas o radiografía.
Columnas	API 572	9.3.4.	Especifica los criterios de evaluación que debemos de tener ante la inspección de los pernos de anclaje de las columnas del recipiente a presión de GLP.
	API 572	9.3.5	Especifica los criterios que se deben de tener en cuenta ante una inspección del concreto ignífugo de las columnas del recipiente a presión de GLP.
	API 572	9.3.6.	Especifica los criterios técnicos que se deben de tener en cuenta ante una evaluación del soporte metálico de la columna del recipiente a presión de GLP.
	D.S 052-93 EM	artículo 46 literal g	Nos indica que todo recipiente a presión de GLP debería tener protección ignífuga en sus columnas como medida de protección ante un incendio.
	D.S 052-93 EM	artículo 46 literal h	Hace referencia que los recipientes a presión de GLP tendrás una placa resistente a la corrosión donde este

			especificado las condiciones de diseño el cual debería ir instalado en la columna.
Arriostres	API 572	9.3.6	Especifica los criterios técnicos que se deben de tener en cuenta ante una evaluación del soporte metálico de los arriostres del recipiente a presión de GLP.
Boquillas / Bridas.	API 510	5.11	Especifica los criterios técnicos que se deben de tener en cuenta en la inspección y reparación de las bridas de las boquillas en los recipientes a presión de GLP.
	API 510	8	Nos detalla los criterios que debemos de tener en cuenta para realizar la reparación o alteración en los recipientes a presión de GLP.
	ASME PCC1	tabla D.1.1	La norma ASME PCC1 detalla los criterios técnicos que debemos de tener en cuenta para evaluar las bridas en los recipientes a presión de GLP, en función a los defectos localizados.
	D.S 052-93 EM	artículo 46 literal b.	La norma nacional indica que se debe evaluar que las soldaduras de las boquillas o conexiones no se intercepten entre soldaduras entre planchas con la otra conexión.
	D.S 052-93 EM	artículo 46 literal c.	La norma nacional indica que la línea de drenaje o purga de agua deber estar en una distancia de 4.5 metros de la esfera.
Válvulas de proceso.	API 598	5	Especifica los criterios técnicos que debemos de tener en cuenta para realizar una prueba de hermeticidad en las válvulas de procesos.
	NFPA 58	5.9.4.2	Especifica que en los recipientes a presión de GLP deberá ir válvulas de proceso fabricadas bajos especificación API 607
	D.S 052-93 EM.	artículo 49 literal f.	Especifica que las válvulas de proceso deberán ser de acero y no deberá ser tipo sándwich
Válvulas de seguridad	API 510	6.6	Establece las frecuencias de inspección en los dispositivos de alivio de los recipientes a presión de GLP.
	D.S 052-93 EM.	artículo 49 literal f.	Especifica que las válvulas de proceso deberán ser de acero y no deberá ser tipo sándwich.
Sistema Contra incendio	NFPA 13.	-	Normativa internacional que nos brinda detalles técnicos que debemos de tener en cuenta ante una inspección y evaluación del sistema contra incendio de los recipientes a presión.
	D.S 052-93 EM.	artículo 46 literal e.	Se deberá prever el buen estado de los soportes y fijadores del sistema contra incendio de las esferas de GLP.
	D.S 052-93 EM.	artículo 93.	Todos los componentes para emplearse en el sistema contra incendios de los recipientes de GLP deberán ser listados por la UL o FM.
Escaleras y pasarelas.	API 572	numeral 9.3.2	Nos especifica técnicamente los criterios que debemos de tener en cuenta ante la evaluación de la integridad mecánica de escaleras y pasarelas.
	D.S 052-93 EM.	artículo 42 literal ab	Indica las dimensiones mínimas de seguridad que debe de tener las escaleras de acceso a la zona superior de los recipientes a presión de GLP.
Sistema Puesta a tierra.	D.S 052-93 EM.	artículo 46 literal f.	Especifica que los recipientes de GLP deben tener su sistema de puesta a tierra el cual debe estar diseñado y mantenido conforme a la norma NFPA 70

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

En la presente tabla se definieron conceptos de las estrategias a emplear para el diseño del plan de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP en la cual se basó de normas nacionales e internacionales.

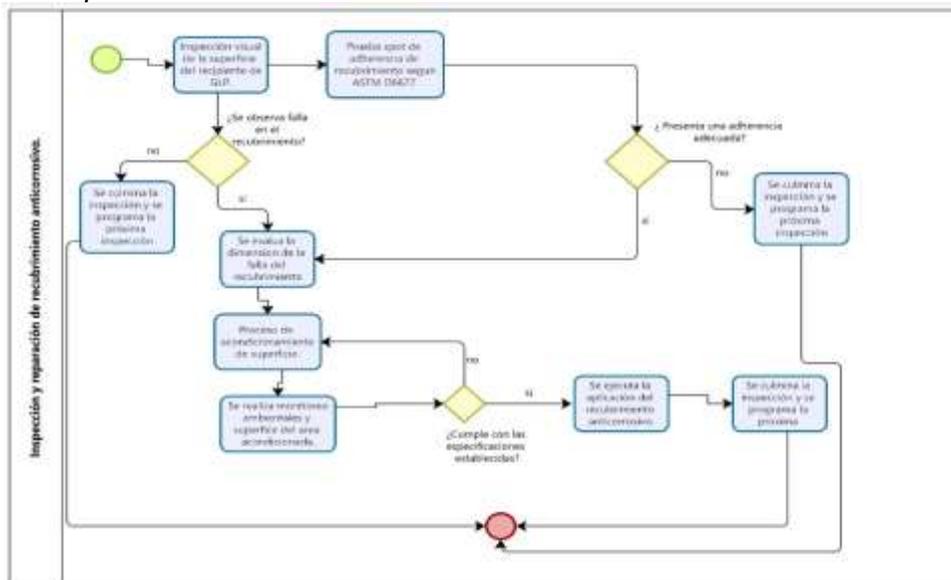
Objetivo específico 3: Elaborar el plan de inspección y reparación en base a la normativa nacional e internacional.

Como solución a la problemática se elaboró procedimientos de inspección y reparación del recubrimiento anticorrosivo en prevención de la corrosión atmosférica en los recipientes a presión de GLP, procedimientos de inspección normados para los recipientes a presión de GLP y procedimientos de reparación de los recipientes a presión de GLP con el cual se propone dar solución a la problemática evidenciada.

Se realizaron los diagramas de proceso mediante Bizagi referente a la inspección y reparación del recubrimiento anticorrosivo de los recipientes a presión de GLP, diagrama de proceso de inspección aplicados a los recipientes a presión de GLP y diagrama de proceso de reparación aplicado a los recipientes a presión de GLP.

Figura 4.

Diagrama proceso de inspección y reparación del recubrimiento anticorrosivo de los recipientes a presión de GLP.



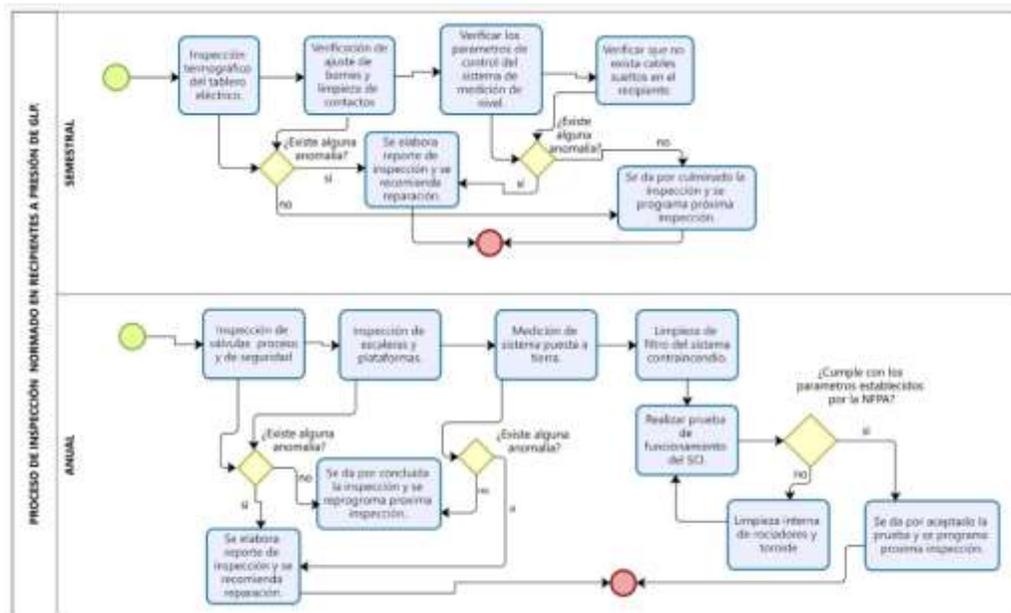
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

En la figura 4 se describe la secuencia del proceso de inspección y reparación del recubrimiento anticorrosivo del recipiente a presión de GLP, la cual se ejecutará con una frecuencia anual, las consideraciones técnicas de inspección y reparación del recubrimiento anticorrosivo se encuentran detalladas en el anexo V de la presente investigación.

Figura 5.

Diagrama de proceso de inspección normada aplicada en los recipientes a presión de GLP con una frecuencia Semestral y anual.



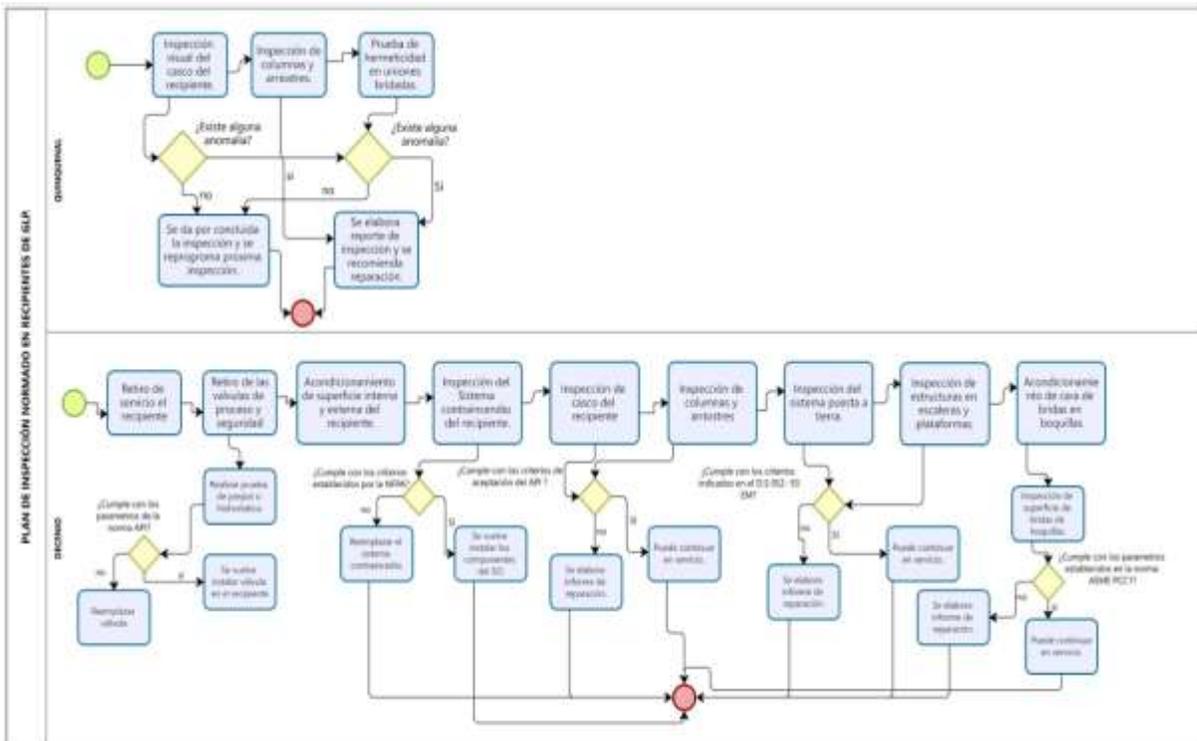
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

En la figura 5 se describe la secuencia del proceso de inspección aplicado a los recipientes a presión de GLP teniendo en cuenta los lineamientos de normas nacionales e internacionales el cual se desarrolla con una frecuencia anual y semestral en la cual busca reducir las condiciones inseguras en los activos, las consideraciones técnicas del plan de inspección con frecuencia anual y semestral se encuentran detallado en el anexo V de la presente investigación.

Figura 6.

Diagrama de proceso de inspección normada aplicada en los recipientes a presión de GLP con una frecuencia quinquenal y decenio.



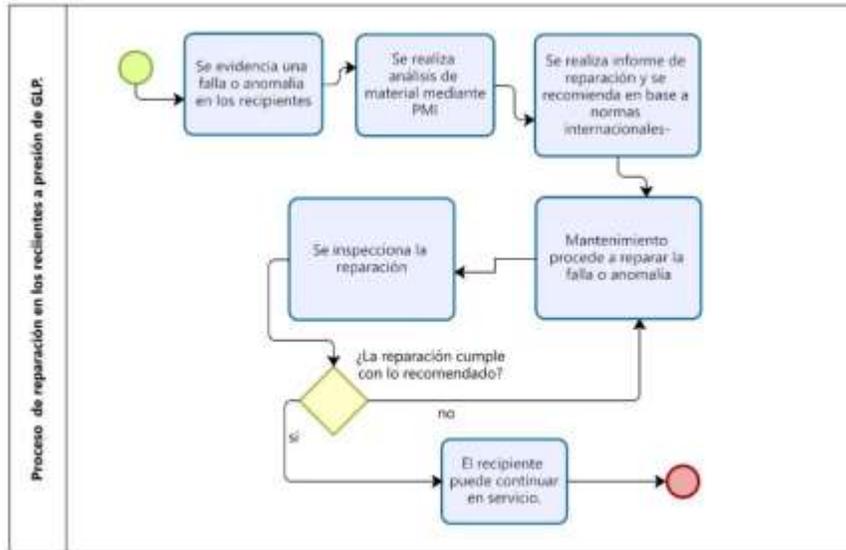
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

En la figura 6 se describe la secuencia del proceso de inspección aplicado a los recipientes a presión de GLP teniendo en cuenta los lineamientos de normas nacionales e internacionales el cual se desarrolla con una frecuencia quinquenal y decenio en la cual busca reducir las condiciones inseguras en los activos, las consideraciones técnicas del plan de inspección con frecuencia quinquenal y decenio se encuentran detallado en el anexo V de la presente investigación.

Figura 7.

Diagrama de proceso de reparación de los recipientes a presión de GLP.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

En la figura 7 se describe la secuencia del proceso de reparación aplicado a los recipientes a presión de GLP, lo cual son actividades que buscan restituir el recipiente a su condición de diseño con el fin de garantizar una operación segura, las consideraciones técnicas de la reparación de los recipientes a presión de GLP se encuentran detallado en el anexo V de la presente investigación.

Objetivo específico 4: Determinar el beneficio costo de la elaboración de la propuesta.

Tabla 13.

Presupuesto anual de la implementación del plan de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP.

Propuesta	Costo total (S/.)
Implementación de procedimientos de reparación e inspección del recubrimiento anticorrosivo aplicado a los recipientes a presión de GLP.	39,750.00
Implementación de procedimientos de inspección bajo norma para los recipientes a presión de GLP.	52,180.00
Implementación de procedimiento de reparación en los recipientes a presión de GLP.	125,625.00
Total (S/.)	217,555.00

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

Se determino el presupuesto anual del plan de inspección y reparación de los cuatro recipientes a presión de GLP de la empresa petrolera, en la cual tiene un costo anual de S/217,555.00, en dicho presupuesto anual se está considerando gastos de mano de obra, materiales, equipos y herramientas y gastos provisorios.

Tabla 14.

Costo de multas anuales por incumplimiento del D.S 052-93 EM, debido a no tener un plan de inspección de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP.

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidades	Costo unitario (S/.)	Numero de recipientes	Costo Total (S/.)
1	Multa por incumplimiento del artículo 70. (Causado por no tener un registro de mantenimiento e inspección)	1	Glb	49,500	4	198,000
2	Multa por incumplimiento del artículo 80. (Causado por no tener un plan de inspección y de mantenimiento)	1	Glb	24,750	4	99,000
					Total	297,000

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación.

Por no tener un plan de inspección y reparación en los recipientes a presión anualmente se tiene pérdidas económicas de S/.297,000 debido a multas y sanciones por parte de OSINERMIN, el costo de ejecución de un plan de inspección externa e interna en los cuatro recipientes a presión de GLP anualmente es de S/. 217,475.00 por lo cual el siguiente proyecto de investigación es viable dado a que presenta un factor de 1.36.

Con la finalidad de evaluar la propuesta del diseño de un plan de inspección y reparación para los recipientes a presión de GLP de tipo esféricos para garantizar la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP cumpliendo con la normativa nacional D.S 052-93 EM, Se identificaron las principales causas del deterioro en los recipientes a presión de GLP, y posteriormente se establecieron estrategias de diseño para el plan de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP, a continuación se establecieron estrategias de diseño para el plan de inspección y reparación en los recipientes a presión, el cual fue fundamental para nuestro diseño del plan de inspección y reparación. Culminado el diseño del plan de inspección y reparación en los recipientes a presión se evaluó el costo beneficio de la propuesta de mejora en los recipientes a presión obteniendo un valor de 1.36 siendo viable el proyecto.

V. DISCUSIÓN.

En la presente investigación se planteó como primer objetivo específico el realizar el diagnóstico de la situación actual de la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP en una empresa petrolera Piura. Según la norma internacional American Petroleum Institute 510 (2022, p36, P39) indica que los recipientes a presión de GLP deben ser evaluados con el fin de verificar que el equipo cuenta con una seguridad operativa adecuada y no hayan sufrido daños inaceptables, el diagnóstico inicial proporciona la oportunidad para recopilar información deseada de partida y obtener las lecturas iniciales de los espesores de las planchas del casco, mecanismos de daños y condiciones inseguras. La norma internacional API 510 indica que es preferible que el diagnóstico inicial se realice mientras el recipiente se encuentre en operación con el fin de evidencias alguna posible fuga.

En la presente investigación se ha constatado que existen diversas condiciones inseguras en los recipientes a presión de GLP, causadas por una corrosión atmosférica severa, dado que los recipientes se encuentran cerca de ambientes salinos. Una de las fallas más habituales en los recipientes a presión de GLP es la falla del recubrimiento anticorrosivo. Durante las inspecciones se han detectado un total de 34 condiciones inseguras y 67 fallas parciales que pueden afectar la seguridad operativa en los recipientes a presión de GLP. Nuestros resultados coinciden parcialmente con Macote (2021) en la cual realizó la inspección del diagnóstico inicial de los recipientes a presión mediante la aplicación de técnicas de ensayos no destructivos en la cual evidencio un total de 48 fisuras en los cordones de soldadura siendo una condición insegura en la operación de los recipientes a presión. Respecto a las causas que generan corrosión existe coincidencia con la investigación realizada por Cerreño (2020) en donde manifiesta que la corrosión siempre ha sido un problema en la industria como el hidrocarburo dado a que los equipos se encuentran expuestos a diferentes temperaturas, presión y ambientes altamente corrosivos es debido a ello que se deben de tener planes de inspecciones idóneos según las condiciones de los recipientes de GLP. En la investigación realizada por Macote (2021), y en la presente se ha empleado el diagnóstico de la situación inicial como media previa a solucionar

el problema, tal como lo indica la norma internacional American Petroleum Institute 510 (2022).

Como segundo objetivo consistió en elaborar las estrategias pertinentes teniendo en cuenta el D.S 052-93 y API 510 con el fin de establecer el diseño de un plan de inspección y reparación de un recipiente a presión. American Petroleum Institute 572 (2022, p17) indica que, para elaborar un plan de inspección y reparación eficaz, se requiere tener en cuenta diversas estrategias con el propósito principal de organizar la inspección y reparación, esto implica que se tengan en cuenta los criterios adecuados para llevar a cabo dicha tarea, es importante destacar que el diseño de las estrategias de inspección y reparación proporcionen la información necesaria para llevar a cabo los análisis pertinentes en el momento oportuno.

En la presente investigación se seleccionaron las estrategias de inspección, lo cual se fundamentó en la norma internacional API 510 y la norma nacional D.S. 052-93 EM, esto nos permitió tener las estrategias definidas para el diseño de nuestro plan de inspección y reparación, nuestras estrategias de inspección se centraron en cada componente de los recipientes a presión de GLP de tipo esférico. Nuestros resultados coinciden parcialmente con Suntaxi y Moreno (2022), en la cual definieron las estrategias de los datos técnicos de un depurador de gas, para posterior realizar el diseño mecánico, en la cual el autor selecciono la norma internacional ASME VIII división 1 como norma base para el diseño, inicio definiendo los materiales a emplear, los componentes y sistemas de fijación con el propósito de evitar alguna incidencia por pérdida de contención del activo, se lograron resultados favorables, ya que la norma internacional ASME VIII división 1 es una norma de diseño exigente que tiene 88 años desde que se implementó, lo cual otorga un grado de seguridad operativa satisfactorio. En la investigación realizada por Suntaxi y Moreno (2022) y en la presente investigación se ha empleado estrategias, para la selección de un diseño adecuado en base a normativas internacionales como medida previo a solucionar el problema, tal como lo indica la norma internacional American Petroleum Institute 572 (2022).

El tercer objetivo consistió en elaborar el plan de inspección y reparación en base a la normativa nacional e internacional. Según lo indicado por la norma nacional peruana D.S 052- 93 EM, artículo 80, hace referencia que todo recipiente a presión de GLP

debe ser inspeccionado periódicamente con el fin de detectar corrosión externa e interna, o localizar alguna otra anomalía el cual pueda incrementar los riesgos de fugas o fallas en el equipo alterando su seguridad operacional. En la investigación se elaboró un plan de inspección y reparación centrado en las frecuencias establecidas por la norma internacional API 510, el diseño de la propuesta se realizó siguiendo los procedimientos establecidos por las normas nacionales e internacionales con el propósito de llevar a cabo las acciones adecuadas que nos brinden una seguridad operativa del activo. Nuestro plan de inspección y reparación en los recipientes a presión busca solucionar los problemas que se encontraron en esta investigación. Usamos la metodología Ishikawa y Diagrama de Pareto para detectar las principales causas de mayor impacto en la seguridad operativa en los recipientes a presión. Nuestros resultados coinciden parcialmente con Rondinel y Enrique (2018) en donde realizaron un diseño de plan de inspección y reparación basado en actividades de inspección visual enfocado en 5 componentes de los recipientes a presión móviles de GLP, en la cual se evidencio 5 fallas puntuales, ocasionados por corrosión atmosférica, su diseño de su plan fue favorable dado a que se detectaron fallas puntuales y fueron reparadas de inmediato no poniendo en riesgo la seguridad operativa del activo. En la investigación realizada por Rondinel y Enrique (2018) y en la presente investigación se ha diseñado un plan de inspección y reparación basado en la normativa API 510 como medida a solucionar el problema, tal como lo indica la norma nacional peruana D.S 052- 93 EM, artículo 80.

Como cuarto objetivo consistió en determinar el beneficio costo de la elaboración de la propuesta. Según lo indicado por Jácome y Carvache (2017) señalan que aplicar el análisis de costos y beneficios es una herramienta importante que nos ayuda a evaluar diferentes proyectos considerando los costos totales con los beneficios, los resultados de esto nos ayudarán a tomar la decisión de llevar a cabo el proyecto o no. La característica importante del costo-beneficio es que todos los valores explícitos e implícitos deben convertirse en valores monetarios que nos permitan lograr resultados monetarios. En la propuesta de la implementación de un plan de inspección y reparación en los recipientes a presión se obtuvo un costo beneficio de 1.36, siendo una propuesta viable reduciendo las pérdidas a la compañía petrolera. Nuestros

resultados coinciden con Palacios (2020), en donde su propuesta para mejorar el proceso de reparación de las válvulas de las compresoras de gas obtuvo un costo beneficio de 6.27, siendo viable su propuesta a implementar. En la investigación realizada por Palacios (2020), y en la presente investigación se ha evaluado el costo beneficio de la propuesta, teniendo resultados favorables, tal como lo indicado por Jácome y Carvache (2017).

Como objetivo general consistió en el diseño de un plan de inspección y reparación para los recipientes a presión de GLP de tipo esféricos para garantizar la seguridad operativa del proceso de almacenamiento de GLP cumpliendo con la normativa nacional D.S 052-93 EM. La norma nacional peruana D.S. 027- 94 EM, que establece una ley de seguridad operativa, dice que todas las empresas que tengan recipientes estacionarios de GLP deben ser inspeccionadas según la norma internacional API 510, para asegurar una operación segura en los recipientes de GLP, es necesario verificar todo lo que pueda afectar a las personas o a la propiedad. Los recipientes estacionarios de GLP deberán ser inspeccionados durante el proceso de su instalación, de acuerdo con lo establecido en el API 510, asimismo, el intervalo de inspección inicial entre la inspección de la instalación y la siguiente inspección no excederá de una vez cada cinco años.

En base a lo indicado por la normativa peruana nuestro plan de inspección y reparación fue diseñado teniendo en cuenta los lineamientos ya establecidos por la norma internacional API 510 con el fin de garantizar la seguridad operativa del activo, nuestra propuesta inicio desde el diagnóstico de la situación actual de los recipientes a presión de la empresa petrolera, selección de estrategias de inspección y reparación en base a las normas nacionales e internaciones, diseño del plan de inspección y reparación de los recipientes a presión y culminando con la determinación del costo beneficio de la propuesta. Nuestros resultados coinciden parcialmente con Ramírez (2018), en donde selecciono como normas internacionales al API 580 y 581 en el diseño de un plan de inspección y reparación, estos estándares son utilizados por la industria petrolera para mejorar la eficiencia de los programas de inspección y reparación, reducir costos y priorizar la atención en los activos el cual representan mayores riesgos para la seguridad y la integridad del proceso de almacenamiento de

GLP, en su investigación le permitió una planificación óptima reduciendo las detenciones en los recipientes a presión de GLP y a su vez le facilitó en la selección de un método, intervalo y tipo de inspección y reparación para su plan el cual se encuentra diseñado para cada equipo con el que cuenta la empresa. En la investigación realizado por Ramírez (2018), y en la presente investigación se ha diseñado un plan de inspección y reparación en base a normas internacionales como medida de solución al problema, tal como lo indica la normativa nacional D.S. 027- 94 EM.

VI. CONCLUSIONES.

1. En la actualidad, los recipientes esféricos de GLP muestran 34 condiciones inseguras y 67 fallas parciales, principalmente causadas por corrosión atmosférica en entornos marinos. La falta de planes de inspección y reparación acordes al entorno contribuye a estas condiciones. En la evaluación según la norma API 510, se determinó que el recipiente esférico NL°602 tiene una vida remanente de no más de 20 años.
2. Las estrategias de inspección y reparación en recipientes esféricos de GLP, se dividió el activo por componentes, siguiendo normativas nacionales e internacionales como el D.S 052-93 EM, API 510, API 572, ASME PCC1, NFPA 58 y ASTM D 667. Estas normativas proporcionan criterios técnicos esenciales para garantizar la seguridad operativa del activo.
3. El plan de inspección y reparación en los recipientes a presión de tipo esféricos de GLP se diseñó teniendo en cuenta lo indicado por la norma internacional API 510 y norma nacional D.S 052-93 EM, de haberse empleando otras normas a las mencionadas es debido a que las normas API 510 y D.S 052- 93 EM, hacen referencia como aplicación a los diferentes componentes del recipiente a presión de tipo esférico de GLP.
4. La empresa petrolera por no contar con un plan de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP se encuentra expuesta a multas por parte de OSINERMIN, se realizó el análisis costo-beneficio de la propuesta en la cual el siguiente proyecto cuenta con un factor de 1.36 siendo viable su implementación.

VII. RECOMENDACIONES.

Ampliar el enfoque de la variable seguridad operativa, dado a que la presente investigación solo está orientada en actividades de inspección y mantenimiento de los recipientes a presión de GLP, mas no a actividades de operación, de este modo se tendría un análisis completo del sistema de almacenamiento de GLP.

Implementar y difundir la propuesta de mejora para el plan de inspección y reparación en los recipientes esféricos de GLP es crucial para eliminar las condiciones inseguras identificadas en esta investigación por parte de la coordinación de integridad mecánica.

Participar activamente en los procesos de fiscalización realizados por OSINERMIN es esencial para la dirección legal de la empresa petrolera. Se busca mantenerse informados sobre posibles sanciones y, por ende, se recomienda programar reuniones con las jefaturas pertinentes. El objetivo es elaborar un plan de acción que prevenga la reincidencia de sanciones emitidas por el ente fiscalizador nacional.

REFERENCIAS.

- ACOSTA, Dennis. Zona de Afectación por Explosión Industrial en el Almacenamiento de GLP en la empresa. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Riobamba: Universidad Nacional Chimborazo, Ecuador, 2022.
Disponible en <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9603>
- BALCÁZAR, Edgar. Propuesta técnica de plan de emergencia y determinación de magnitud de explosión & incendio en depósitos de almacenamientos de productos petrolíferos (glp y diésel) aplicando normativa seveso, método prohibit y messeri en la planta de beneficio sodirec. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2021.
Disponible en <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15967/1/85T00649.pdf>
- BRITO, Esteban. Diseño y medidas de seguridad en la implantación HE implementación de un sistema de gas licuado de petróleo (GLP). Tesis (Licenciatura Ingeniero en Seguridad y Salud Ocupacional). Quito: Universidad Internacional SEK, 2018.
Disponible en <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2780/1/TESIS%20ESTE%20BAN%20JAVIER%20BRITO%20CEVALLOS%2026122017.pdf>
- CARPIO, Walter. Rediseño de un tanque de almacenamiento de combustible para mejorar su funcionamiento de acuerdo con el Decreto Supremo 017-2013-EM en el Terminal Callao de Petroperú. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica). Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2021.
Disponible en <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4696>
- CASTELLÓN, L. Planes de mantenimiento preventivo para las maquinarias de elaboración de helado en la fábrica Belén de la ciudad de Estelí, ejecutado en el segundo semestre de 2017b [en línea]. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2018. [fecha de consulta: 24 de abril 2023].
Disponible en <https://repositorio.unan.edu.ni/8948/1/18878.pdf>
- CERREÑO, María. Análisis de falla por stress corrosión cracking en capilar de

acero inoxidable 316 L empleado para inyección química en pozos de petróleo y gas: análisis de caso. Tesis (Maestría en Gestión de Integridad y Corrosión). Bogotá: Universidad Pedagógica y Tecnológica, Colombia, 2020.

Disponible en <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/8542>

- CUADRA, Miguel. Rediseño del plan de mantenimiento preventivo para reducir gastos en la operación Bayóvar – empresa corporación Primax S.A. Tesis (Maestría en Ingeniería Industrial con Mención en Gestión de Operaciones y Logística). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2018. Disponible en https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4272/1/TM_CuadraCollazosMiguel.pdf
- CHÁVEZ, Brayan. Diseño y adecuación de sistemas de alivios y drenajes para ampliar la capacidad de bombeo en la estación buena vista. Tesis (Licenciatura en Ingeniería de Petróleo). La paz: Universidad Mayor de San Andrés, 2022. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/30991>
- Decreto Supremo N° 052-1993- EM. Diario oficial El Peruano. Lima 18 de noviembre del 1993.
- Decreto Supremo N° 027-94 EM. Diario oficial El Peruano, Lima 17 de mayo 1994.
- ESTRADA, José. Aplicación del rediseño de proceso para la mejora de la calidad del servicio de conformidad en recipientes portátiles GLP, en la empresa Inspectorate Services Perú S.A.C. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2018. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22834>
- FLORES, Milton. Implementación de un sistema de control de calidad para procesos de soldadura según las Normas AWS D1.1 y Códigos ASME B31.1/B31.3/ IX para tuberías de acero al carbono en la empresa ERMI Instalaciones & Mantenimiento S. A. C. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica). Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2019. Disponible en <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2097>
- GARCÍA, J. Gestión Técnica de Seguridad Industrial en la Mecánica Industrial

Dico-Val para la prevención de riesgos. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2023.

- GÓMEZ, Medali. Evaluación de integridad de recipientes de GLP estacionario en servicio en base a la norma API 510, para conocer su vida útil – Lima 2018. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Metalurgista). Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018.

Disponible en

http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2594/1/T026_72795582_T.pdf

- GÓMEZ, C, Tomayquispe, J. Diseño del Sistema de Abastecimiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP) para la venta de hidrocarburo en una Planta de producción Envasadora-Padre Abad-Ucayali. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica). Lima: Universidad Nacional del Callao, 2021.
- GÓMEZ, Marcelo. Introducción a la metodología de la investigación científica [en línea]. Córdoba: Editorial Brujas, 2006, p.34 [fecha de consulta: 25 de mayo 2023].

Disponible en

<https://books.google.com.pe/books?id=9UDXPe4U7aMC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 987-591-026-0.

- HERNÁNDEZ, K, Qhishpe, F. Sistema de seguridad autónomo para la localización de fugas de gas GLP en un área residencial. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2023.

Disponible en

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24503/1/TTS1240.pdf>

- HERNÁNDEZ, Alfonso, Malfavón, Nidia, Fernández, Gabriela. Seguridad e Higiene Industrial [en línea]. México: Editorial Limusa,2005. [fecha de consulta: 24 de mayo 2023].

Disponible en

https://books.google.com.mx/books?id=Eo_kObpifcMC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

ISBN: 968-5536-1.

- Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar. Metodología de la Investigación [en línea]. México: Mcgraw - Hill interamericana de México, S.A, 2015 [fecha de consulta 15 de abril 2023]
ISBN:968-422-931-3.
Disponible en
https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf
- JÁCOME, I y Carvache, O. Análisis costo beneficio una herramienta de gestión. Revista en contribución de la economía [en línea]. Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi y Universidad Católica Santiago de Guayaquil, 2017. [fecha de consulta: 24 de setiembre 2023].
Disponible en <https://www.eumed.net/ce/2017/2/costo-beneficio.html>
- LÓPEZ, B, Pachón, J, Jaramillo, L. Implementación de la gestión de activos para una caldera de vapor pirotubular. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica). Bogotá: Fundación Universitaria Los Libertadores, Colombia, 2023.
Disponible en
https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/5632/Jaramillo_Lopez_Pachon_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MACOTE, Jorge. Implementación de plan de inspección por ensayos no destructivos a recipientes a presión en servicio de acuerdo con el código de inspección API 510 para evitar reparaciones no programadas en la empresa Agencia Peruana de Inspecciones NDT S.A.C. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica). Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2021.
Disponible en <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4980>
- National Fire Protection Association 13. Standard for the installation of sprinkler systems, 2022.
- ORTIZ, José y Reyes Gianierree. Aplicación del mantenimiento preventivo para aumentar la productividad de acopio de cilindros vacíos de glp en la empresa reparto Perú S.A.C. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2019.
Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49272>

- Otegui, José y Rubertis, Esteban. Cañerías y recipientes de presión [en línea]. Mar de Plata: Editorial de la Universidad Nacional de Mar de Plata, 2008 [fecha de consulta 25 de abril 2023].
ISBN: 978-987-1371-18-1.
Disponible en https://www.google.com.pe/books/edition/Ca%C3%B1er%C3%ADas_y_recipientes_de_presi%C3%B3n/EDPkymW0oHcC?hl=es&gbpv=1&dq=Ca%C3%B1er%C3%ADas+y+recipientes+de+presi%C3%B3n&printsec=frontcover
- PALACIOS, Carlos. Propuesta basada en el estudio de métodos de trabajo para mejorar el proceso de reparación de válvulas de compresores recíprocos de una empresa de servicio de compresión de gas. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Industrial). Piura: Universidad Cesar Vallejo, 2020.
Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71822>
- PARRA, V. Seguridad Industrial en el Proceso de acondicionamiento de superficie de en los tanques almacenamiento de combustible de tipo GLP y la Integridad de los trabajos de la CIA. CAUSA. Tesis (Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental). Ambato: universidad Técnica de Ambato, Ecuador. 2019.
- POMA, José. Diseño de un tanque pulmón para el proyecto de desarrollo del campo sagari - lote 57, sagari ax – Repsol. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica). Lima: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2020.
Disponible en https://repositorio.untels.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/123456789/781/T088A_46583026_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- RAMÍREZ, John. Desarrollo de una herramienta informática para la determinación de riesgos basados en api 580/581 [En línea]. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2018. [fecha de consulta: 4 de mayo 2023].
Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6434228>
- RANGEL, Sergio. Análisis de los elementos que afectan la seguridad física en

la cadena de distribución del gas licuado de petróleo. Tesis (Especialización en la Administración de la Seguridad). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2020.

Disponible en <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37778/RangelAraqueSergioLuis2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- RECABAL, Leonardo. Propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad en instalaciones de Hualpén Gas S.A. Tesis (Licenciatura de Ingeniería de Ejecución en Mecánica de Procesos y Mantenimiento Industrial). Concepción: Universidad Técnica Federico Santa María de Chile, 2019.

Disponible en <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/48666/3560901543557UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- RODINEL, Miguel y Enrique, Juan. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo en recipientes de alta presión de 250 psig para el almacenamiento, transporte de glp y su certificado de conformidad. planta zinsac del Perú- Puente Piedra. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica). Lima: Universidad Nacional del Callao, 2018,

Disponible en <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/3082>

- SALINAS, Jesús. La investigación ante los desafíos de los escenarios de aprendizaje futuros [en línea]. Mallorca: Grup de Tecnologia Educativa. Universitat de les Illes Balears [fecha de consulta 8 de abril 2023]

Disponible en <https://www.um.es/ead/red/32/salinas.pdf>

- SUNTAXI, Carlos. Propuesta de un procedimiento de diseño mecánica de un depurador de gas con capacidad de 200 GLS según el código ASME VIII división 1 para optimizar tiempos de diseño. Tesis (Maestría en Ingeniería Mecánica con mención en Diseño de Sistemas Mecánicos Hidráulicos y Térmicos). Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2022.

Disponible en

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24047/1/MSQ499.pdf>

- Standar American Petroleum Institute 510, Pressure Vessel Inspection Code:

In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration. Washington, 2018.

- Standar American Petroleum Institute 572, Inspection of Pressure Vessels, 2022.
- Standar American Society of Mechanical Engineers PCC1, Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly, 2022.
- Standar American Society for Testing and Materials D6677, Standard Test Method for Evaluating Adhesion, 2019.
- Standar American Petroleum Institute 571, Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry, 2022.
- TORRES, Juan et al. Manual del entrenador lúdico en seguridad y salud en el trabajo [en línea]. Perú: Biblioteca Nacional del Perú, 2017. [fecha de consulta 25 de mayo 2023].

ISBN: 978-612-46884-1-6

Disponible en <https://es.scribd.com/document/344923068/Resumen-Manual-Entrenador-Ludico-SST>

- VARGAS, Jorge. Mejora del proceso de certificación de tanques de presión con base en la Norma ISO 9001:2015 para la compañía “Inspección Servicios & Comercio SSICOINTEC Cía. Ltda.”. Tesis (Magister en Ingeniería de Organización y Producción). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2023.

Disponible en

<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8a286572-07ca-4777-b352-f8ec61e6dbed/content>

- VENEGAS, Diego, Ayabaca, Cesar, Celi, Santiago y Rocha, Juan. The risk of LPG storage in Ecuador [En línea]. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador, 2018. [fecha de consulta: 4 de mayo 2023].

Disponible en

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3772/3/El%20riesgo%20en%20el%20almacenamiento%20de%20GLP%20en%20el%20Ecuador.pdf>

ANEXOS.

Anexo I. Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición	Tecnología de recolección de información	Instrumento de recolección de información
Diseño de un plan de inspección y reparación en base a la norma API 510	Según Gómez, M, 2022 y Macote, J, (2021) Son aquella lista de actividades planeadas que debemos hacer para localizar defectos y repararlos, empleando técnicas recomendadas por la norma API 510, con el objetivo de asegurar su integridad del equipo.	Acciones que se deben hacer para tener un equipo seguro, que cumpla con las condiciones de trabajo para la cual fue diseñado.	Actividades de inspección.	Análisis de mecanismos de daño.	Ordinal	Guía normativa documental.	Guía Normativa Documental: Guía de Identificación de mecanismos de daño existentes en los recipientes a presión según norma API 510 Y 571
				Criticidad del mecanismo de daño.	Ordinal	Análisis documental.	Guía normativa Documental: Guía de tipo de Inspección y Monitoreo Recomendado por API 510.
			Diagnóstico de operación.	Tiempo de detenciones de equipo.	Ordinal	Observación	Observación

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición	Tecnología de recolección de información	Instrumento de recolección de información
Seguridad operativa.	Conjunto de principios, leyes, normas y estrategias de prevención de los riesgos inherentes al entorno laboral, que un incumpliendo de ello podría ocasionar un accidente ocupacional con consecuencias nefastas para la vida de los empleados o a las instalaciones o equipos de la organización, (Acosta, 2022).	Conjunto de actividades que se deben hacer durante la operación de un equipo siguiendo las recomendaciones del fabricante del equipo y de la normatividad nacional e internacional.	Condiciones Inseguras	Identificación de Riesgos.	Ordinal	Análisis Documental.	Guía de análisis Documental: Matriz iper en inspección de Recipientes
				Observaciones del Operación.	Ordinal	Entrevista	Entrevista dirigida al coordinador de integridad mecánica.
						Cuestionario Encuesta de Opinión	Cuestionario encuesta de opinión dirigida al operador y personal inspector.
			Cantidad de condiciones Sub Estándar en el equipo	Ordinal	Observación	Guía de Observación: Formato de Check List de Condiciones Subestándar.	
		Accidentabilidad	Cantidad de Accidentes	Ordinal	Observación	Guía de Observación: Formato de Análisis de Accidentes.	

II.2 Guía de Observación: Formatos de registro de detenciones por fallas electromecánicas, para la recolección de información de la variable 1: Diseño de un plan de inspección y reparación en base a la norma API 510.

REPORTE DETENCIONES DE EQUIPOS													
NOMBRE:		MECÁNICO			PARTE / SISTEMA	EQUIPO	N° DE ORDEN DE TRABAJO	HORA INICIO	HORA FIN	CHECK DE ELEMENTOS DE SUJECCIÓN	CHECK DE HERRAMIENTAS	LIMPIEZA DEL AREA DE TRABAJO	CONFORMIDAD SUPERVISOR (FIRMA)
		ELÉCTRICO											
FECHA:	TURNO	1	2	3									
DESCRIPCION DE LA FALLA													
PARTE / SISTEMA		OBSERVACIONES						REVISADO POR					
E	ELECTRICO												
M	MECÁNICO												
H	HIDRÁULICO												
EL	ELECTRONICO												
N	NEUMÁTICO												

II.3 Guía de Observación, Formatos de registro de reporte y recomendaciones de Inspección realizadas, para la recolección de información de la variable 2: Seguridad Operativa.

RECOMENDACIÓN DE INSPECCIÓN		
A:	Fecha:	
	RECIPIENTE A PRESIÓN:.....	
De:	Referencia: (Rec. Anterior relacionada)	Adjuntos:

1. Datos Generales:

Año de Construcción	
Producto Almacenado	
Tipo	
Diámetro	
Capacidad	

1. Referencias Técnicas:

- 1.1. Asme Sección VII División 2.
- 1.2. Asme Sección IX.
- 1.3. API 510.

2. Antecedente de recomendaciones de inspecciones emitidas:

En este punto se detalla los antecedentes de anteriores recomendaciones del equipo, y si la condición se repite se debe reincidir en que se ejecute su reparación.

3. Resultados de la Inspección.

En el siguiente punto se detallan las condiciones detectadas en la inspección que no cumplan con las normas de referencias en mención citadas en el numeral 1.

4. Recomendaciones.

Se recomienda las reparaciones y actividades que se deben efectuar para restablecer el equipo a su condición básica y pueda continuar en servicio.

Firma del que emite la recomendación de Inspección

Anexos:

- Reporte Fotográfico
- Reporte de Medición de espesores por Ultrasonido (UT)
- Ejecución de algún ensayo destructivo o no destructivo efectuada

II.4 Cuestionario Encuesta de Opinión: Esta encuesta está dirigida al Personal Inspector de Ingeniería de Mantenimiento de la empresa petrolera en estudio, respecto a las condiciones inseguras evidenciadas en los recipientes a presión de GLP, para la recolección de información de la variable 2 : Seguridad Operativa.

Nombre y Apellidos:

Años de Experiencia en la Empresa:

Fecha de Encuesta:

1. ¿Cuáles el Tipo de Mecanismo de daño que observa frecuentemente en los recipientes a presión de GLP?

A) Corrosión Atmosférica. B) Erosión. E) Fatiga Mecánica.

2. ¿Cómo se encuentra externamente el recubrimiento anticorrosivo del casco de los recipientes de GLP?

A) Buenas Condiciones B) Malas Condiciones

3 ¿Usted observa que al transitar por las plataformas y escaleras son seguras?

A) Si B) No

4 ¿Durante sus labores de inspección a observado que las escaleras y Plataformas de los recipientes a presión presentan corrosión atmosférica?

A) Si B) No

5 ¿Cuándo inspecciona las válvulas de seguridad de los recipientes a presión se encuentran dentro de su frecuencia de calibración vigente?

A) Si B) No

6. ¿Durante la inspección de las válvulas de seguridad de los recipientes a presión, que es lo que evidencia mayormente en su zona externa?

A) Corrosión Atmosférica. B) Residuos Sólidos C) Buen estado.

7 ¿Alguna vez usted estado presente en alguna fuga de gas de los recipientes de GLP?

- A) Si B) No

8 ¿Durante sus labores de inspección a detectado algún olor de gas en el ambiente?

- A) Si B) No

9 ¿Durante sus labores de Inspección en los recipientes a presión o tuberías cual es el Rate de corrosión Promedio detectado?

- A) 1-2 MPY B) 3-4 MPY C) 5 MPY a más.

10 ¿Conoce la norma Internacional API 510?

- A) Si B) No

11. ¿Usted Conoce los lineamientos técnicos que brinda el D.S 052-93 EM, referente a los recipientes que almacena GLP?

- A) Si B) No

12 ¿Usted conoce la matriz IPER de la Jefatura de dónde pertenece?

- A) Si B) No

13 ¿Usted observa seguro el proceso de almacenamiento y refino cuando realiza sus actividades de inspección?

- a) Si B) No

II.5 Cuestionario Encuesta de Opinión: Esta encuesta está dirigida al Personal Operador de Jefatura Facilidades y Planta de Ventas Talara de la empresa petrolera en estudio, respecto a las condiciones inseguras evidenciadas en los recipientes a presión de GLP, para la recolección de información de la variable 2 : Seguridad Operativa.

Nombre y Apellidos:

Años de Experiencia en la Empresa:

Fecha de Encuesta:

1. ¿Usted observa frecuentemente que los elementos del recipiente de GLP presentan corrosión?
A) Si B) No

2. ¿Sus indicadores de Nivel del Recipiente se Encuentran en Buenas condiciones?
A) Si B) No

3. ¿Usted observa que al transitar por las plataformas y escaleras son seguras?
A) Si B) No

4. ¿Sus válvulas de procesos se encuentran fácil de maniobrar?
A) Si B) No

5. ¿Durante las labores de operación las válvulas de seguridad de los recipientes a presión, que es lo que evidencia mayormente en su zona externa?
A) Corrosión Atmosférica. B) Residuos Sólidos C) Buen estado. D) Fuga de Gas.

6. ¿Alguna vez usted estado presente en alguna fuga de gas de los recipientes de GLP?
A) Si B) No

7. ¿Durante sus labores de operación ha detectado algún olor de gas en el ambiente?
A) Si B) No

8. ¿Usted cuenta con sus Implementos de Seguridad Adecuados para su trabajo?
- A) Si B) No
9. ¿Usted conoce la matriz IPER de la Jefatura de dónde pertenece?
- A) Si B) No
10. ¿Usted observa seguro el proceso de almacenamiento y refinado cuando realiza sus actividades de inspección?
- A) Si B) No
11. ¿Sus alarmas de seguridad y bloqueo se encuentran operativas?
- A) Si. B) No.
12. ¿Cuál fue la última fecha que probaron su sistema contraincendios del recipiente a presión?
- A) 1-6 meses B) 7 meses a 1 año C) 1 año a mas

II.6 Entrevista: Esta entrevista técnica está dirigida al **Coordinador de Integridad mecánica**, de la **Jefatura de Ingeniería de Mantenimiento** de la empresa petrolera en estudio, para la recolección de información de la variable 2: **Seguridad Operativa**.

Nombre del Entrevistado:	
Años de Experiencia en el Puesto:	
Fecha de Entrevista:	

- 1 ¿Usted se encuentra de acuerdo con el desempeño del sistema de almacenamiento de GLP?
- 2 ¿Cuáles su percepción referente a la integridad mecánica de los recipientes de almacenamiento de GLP?
- 3 ¿Los recipientes a presión cuentan con planes de inspección oportunos?
- 4 ¿Qué tipo de inspecciones frecuentemente emplean en los recipientes a presión de GLP? ¿Inspecciones en Línea o Inspecciones Internas?
- 5 Si cuenta con planes de inspección ¿se realizan según las frecuencias establecida por la norma API 510?
- 6 ¿Cuenta con un control de anomalías detectados en los recipientes a presión?
- 7 ¿Qué tan crítico es el sistema de almacenamiento de GLP para la empresa?
- 8 ¿Usted observa que los sistemas de almacenamiento de GLP son seguros?
- 9 ¿Para usted considera que una fuga de GLP causaría un gran impacto al medio ambiente?
- 10 ¿Se cuenta con los equipos idóneos para efectuar una adecuada inspección los recipientes a presión?
- 11 ¿Se requiere mano de obra calificada para efectuar las inspecciones periódicas a los recipientes a presión de GLP?
- 12 ¿Su personal actualmente se encuentra entrenado para efectuar labores de inspección en los recipientes de GLP?
- 13 ¿Usted considera que efectuar un plan de inspección basado en la norma API 510 tiene un costo elevado

II.7 Guía de Observación: Formato de Check List de Condiciones Subestándar, para la recolección de información de la variable 2: Seguridad Operativa.

Componente	Descripción	Si	No	No Aplica	Observación
EPPS	¿Sus Implementos de seguridad se encuentran en buen estado?				
Orden y Limpieza	¿Posterior a las reparaciones en su equipo efectuaron trabajos de orden y Limpieza				
Charla de seguridad	¿Sus supervisores y lideres participan en las charlas de seguridad?				
	¿Usted ha participado en las charlas de seguridad?				
	¿Usted ha brindado alguna charla de seguridad a sus compañeros en los últimos meses?				
Actos Inseguros	¿Usted ha observado en los últimos meses algún acto inseguro por parte de sus compañeros de trabajo?				
	¿Usted ha observado alguna maniobra de izaje, espacios confinados, excavaciones que se presenten una inseguridad para usted y el proceso de almacenamiento?				
Extintores	¿Los extintores se su área se encuentra con fecha de calibración vigente?				
Sistema eléctrico	¿En su equipo existe algún cable eléctrico que se encuentre pendiente fijar?				
	¿Su sistema de iluminación de su recipiente a presión se encuentra operativo?				

Sistema eléctrico	¿Su tablero eléctrico de su equipo se encuentra hermético y limpio?				
Estado de equipo	¿Las válvulas de su recipiente a presión se pueden operar fácilmente?				
	¿Las bridas de su recipiente a presión presentan corrosión externa ha detectado algún olor de gas?				
	¿Sus medidores de nivel se encuentran operativos?				
	¿Sus tuberías de proceso se encuentran en buen estado, ha detectado algún olor de gas?				
	¿El sistema de emergencia de drenado del recipiente de GLP se encuentra operativo?				
	¿Usted ha detectado algún ruido inusual en su recipiente a presión?				
	¿Las escaleras y plataformas del recipiente a presión se encuentran seguras?				
Puesto de trabajo	¿Su ropa de trabajo se encuentra en buen estado?				
	¿Usted en su puesto de trabajo puede desplazarse libremente?				
Zonas de escape	¿Las zonas de escape se encuentran libres e identificadas?				

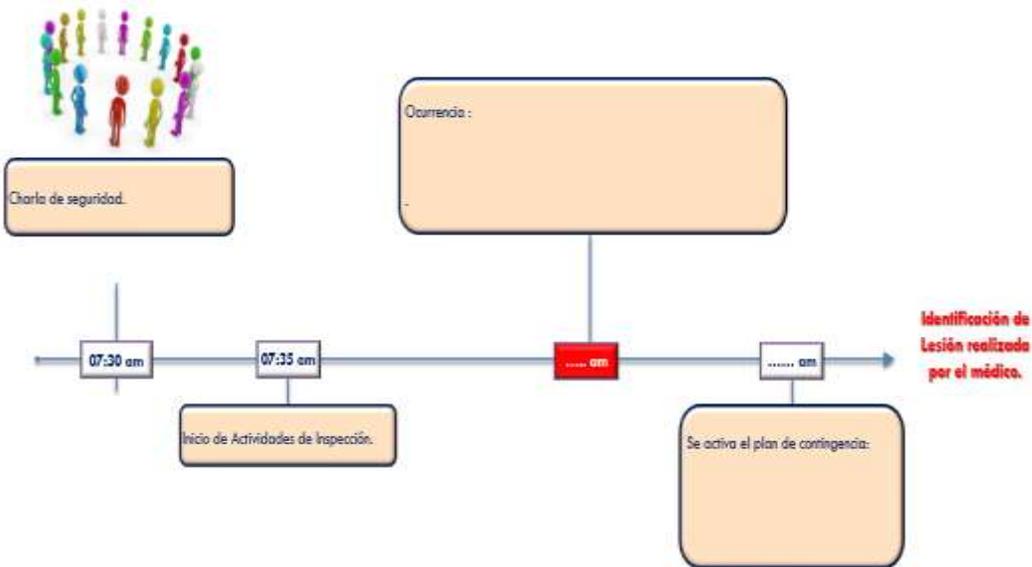
II.8 Guía de Observación, Formato de Análisis de Accidentes, para la recolección de información de la variable 2: Seguridad Operativa.

Nombre del accidentado:	
Puesto:	
Lugar:	
Fecha y hora:	
Turno:	
Experiencia:	

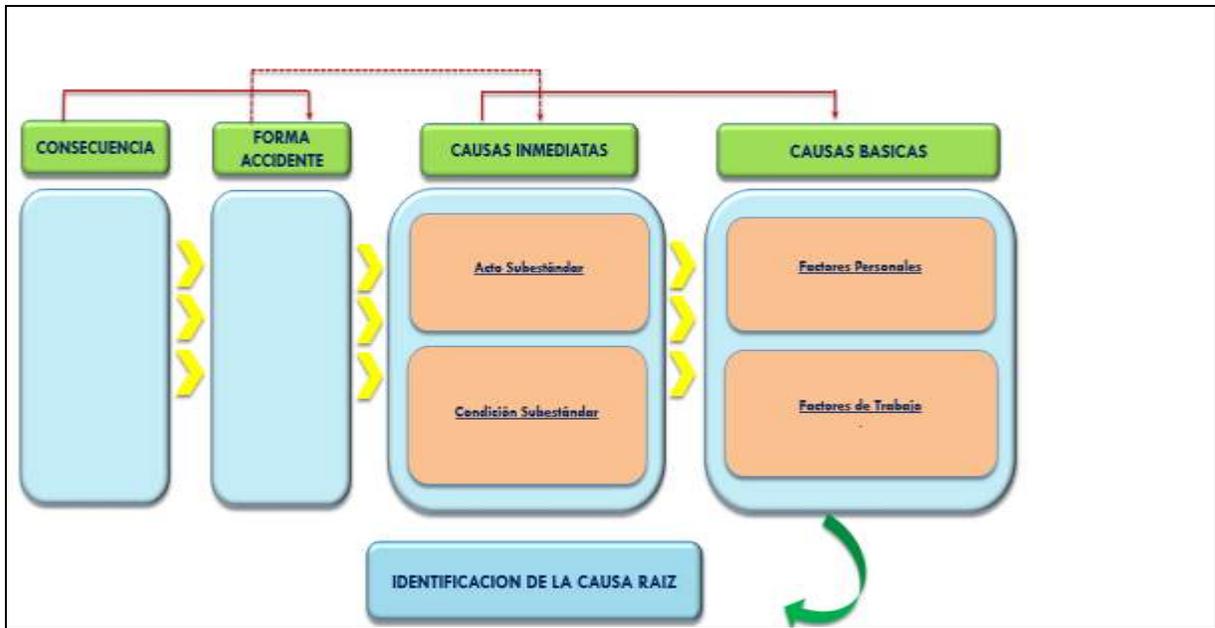
Ocurrencia:

Se describe la actividad que estaba realizando el trabajador minutos antes que ocurra el accidente.

Línea de Tiempo de acciones realizadas ante la ocurrencia:



Análisis Causa Raíz del Accidente:



Plan de Acción:

Medidas a Adoptar	Responsable	Fecha prevista de realización

Lecciones Aprendidas:

-
-

II.9 Base de datos.

Los resultados obtenidos mediante el empleo de las guías de observación de la presente investigación se encuentran adjunto en el enlace:

<https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1XilnfyXAJDIG895Y3FLrWACEGq84cs6l>

III. Validación de recolección de instrumentos de recolección de datos.

III.1 Validación por juicios de expertos.

INFORME DE JUICIO DE EXPERTOS SOBRE EL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

DATOS GENERALES

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO : Fahsbender Cespedes, Severin Augusto.
INSTITUCION UNIVERSITARIA : Universidad Cesar Vallejo.
CARGO QUE DESMPEÑA : Docente de Universidad Cesar Vallejo.

ASPECTOS DE EVALUACION

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENO (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado, es decir libre de ambigüedades.				X	
OBJETIVIDAD	Los ítems tienen coherencia con la variable en todas sus dimensiones e indicadores, tanto en su aspecto conceptual y operacional.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento evidencia vigencia acorde con el conocimiento científico tecnológico y legal inherente a la gestión universitaria.				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento traducen organicidad lógica en concordancia con la definición conceptual y operacional de las variables en todas sus dimensiones e indicadores, manera que permite agilizar la capacidad intelectual del participante.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento expresan suficiencia en calidad y cantidad.				X	
INTECIONALIDAD	Los ítems del instrumento evidencian ser adecuados para medir la capacidad intelectual de los participantes.				X	
CONSISTENCIA	La información que se obtendrá mediante los ítems permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento presentan similitud en la intencionalidad y coherencia para que los participantes infieran sus conocimientos de acuerdo con la exploración lúdica.				X	
METODOLOGIA	Los procedimientos insertados responden al propósito de la investigación.				X	
SUB TOTAL						
TOTAL						45

III OPINION DE APLICABILIDAD: Aceptable (x)

IV PROMEDIO DE VALORACION: 45



Severin Augusto Fahsbender Cespedes
Ing. Industrial CIP: 32559
Mgtr. Ingeniería Ambiental y
Seguridad Industrial A1628768

Piura, 18 de junio del 2023

Firma del experto

FICHA DE VALIDACION DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Guía Normativa Documental de Identificación de mecanismos de daño existentes en los recipientes a presión según norma API 510 Y 571.
Objetivo del instrumento	Es una guía normativa la cual tiene como finalidad identificar conceptualmente los mecanismos de daño que podrían estar sometidos los recipientes a presión de GLP.
Nombres y apellidos del experto	Severin Augusto Fahsbender Cespedes.
Documento de identidad	02644838
Años de experiencia en el área	25 años.
Máximo Grado académico	Mgtr.Ing. Ambiental y Seguridad Industrial.
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Cesar Vallejo
Cargo	Docente de la UCV.
Número telefónico	968 893 401
Firma	 <p>Severin Augusto Fahsbender Cespedes Ing. Industrial CIP. 32559 Mgtr Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial A1928709</p>
Fecha	18.06.2023

INFORME DE JUICIO DE EXPERTOS SOBRE EL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

DATOS GENERALES

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO : RUIDIAS ALAMO, VICTOR GERARDO
 INSTITUCION UNIVERSITARIA : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 CARGO QUE DESMPEÑA : DOCENTE

ASPECTOS DE EVALUACION

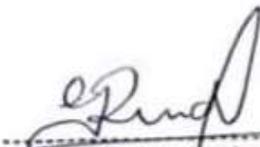
MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENO (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado, es decir libre de ambigüedades.				X	
OBJETIVIDAD	Los ítems tienen coherencia con la variable en todas sus dimensiones e indicadores, tanto en su aspecto conceptual y operacional.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento evidencia vigencia acorde con el conocimiento científico tecnológico y legal inherente a la gestión universitaria.				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento traducen organicidad lógica en concordancia con la definición conceptual y operacional de las variables en todas sus dimensiones e indicadores, manera que permite aglizar la capacidad intelectual del participante.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento expresan suficiencia en calidad y cantidad.				X	
INTECIONALIDAD	Los ítems del instrumento evidencian ser adecuados para medir la capacidad intelectual de los participantes.				X	
CONSISTENCIA	La información que se obtendrá mediante los ítems, permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento presentan similitud en la intencionalidad y coherencia para que los participantes infieran sus conocimientos de acuerdo a la exploración lúdica.				X	
METODOLOGIA	Los procedimientos insertados responden al propósito de la investigación.				X	
SUB TOTAL					3	6
TOTAL		36				

III OPINION DE APLICABILIDAD: APLICABLE(X)

IV PROMEDIO DE VALORACION: 36

Piura, 19 de junio del 2023


 Mr. Victor Gerardo Ruidias Alamo
 INGENIERO INDUSTRIAL
 Registro CIP 93298

Firma del experto

**FICHA DE VALIDACION DE JUICIO DE
EXPERTO**

Nombre del instrumento	Guía Normativa Documental de Identificación de mecanismos de daño existentes en los recipientes a presión según norma API 510 Y 571.
Objetivo del instrumento	Es una guía normativa la cual tiene como finalidad identificar conceptualmente los mecanismos de daño que podrían estar sometidos los recipientes a presión de GLP.
Nombres y apellidos del experto	RUIDIAS ALAMO, VICTOR GERARDO
Documento de identidad	02606042
Años de experiencia en el área	15
Máximo Grado académico	MAGISTER
Nacionalidad	PERUANA
Institución	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Cargo	DOCENTE
Número telefónico	978167693
Firma	 <p>M. Victor Gerardo Ruidias Alamo INGENIERO INDUSTRIAL Registro CIP 93248</p>
Fecha	19/06/2023

INFORME DE JUICIO DE EXPERTOS SOBRE EL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

DATOS GENERALES

APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO : Sosa Panta Gerardo
 INSTITUCION UNIVERSITARIA : Universidad César Vallejo
 CARGO QUE DESEMPEÑA : Docente

ASPECTOS DE EVALUACION

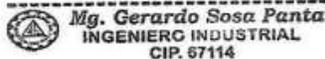
MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENO (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado, es decir libre de ambigüedades.				X	
OBJETIVIDAD	Los ítems tienen coherencia con la variable en todas sus dimensiones e indicadores, tanto en su aspecto conceptual y operacional.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento evidencia vigencia acorde con el conocimiento científico tecnológico y legal inherente a la gestión universitaria.				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento traducen organicidad lógica en concordancia con la definición conceptual y operacional de las variables en todas sus dimensiones e indicadores, manera que permite agilizar la capacidad intelectual del participante.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento expresan suficiencia en calidad y cantidad.				X	
INTECCIONALIDAD	Los ítems del instrumento evidencian ser adecuados para medir la capacidad intelectual de los participantes.				X	
CONSISTENCIA	La información que se obtendrá mediante los ítems, permitirá analizar, describir y explicar la realidad motivo de investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento presentan similitud en la intencionalidad y coherencia para que los participantes inferan sus conocimientos de acuerdo a la exploración lúdica.				X	
METODOLOGIA	Los procedimientos insertados responden al propósito de la investigación.				X	
SUB TOTAL						
TOTAL						45

III OPINION DE APLICABILIDAD: Aceptable (x)

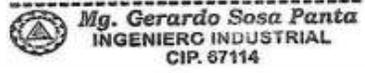
IV PROMEDIO DE VALORACION: 45

Piura, 18 de junio del 2023

Firma del experto

**FICHA DE VALIDACION DE JUICIO DE
EXPERTO**

Nombre del instrumento	Guía Normativa Documental de Identificación de mecanismos de daño existentes en los recipientes a presión según norma API 510 Y 571.
Objetivo del instrumento	Es una guía normativa la cual tiene como finalidad identificar conceptualmente los mecanismos de daño que podrían estar sometidos los recipientes a presión de GLP.
Nombres y apellidos del experto	Gerardo Sosa Panta
Documento de identidad	03591940
Años de experiencia en el área	25
Máximo Grado académico	Magister
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad César Vallejo
Cargo	Docente
Número telefónico	969666758
Firma	 
Fecha	18-06-2023

Los resultados de la validación por el juicio de expertos de la investigación se encuentran adjunto en el enlace:

https://drive.google.com/drive/u/0/folders/16bxn0OCXOJTK_uayacK7YcGcN-UzN7cc

III.2. Prueba de Kuder-Richardson.

Validación Cuestionario Encuesta dirigido al Personal Inspector.

N°	ITEM 1	ITEM 2	ITEM 3	ITEM 4	ITEM 5	ITEM 6	ITEM 7	ITEM 8	ITEM 9	ITEM 10	ITEM 11	ITEM 12	ITEM 13
1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1
2	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
3	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
4	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
5	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
6	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
8	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
9	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
10	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
P	1	0	0.1	1	0.3	1	0.8	1	0.1	0.4	0.2	1	0.4
1-P	0	1	0.9	0	0.7	0	0.2	0	0.9	0.6	0.8	0	0.6
Pq	0	0	0.09	0	0.21	0	0.16	0	0.09	0.24	0.16	0	0.24

Formula 20 de Kuder-Richardson

$$KR20 = \frac{n}{n-1} * \left[\frac{Vt - \Sigma pq}{Vt} \right]$$

n = número de ítems que contiene el instrumento

Vt = Varianza total de la Prueba.

Σpq = sumatoria de la varianza individual de los ítems.

Datos:

n= 13

Vt= 3.34

Σpq = 1.19

Resultados.

$$KR20 = \frac{13}{13 - 1} * \left[\frac{3.34 - 1.19}{3.34} \right]$$

$$KR20 = 0.697$$

Validación cuestionario encuesta dirigido al personal operador.

N°	ITEM 1	ITEM 2	ITEM 3	ITEM 4	ITEM 5	ITEM 6	ITEM 7	ITEM 8	ITEM 9	ITEM 10	ITEM 11	ITEM 12
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
P	0.6	0.7	0.7	0.6	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	1	0.6	0.8
1-P	0.4	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0	0.4	0.2
Pq	0.24	0.21	0.21	0.24	0.24	0.24	0.25	0.24	0.24	0	0.24	0.16

Formula 20 de Kuder-Richardson

$$KR20 = \frac{n}{n-1} * \left[\frac{Vt - \Sigma pq}{Vt} \right]$$

n= número de ítems que contiene el instrumento

Vt= Varianza total de la Prueba.

Σpq = sumatoria de la varianza individual de los ítems.

Datos:

n= 12

Vt= 23.611

Σpq = 2.51

Resultados.

$$KR20 = \frac{12}{12-1} * \left[\frac{23.611 - 2.51}{23.611} \right]$$

$$KR20 = 0.974$$

IV. Constancia de la empresa.

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo, Gaspar Diaz Tello, identificado con DNI: 03828403 en mi calidad de Gerente Corporativo Refinería Talara de la empresa PETRÓLEOS DEL PERU S.A con RUC N°20100128218, ubicada en la ciudad de Talara.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor Juan Arturo Silva Llamosas identificado con DNI N° 48526272 de la carrera profesional de Ingeniería Industrial para que utilice información de la empresa referente a los datos técnicos de los recipientes a presión de GLP NL°609, NL°604, NL°603 y NL° 602, ubicados en refinería Talara. Con la finalidad de que pueda desarrollar su informe estadístico, trabajo de investigación, y Tesis para optar el título Profesional.

(x) Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

(x) Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o

() Mencionar el nombre de la empresa.

Indique si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.



Firma y sello del Representante Legal

DNI:

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

Firma del Estudiante

DNI: 46526272

V. Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP.

Presentación.....	2
Objetivos	2
Objetivos generales.....	2
Objetivos específicos.....	2
Alcance.....	2
Seguridad.....	2
Normas de referencia.....	3
Recursos.....	3
Equipos de protección personal.....	3
Equipos y herramientas.....	4
Desarrollo de la propuesta.....	4
Propuesta de Inspección y reparación del recubrimiento anticorrosivo.....	4
Propuesta de mejora en procedimientos de inspección.....	9
Propuesta de mejora en procedimientos de reparación.....	25
Costo de la propuesta.....	32
Cronograma de la propuesta.....	33

Anexo V.	Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP. <i>Página 2/33</i>	
----------	--	---

1. Presentación.

Presentamos nuestra propuesta para el diseño de un plan de inspección y reparación de recipientes a presión de gas licuado de petróleo (GLP). Con el objetivo de asegurar la seguridad operativa del activo, en cumplimiento de la norma internacional API 510 y nacional D.S 052-93 EM, hemos desarrollado un enfoque completo y personalizado. Este plan abarca una inspección detallada, evaluación del recubrimiento anticorrosivo, y procedimientos exhaustivos de inspección y reparación, todos diseñados para cumplir con los estándares más exigentes de la industria.

2. Objetivos.

Objetivos generales.

Garantizar la seguridad operativa de los recipientes a presión de GLP en la cual se determina su condición física, el tipo de deterioro, rate de corrosión y las causas de deterioro, con la finalidad de programar los trabajos de reparación.

Objetivos específicos.

- Prevenir la formación de corrosión atmosférica en los recipientes a presión de GLP de tipo esféricos.
- Realizar procedimientos de inspección bajo norma en los recipientes a presión de GLP.
- Realizar procedimientos de reparación en los recipientes a presión de GLP.

3. Alcance.

La presente propuesta de ingeniería cubre los lineamientos para el desarrollo de las labores de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP tipo esféricos en una empresa petrolera.

4. Seguridad.

Para realizar las actividades de inspección y reparación de los recipientes a presión se deberá efectu ar permisos de trabajo según la actividad que va a realizar conforme a lo dispuesto en el D.S 052-93 EM artículo 47 “Ningún trabajo de

Anexo V.	<p align="center">Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP.</p> <p align="center"><i>Página 3/33.</i></p>	
----------	--	---

reparación o construcción será realizado dentro de un área peligrosa sin el correspondiente permiso escrito de la persona competente”. Por lo cual es importante que antes de iniciar con las labores de inspección y mantenimiento se gestionen los permisos según el tipo de trabajo:

- Trabajos en caliente
- Trabajos en recipientes cerrados o drenajes
- Uso de luces
- Excavaciones
- Trabajos en equipos eléctricos
- Trabajo en líneas.

5. Normas de referencia.

- D.S 052-93 EM, Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.
- API 510, Código de inspección de recipientes a presión inspección clasificación, reparación y alteración en servicio.
- API 572, Practicas de inspección de recipientes a presión.
- API 571, Mecanismos de daño que afectan a los equipos de la industria de refinación.
- ASME PCC1, Guía para límite de presión de una junta ensamblada atornillada.
- API 598, Inspección y prueba de válvulas.
- NFPA 58, Código de gas licuado de petróleo.
- NFPA 13, Norma para la instalación de sistemas de rociadores.
- ASTM D 667, Método de prueba estándar para evaluar la adherencia con cuchillo.

6. Recursos.

6.1. Equipo de protección personal.

Casco, lentes de seguridad, botas, ropa de trabajo ignifuga, tapones auditivos, detector de H₂S, guantes anticorte y accesorios de protección para soldador (careta, mandil de cuero, guantes de cuero, escaarpines, cubre nuca).

6.2. Equipos y herramientas.

- Medidor de ultrasonido (UT).
- Medidor de pits de corrosión.
- Cuchilla cartonera.
- Máquina de soldar.
- Equipo esmeril.
- Wincha.
- Manómetro de 0@ 200 psi.

7. Desarrollo de la propuesta de mejora.

7.1. Propuesta de Inspección y reparación del recubrimiento anticorrosivo.

Con el fin de prevenir la formación de corrosión atmosférica en los recipientes a presión de GLP de tipo esféricos se propone implementar las siguientes labores de inspección y reparación en el recubrimiento anticorrosivo:

Frecuencias de inspección en recubrimientos anticorrosivos:

Las inspecciones del recubrimiento anticorrosivo del casco y componentes de los recipientes a presión de GLP deben ser conforme a lo establecido por la norma ASTM D6677 como se muestra en la tabla 1.

Tabla1.- Frecuencias de inspección del recubrimiento anticorrosivo.

Código de inspección	Tipo de inspección	Regla intervalo de inspección
ASTM D 6677: Evaluación de adherencia del recubrimiento anticorrosivo.	Externa	-El menor de: 1 año o por el intervalo establecido por el inspector.

Inspección del recubrimiento anticorrosivo del recipiente a presión mediante método según la norma ASTM D 6677.

Este método de prueba se utiliza para establecer si los sistemas de la adhesión de un revestimiento a un sustrato o de otra capa (en varias capas de pintura) está

a un nivel en general suficiente.

La adhesión se determina mediante un corte en "X" en la película del recubrimiento hasta el sustrato y mediante el levantamiento de la capa con una cuchilla. La adhesión es evaluada de manera cualitativa en una escala de 0 a 10.

Procedimiento de ejecución de evaluación del recubrimiento:

- Seleccionar un área libre de manchas y de imperfecciones superficiales.
- Usando una cuchilla afilada y guía de corte, hacer dos cortes en el recubrimiento con un ángulo de 30 a 45 ° hasta el sustrato que se crucen formando una "X". Hacer que cada corte tenga una longitud mínima de 38,1 mm (1 1 / 2 pulgadas). No considere el recubrimiento removido durante el proceso de corte.
- Empleando la punta de la cuchilla, comience en el vértice del ángulo, intentando levantar el recubrimiento del sustrato o de la capa de abajo.
- Evaluar la zona que tiene desprendimiento mediante el cuadro 2:

Tabla 2. Cuadro de evaluación de adherencia según norma ASTM D6677.

Grado	Descripción.
10	La pintura es extremadamente difícil de desprender del sustrato. Donde los fragmentos son no más de 1/32" x 1/32" y retirados con gran dificultad.
8	La pintura es difícil de retirar. Los pedazos de pintura van desde 1/16"x1/16" hasta 1/8" x 1/8" removidos con dificultad.
6	La pintura se remueve con algo de dificultad. Los pedazos de pintura van desde 1/8" x 1/8" hasta 1/4"x 1/4" removidos con leve dificultad.
4	La pintura se remueve con algo de dificultad. Los pedazos de pintura mayormente van desde 1/4"x 1/4" removidos con ligera presión de la hoja del cuchillo.
2	La pintura es fácil de remover. Iniciando con cuchillo, la pintura se puede agarrar con los dedos y desprender fácilmente a una longitud de por lo menos 1/4".
0	La pintura es fácil de remover. Iniciando con el cuchillo, la pintura se puede agarrar con los dedos y desprender fácilmente a una longitud mayor de 1/4".

El criterio de aceptación ante la evaluación de la adherencia del recubrimiento anticorrosivo para estructuras que cuenta con un tiempo mayor a 1 año debe tener un grado de adherencia de 6 y para recubrimientos aplicados menores a un

año deberá tener un grado de adherencia no menor que 10.

Proceso de reparación del recubrimiento anticorrosivo del casco y tuberías del recipiente a presión de GLP.

Preparación de superficie.

La preparación de superficie consiste en la remoción de óxido, escamas de laminación y pintura existente hasta lograr el grado de limpieza exigida por cada estándar. El método de la preparación de la superficie a aplicar estará en función a la superficie específica a recubrir.

Tabla 3. *Tipos de limpieza abrasiva según tipo de elemento.*

Tipo de elemento	Mantenimiento general. Limpieza abrasiva.	Mantenimiento puntual. Limpieza con herramientas manuales y/o mecánicas.
Elementos de acero al carbono.	SSPC-SP 5	SSPC-SP11, SSPC-2
Elementos galvanizados /zinc	SSPC-SP16	SSPC-SP1 y/o SSPC-SP2
Elementos de inoxidable.	SSPC-SP16	SSPC-SP1 y/o SSPC-SP2

La preparación de la superficie abarca toda la parte desnuda del sustrato más 75mm de la superficie adyacente, esta última será de acuerdo con el SSPC-SP2 (lija 100). El perfil de anclaje en general deberá estar en el rango de 1.5 a 3.0 mils (38-76 micras) de rugosidad medidos según norma ASTM D4417 método B (perfilómetro) ASTM D 4417 método C (Cintas de réplica), para los casos que se llegue al sustrato. La preparación de la superficie abarca toda la parte desnuda del sustrato más 75mm sobre la superficie revestida adyacente, esta última parte sólo será de acuerdo con el SSPC-SP-2 (lija).

Consideraciones durante la aplicación de recubrimiento.

Se deben seguir estrictamente las recomendaciones incluidas en la presente guía y las especificaciones del fabricante de pintura durante la puesta en ejecución de

cualquiera de los sistemas de pintado cubiertos por este documento.

Se debe consultar las instrucciones del fabricante en cada caso, para examinar la posibilidad de requisitos especiales respecto a temperaturas y humedad para la aplicación del producto. Se considera que una superficie está preparada para recibir la siguiente capa de pintura, cuando la aplicación de ésta se efectúa sin que aparezcan defectos en la capa de pintura en aplicación, tales como levantamiento o pérdida de adherencia de la capa anterior.

Se debe tomar en cuenta el tiempo mínimo de secado y máximo de curado, que indique el fabricante de la pintura para proceder a aplicar la capa siguiente. No se debe aplicar las siguientes capas de pintado, mientras las primeras no se hayan secado adecuadamente. El secado de la pintura no se forzará hasta el punto en que puedan producirse grietas, arrugas, ampollas, poros o un mal aspecto de acabado. Las superficies recién pintadas deben protegerse al máximo posible de la lluvia, contaminación ambiental, nieve o heladas hasta que se haya secado completamente.

En caso de que alguna de estas superficies no esté seca todavía y sea expuesta a estas condiciones ambientales y como consecuencia de ello resulte dañada, se debe remover la pintura después del secado y las superficies serán repintadas. Las sucesivas capas de pintura, a ser posible, deben ser de tonos o colores distintos, para poder distinguir zonas sin pintar.

Tabla 4. *Condiciones ambientales que se debe de tener para aplicar el recubrimiento anticorrosivo.*

Superficie del sustrato.	Seca.
Temperatura de ambiente.	Según lo especificado por el fabricante.
Temperatura de sustrato.	3 C° superior del punto de rocío.
Humedad.	<= 85 % o lo especificado por el fabricante.

No debe aplicarse recubrimiento si se considera que antes de que llegue a secarse la temperatura ambiental descenderá debajo de 0°C o la humedad

relativa será tal que se formará condensación sobre la pintura. Para lograr el curado y secado adecuado del recubrimiento, es importante una adecuada ventilación en la zona de pintado; en el caso de ambientes cerrados podrían contemplarse el uso de ventiladores y extractores industriales.

El personal encargado de la realización el trabajo de mezcla la pintura será ejecutada por personal calificado, en el área de trabajo e inmediatamente antes de utilizarla. El recubrimiento (aplicación de pintura) será realizado empleando pintores calificados para realizar el trabajo.

Se deberá realizar prueba de medición de cloruros antes de aplicar el recubrimiento anticorrosivo el cual no deberá tener valores mayores a 3 ppm y la prueba de realizar mediante método de **CHLOR TEST**. Se deberá realizar dicha prueba cada 200 m².

Tabla 5. *Sistema de recubrimiento anticorrosivo a instalar en materiales de acero al carbono.*

Capas	Tipo de pintura.	Sistema de pintura.	Espesor de película seca.	
			Min.	Max
1era.	Epóxico poliamida amina de altos sólidos (>65% sólidos en volumen)	Similar a macropoxy 646.	4 mils	5 mils
2da.	Epóxico poliamida amina de altos sólidos (>65% sólidos en volumen)	Similar a macropoxy 646.	4 mils	5 mils
3era.	Poliuretano acrílico alifático (> 66% solidos)	Similar a sumatame HS	2 mils	3 mils

Tabla 6. *Sistema de recubrimiento anticorrosivo a instalar en materiales de acero galvanizados*

Capas	Tipo de pintura.	Sistema de pintura.	Espesor de película seca.	
			Min.	Max
1era.	Epóxico.	Similar a jet pox 2000 NL.	4 mils	6 mils
2da.	Epóxido acabado.	Similar a jet pox 2000 1750	2 mils	3 mils

Tabla 7. Sistema de recubrimiento anticorrosivo a instalar en materiales de acero inoxidable.

Capas	Tipo de pintura.	Sistema de pintura.	Espesor de película seca.	
			Min.	Max
1era.	Jet Inox.	Similar a jet inox	1.5 mils	2 mils

7.2. Propuesta de mejora en procedimientos de inspección normados en los recipientes a presión de GLP.

Teniendo como objetivo la elaboración de la propuesta de un plan de inspección normado en los recipientes a presión se propuso lo siguiente:

7.2.1. Frecuencias de inspección.

Salvo que lo justifique mediante evaluación RBI de acuerdo con el API 580, el período entre inspecciones internas o en servicio (externa), será el siguiente:

Tabla8.- Frecuencias de inspección en recipientes a presión de GLP.

Código de inspección	Tipo de inspección	Regla intervalo de inspección
API 510: Recipientes a presión.	Externa	- El menor de: 5 años o el intervalo de inspección establecido por el inspector.
	Interna	-El menor de: 10 años o la mitad de la vida remanente. - Si la vida remanente es < a 4 años, toda la vida remanente hasta un máximo de dos años.

7.2.2. Facilidades de inspección.

Inspección interna y de adecuación.

- Instalar platos ciegos a todas las líneas de entrada y salida de gas, según indicación del operativo. Retirarlos al término del trabajo.
- Abrir los Manholes, parte superior e inferior.
- Retirar todas las válvulas del bloqueo y enviarlas al taller de Calderería para su limpieza, mantenimiento y pruebas. Volverlas a instalar.
- Efectuar limpieza mecánica mediante hydrojetting (agua a presión) todos los

Anexo V.	Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP. <i>Página 10/33.</i>	 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
-----------------	--	--

elementos internos, como son los cordones de soldadura y superficie de la plancha, a fin de brindar las facilidades de inspección.

- Iluminación interna.
- Instalación de corriente con transformador de 220v para uso de guías de luz; esmeril, etc.
- Instalación de andamios en la zona interna y externa.

Prueba de rociadores del sistema contra incendio.

- Instalación de andamios en el rociador más alejado del sistema contra incendio del recipiente.
- De encontrarse rociadores obstruidos se debe prever instalación de andamios en los toroides del sistema.

7.2.3. Inspección de casco.

Inspección externa.

En la inspección externa del casco de los recipientes a presión de GLP se verifica que no existan pits de corrosión (pérdidas materiales) de encontrar pits de corrosión deberá ser cuantifica su profundidad de la perdida de material y evaluar que se cumpla con el espesor mínimo permitido por API 510, en la cual para los recipientes a presión de GLP tipo esféricos de estudio cuenta con espesor mínimo de 1.545", en la cual la perdida cuantificada no deberá superar dicho espesor, con el fin de asegurar la operatividad del mismo. El cual la inspección del casco deberá hacerse en una frecuencia no mayor a 5 años.

Inspección interna.

La siguiente es la metodología aplicada para establecer los criterios de aceptación y rechazo de áreas corroídas localizadas y zonas con picaduras de ser encontradas, bajo las consideraciones de API 510: 8.2.1 Áreas Corroídas Localizadas: cumplir con los requerimientos de API 510 numeral 7.4.2. y/o aplicar los conceptos de API 579 Fitness for Service (Parte 4, 5). 8.2.2

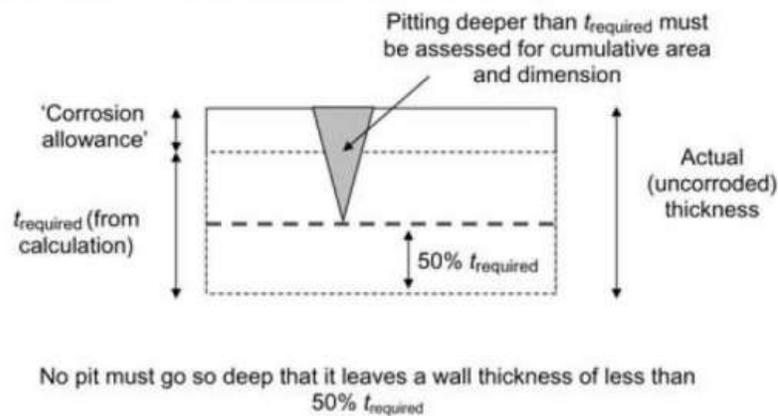
Anexo V.	<p align="center">Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP.</p> <p align="center"><i>Página 11/33.</i></p>	
----------	---	--

Picaduras: cumplir con los requerimientos de API 510 numeral 7.4.3. y/o aplicar los conceptos de API 579 Fitness for Service (Parte 6).

Durante la presente inspección, las picaduras ampliamente dispersas pueden ser ignoradas si las siguientes condiciones se cumplen, conforme con API 510 (7.4.3):

- a) El espesor remanente bajo la picadura es mayor de la mitad del espesor requerido.
- b) El área total de las picaduras con una profundidad mayor de la tolerancia por corrosión (CA) no excede 7 in² (45 cm²) dentro de un círculo de 8 in (20 cm) de diámetro.
- c) La suma de las dimensiones de las picaduras con una profundidad mayor de la tolerancia por corrosión (CA) a lo largo de cualquier línea recta de 8 in, no excede 2 in (5 cm).

Figura 1.- *Criterios de evaluación del espesor de casco del recipiente a presión de GLP.*



Para estimar la vida remanente de un recipiente a presión se realizan medición de espesores los cuales pueden ser efectuados mediante ultrasonido, es importante poder evaluar dicha condición considerando los criterios establecidos por la norma API 510.

Anexo V.	<p align="center">Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP.</p> <p align="center"><i>Página 12/33.</i></p>	
----------	---	---

Rate de corrosión: Es la velocidad con la que ocurre la pérdida de material en el casco.

$$Velocidad\ de\ corrosión\ (LT) = \frac{t_{inicial} - t_{actual}}{tiempo\ entre\ t_{inicial}\ y\ t_{actual}\ (años)}$$

T inicial: espesor de plancha el cual fue construido el recipiente.

T actual: espesor de plancha actual el cual fue medido.

Vida remanente: Es la vida de operación el cual tiene el recipiente y está en función del rate de corrosión.

$$Vida\ remanente = \frac{t_{actual} - t_{requerido}}{velocidad\ de\ corrosión}$$

T actual: espesor de plancha actual el cual fue medido.

T requerido: espesor mínimo permitido según diseño del recipiente.

7.2.4. Inspección de juntas bridadas.

Inspección Externa.

Durante la inspección externa se deberá verificar que las juntas bridadas presenten no presenten fuga para la cual mediante liquido jabonoso se verificará su hermeticidad. Se propone realizar dicha actividad con una frecuencia quinquenal.

Inspección Interna.

API 510: 2014 Adenda 2017.

Numeral 5.11.1, las juntas con bridas deben examinarse para detectar signos de fugas, como manchas, depósitos o goteos.

Numeral 5.11.2, las caras de las bridas accesibles deben examinarse para determinar la distorsión y determinar el estado de las superficies de asiento de

la empaquetadura. Las superficies de los asientos de la empaquetadura que están dañadas y pueden dar lugar a una fuga en la junta deben ser reparadas antes de volver a ponerlas en servicio.

Se debe prestar especial atención a las caras de las bridas en los servicios de hidro procesamiento a alta temperatura / alta presión que son propensos a fugas en la junta durante el arranque y en operación.

Si las bridas están excesivamente dobladas o distorsionadas, sus marcas y espesores deben verificarse con los requisitos de ingeniería antes de tomar acción correctiva. Consulte ASME PCC-1, Apéndice D para obtener orientación sobre la evaluación de la cara de la brida.

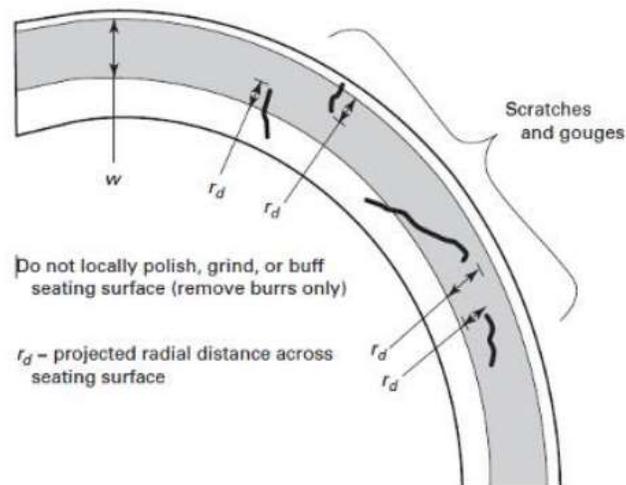
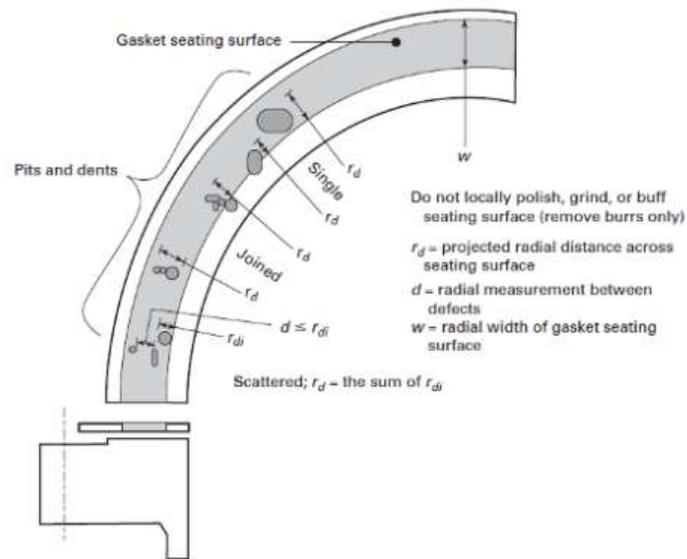
Norma ASME PCC-1: 2013 Apéndice D, Tabla D.2, Tolerancias imperfecciones en caras de bridas.

Las tolerancias que se muestran en la Tabla D-2M / D-2 se separan en dos categorías, dependiendo de la empaquetadura que está siendo empleado en la junta. El cuidado debería ser adoptado para garantizar las tolerancias correctas se emplean para la empaquetadura que se está instalando. Es importante observar que las tolerancias se aplican a la superficie donde se asienta la empaquetadura.

Tabla9.- Profundidad de defecto admisible vs ancho de la cara(resalte) de la brida conforme a la norma ASME PCC-1, D-3.

Medición.	Empaquetadura de cara dura.	Empaquetadura de cara suave.
rd<W/4	<0.76 mm	<1.27 mm
W/4<rd<W/2	<0.76 mm	<1.27 mm
W/2<rd<3W/4	No permitido	<1.27 mm
rd>3W/4	No permitido	No permitido

Figura 2. Evaluación de deterioro de la superficie de la brida, pits y abolladuras /hendiduras según la norma AME PCC1 D-3.



7.2.5. Inspección de columnas y arriostres.

Inspección Externa del recipiente a presión de GLP.

Se deberá verificar mediante hammer impact test que no exista solturas en el concreto ignifugo y a su vez se deberá verificar que no exista fisuras ni perdidas de material, de evidenciarse discontinuidades deberán ser reparadas. Dicha actividad deberá realizarse con una frecuencia quinquenal con el fin de asegurar la operación del activo.

Inspección Interna del recipiente a presión de GLP.

Anexo V.	<p align="center">Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP.</p> <p align="center"><i>Página 15/33.</i></p>	
----------	---	---

De evidenciarse pérdidas de material severo en las columnas se deberá realizar el retiro total de la zona afectada y se deberá realizar el acondicionamiento de superficie del acero en especificación SSPC SP 5 con el fin de evaluar la zona mediante ultrasonido.

En la zona de los arriostres se deberá realizar acondicionamiento de superficie en especificación SSPC SP 5 en las zonas que presentan falla en su recubrimiento anticorrosivo, con el fin de evaluar la zona.

7.2.6. Inspección de válvulas de seguridad.

Inspección Externa del recipiente a presión de GLP.

Durante la inspección externa se deberá verificar que la válvula de seguridad presente fuga o vibraciones para la cual mediante liquido jabonoso se verificará su hermeticidad. Se propone realizar dicha actividad con una frecuencia anual.

Inspección Interna del recipiente a presión de GLP.

Durante las inspecciones internas del recipiente a presión de GLP se deberá solicitar la fuera de servicio de las válvulas de seguridad la cual deberán ser llevadas a una calibración según lo indicado en su TAG de identificación, la presión de calibración no deberá superar el +-3% de su presión de calibración conforme a lo indicado por las normas API.

De no cumplir con la tolerancia deberán ser desmontadas las válvulas y realizar su mantenimiento interno en la cual se deberá verificar sus asientos.

Frecuencia de calibración según API 510.

- 5 años para servicios de proceso típicos como servicios con crudos de alto contenido de azufre o productos pesados.
- 10 años para servicios limpios (no ensuciadores) y no corrosivos como servicios con productos livianos y volátiles.

7.2.7. inspección de válvulas de proceso.

Inspección Externa del recipiente a presión de GLP.

Durante la inspección externa se deberá verificar que la válvula de seguridad

Anexo V.	<p align="center">Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP.</p> <p align="center"><i>Página 16/33.</i></p>	
----------	---	---

presente fuga o vibraciones para la cual mediante liquido jabonoso se verificará su hermeticidad. Se propone realizar dicha actividad con una frecuencia anual.

Inspección Interna del recipiente a presión de GLP.

Las válvulas de proceso deberán ser desmontadas en su totalidad y deberán ser llevadas a talleres en la cual se ejecutará su prueba de hermeticidad conforme a la norma API 598, no debe existir fuga en el lado caja de la válvula, de no cumplir con las tolerancias de hermeticidad por la norma API 598 deberá ser desmontada con el fin que se verifiquen sus elementos internos.

7.2.8. Inspección de sistema puesta a tierra.

La frecuencia de inspección del sistema puesta a tierra en los recipientes a presión será anual, en la cual para la inspección se empleará un telurómetro y el sistema puesto a tierra no deberá tener una resistividad no mayor a 5Ω.

7.2.9. Inspección de sistema contra incendio.

Sistema de rociadores.

Un sistema comúnmente activado por el calor proveniente de un incendio y que descarga agua sobre el área del incendio, que consta de una red integrada de tuberías, diseñado de acuerdo con las normas de ingeniería en protección contra incendios que incluye una fuente de suministro de agua, una válvula de control de agua, una alarma de flujo de agua y un drenaje. La parte del sistema de rociadores situada sobre la superficie del terreno es una red de un tamaño específico o tuberías hidráulicamente diseñadas, instalada en un edificio, estructura o área, generalmente en altura y a la que se fijan los rociadores con un patrón sistemático.

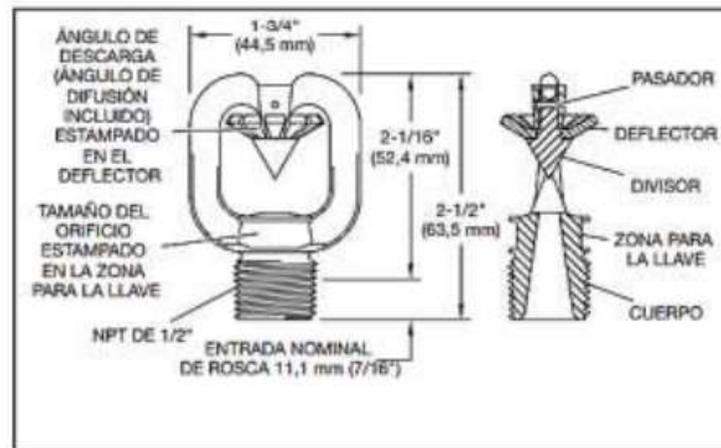
Características de rociadores:

- Sensibilidad Térmica.
- Rango de Temperatura.
- Factor K.
- Orientación de la instalación.

Anexo V.	<p align="center">Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP.</p> <p align="center"><i>Página 17/33.</i></p>	
----------	---	--

- Características de la distribución del agua.
- Condiciones de servicios especiales.

Figura 3. Lista de partes de un rociador del SCI.



Esquema del sistema de enfriamiento referencial de un recipiente a presión de GLP esta, formado por:

- Rociadores o Aspersores.
- Tuberías.
- Manifold.
- Válvulas de compuerta y drenaje.
- Filtro.

Frecuencias de Inspección.

Para realizar las inspecciones del sistema contra incendio de los recipientes a presión se propone las siguientes frecuencias.

Tabla10.- Frecuencias de inspección del sistema contraincendios de los recipientes a presión.

Código de inspección	Tipo de inspección	Regla intervalo de inspección
NFPA 25: Inspección de pruebas de rociadores del SCI.	Pruebas de funcionamiento Limpieza de filtro.	-El menor de: 1 año o por el intervalo establecido por el inspector. -El menor de: 1 año o por el intervalo establecido por el inspector.

Rociadores:

De acuerdo con la norma NFPA 25, Capítulo 5.2.1.1 los rociadores deben inspeccionarse desde el nivel del suelo anualmente en coordinación con el área Contraincendios durante su prueba de operatividad del sistema de enfriamiento del tanque atmosférico.

Los rociadores no deben mostrar señales de filtraciones; deben estar libres de corrosión, materias extrañas, pintura y daño físico; y deben estar instalados en la orientación correcta (ejemplo montante, colgante o en pared lateral).

Cualquier rociador que muestre cualquiera de las siguientes señales debe ser reemplazo:

- Fuga.
- Corrosión que perjudica el desempeño del rociador.
- Daño físico.
- Pérdida de fluido en el elemento sensible al calor de la bombilla de vidrio.
 - Carga que perjudica el desempeño del rociador.
- Pintura diferente a la aplicada por el fabricante del rociador

Tubería y accesorios (válvulas de drenaje, filtros, válvulas de diluvio, entre otros):

Las tuberías y accesorios de rociadores deben inspeccionarse anualmente desde el nivel del piso, en coordinación con el área Contraincendios durante su prueba de operatividad del sistema de enfriamiento del tanque. Las tuberías y accesorios deben estar en buenas condiciones y libres de daños mecánicos,

Anexo V.	Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP. <i>Página 19/33.</i>	
-----------------	--	---

filtraciones y corrosión.

Soportes colgantes y abrazaderas sísmicas:

Las soportes colgantes y abrazaderas sísmicas de tuberías de rociadores deben inspeccionarse anualmente desde el piso, en coordinación con el área Contraincendios durante su prueba de operatividad del sistema de enfriamiento del tanque. Las soportes colgantes y abrazaderas sísmicas no deben estar dañados, sueltos o sin fijación, de encontrarse observaciones deben remplazarse o reajustarse.

Manómetros:

Los manómetros en sistemas de rociadores de tuberías húmeda y de diluvio deben inspeccionarse trimestralmente por el operador mecánico, para garantizar que estén en buen estado y que se mantiene la presión correcta en el suministro de agua. De encontrarse alguna desviación y/o falla, se deberá comunicar al área de Ingeniería de Mantenimiento y Mantenimiento de planta.

Pruebas.

Con una frecuencia de cada 1 año se deben de realizar las pruebas de funcionamiento del SCI para la cual se deberá proveer la instalación de un manómetro en el punto más alejado del sistema para la cual la presión no deberá ser menor que 25 PSI conforme a lo indicado en la norma NFPA 25.

7.2.10. Inspección del sistema de medición de nivel.

Se deberá ir al panel de control del operador y verificar que los dispositivos de control estén óptimos, posterior a ello se deberá verificar el nivel en el panel de control y mediante una cámara termográfica en sitio comprobar que concuerde con la información del panel de control, esta actividad se realizara con una frecuencia Semestral.

Cuando el recipiente salga de servicio para realizar inspección interna se deberá realizar la inspección del tubo de calma mediante videos copia con el fin de que no haya alguna soldadura mecánica interna.

Anexo V.	Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP. <i>Página 20/33.</i>	
-----------------	--	---

7.2.11. Inspección sistema eléctrico.

Se deberá realizar inspección termográfica en los tableros de mando y fuerza de encontrar alguna soldadura se deberá gestionar la fuera de servicio del tablero eléctrico para realizar el reajuste del borde del tablero, posterior a ello se deberá limpiar el tablero con el cual se deberá aplicar limpia contacto, estas actividades se realizarán con una frecuencia semestral.

7.2.12. Definición de actividades de inspección externa e internas.

Tabla 11. Resumen de actividades de inspección externa en los recipientes a presión de GLP.

Componente	fotográfica del Mecanismo de daño.	Actividad	Realizado por:	Frecuencia			
				Trimestral	Semestral	Anual	Quinquenal
Casco		Realizar inspección visual del casco del recipiente de evidenciarse alguna pérdida de material se debe cuantificar y analizar conforme a los lineamientos establecidos por la norma API 510.	Inspector de Integridad mecánica.				x
Válvulas de proceso		Realizar la inspección externa de la válvula mediante la aplicación de líquido jabonoso, para la cual no se permite que exista ninguna fuga, de presentar fuga se debe emitir informe para programar su detención y reemplazar la válvula.	Inspector de Integridad mecánica.			x	
Sistema Contra incendios		Realizar la limpieza interna del filtro del sistema contra incendio, en la zona de ingreso al recipiente de GLP.	Mecánico de mantenimiento			x	
		Realizar prueba de funcionamiento de los rociadores conforme a lo indicado por la norma NFPA 25.	Inspector de Integridad mecánica.			x	
		Realizar la limpieza interna del toroide del SCI mediante flushing.	Mecánico de mantenimiento			x	

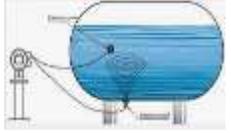
Sistema eléctrico y sistema de medición.		Realizar inspección termográfica de los tableros de control y fuerza.	Inspector Electricista		x		
		Realizar ajuste de bornes y limpieza de los tableros.	Inspector Electricista		x		
		Revisar que los sensores del sistema de medición del recipiente se encuentran operativos y hacer pruebas de alarmas de emergencia.	Inspector Electricista		x		
		Ejecutar la inspección en el cubeto del recipiente y verificar que no exista cables no fijados.	Inspector Electricista		x		
Arriostres y Columnas		Verificar que no existan perdida de material en el cemento ignifugo	Inspector de Integridad Mecánica.				x
		Verificar mediante hammer impact test que no existen soldaduras en el material ignifugo.	Inspector de Integridad Mecánica.				x
		Realizar inspección visual externa del recubrimiento anti corrosivo de los arriostres mediante método de adherencia ASTM D 6677.	Inspector de Integridad Mecánica.				x
Boquillas		Verificar mediante liquido jabonoso que no exista fugas en las juntas bridadas , para la cual se debe aplicar liquido jabonoso en la zona de la empaquetadura .	Inspector de Integridad Mecánica.				x
Válvulas de seguridad		Verificar que no exista corrosión en el cuerpo de la válvula. De existir corrosión deberá ser reparado.	Inspector de Integridad Mecánica.			x	
		Aplicar liquido jabonoso en la cuerpo de la válvula con el fin de detectar alguna fuga.				x	
		Verificar que la válvula no presente vibraciones o aperturas frecuentes				x	
Sistema Puesta a tierra		Realizar la medición de la resistividad del sistema puesta a tierra mediante el uso de telurómetro el cual no deberá tener un valor mayor a 5 ohm.	Inspector Electricista			x	
Escaleras y Plataformas		Verificar que no exista concreto suelto o fisuras en el dado base de las plataformas y escaleras	Inspector de Integridad Mecánica.			x	
		Comprobar que no exista corrosión en las estructura de las escaleras y plataformas. De existir falla en el recubrimiento deberá ser reparado .				x	
		Verificar que no exista algún elemento suelto de la estructura de la escalera o plataforma.				x	

Tabla 12. Resumen de actividades de inspección interna en los recipientes a presión de GLP.

Componente	Fotográfica del Mecanismo de daño.	Actividad	Realizado por:	Frecuencia
				Decenio
Casco		Realizar medición de espesores por ultrasonido del casco por plancha, los criterios de evaluación serán conforme al estándar de ingeniería.	Inspector de Integridad Mecánica.	X
		Realizar acordonamiento de superficie interna del casco , en especificación SSPC SP 10, con el fin de retirar el oxido y poder realizar una inspección detallada.	Mecánico de mantenimiento	X
		Realizar inspección por líquidos penetrantes en el 100% cordones de soldadura del casco del recipiente con el fin de garantizar la integridad de las juntas soldadas, conforme a los lineamientos indicados en el D.S 052-93 EM.	Inspector de Integridad Mecánica.	X
		Realizar acondicionamiento de superficie externa de las zonas que presentan falla en el recubrimiento y evaluarla conforme a lo indicado en el estándar de ingeniería numeral 6.3.2. Posterior a ello aplicar recubrimiento anti corrosivo.	Inspector de Integridad Mecánica.	X
Válvulas de proceso		Realizar el desmontaje total de las válvulas y llevarlas a talleres para su prueba de hermeticidad conforme a lo indicado en la norma API 598.	Inspector de Integridad Mecánica.	X
		Verificar que las válvulas del recipiente sea fabricadas bajo la norma API 607 de no ser así deberá ser reemplazada conforme a lo indicado por la norma NFPA 58.	Inspector de Integridad Mecánica.	X
		De no cumplir con la prueba de hermeticidad conforme a los criterios indicados en la norma API 598 se deberá realizar su mantenimiento y/o reemplazo.	Mecánico de mantenimiento	X
Sistema Contraincendios		Verificar que las tuberías del SCI del recipientes sean galvanizadas, de no ser galvanizadas se deberá reemplazar conforme a lo indicado en la norma NFPA 13.	Mecánico de mantenimiento	X
		Realizar el desmontaje de las válvulas del SCI y verificar que sean O&M de no serlo se deberá reemplazar conforme a lo indicado a la norma NFPA 13.	Inspector de Integridad Mecánica.	X
		Reemplazar los rociadores el cual deberán ser listados y conforme al K original de diseño.	Mecánico de mantenimiento	X
		Desmontar el filtro de ingreso al SCI y reemplazar la canastilla según modelo existente	Mecánico de mantenimiento	X

Arriostres y Columnas		Verificar que no existan pérdida de material en el cemento ignifugo en las columnas.	Inspector de Integridad Mecánica.	X
		Verificar mediante hammer impact test que no existen solturas en el material ignifugo. De presentar daños en el material ignifugo deberá ser reemplazado.	Inspector de Integridad Mecánica.	X
		Realizar el acondicionamiento de superficie total de los arriostres y cartelas, con el fin de evaluar la zonas que presentan pérdida de material por corrosión.	Mecánico de mantenimiento	X
Boquillas		Realizar el acondicionamiento de superficie total de la zona de resalte de las bridas en especificación SSPC SP 3.	Mecánico de mantenimiento	X
		Posterior al acondicionamiento se deberá evaluar la zona mediante la norma PCC1 según el estándar de inspección numeral 6.4	Inspector de Integridad Mecánica.	X
		De encontrarse discontinuidades en la zona de resalte de la brida deberá ser reparada teniendo en cuenta el estándar de ingeniería de inspección numeral 6.4	Mecánico de mantenimiento	X
		Verificar que no se crucen las soldaduras de las boquillas con las soldaduras del casco del recipiente, de cruzarse se deberá realizar la reubicación de la boquilla.	Inspector de Integridad Mecánica / Mecánico de mantenimiento.	X
		Se deberá tomar espesores mediante ultrasonido de las boquillas de los recipientes a presión.	Inspector de Integridad Mecánica.	X
Válvulas de seguridad		Realizar el desmontaje de la válvulas y llevarlas a talleres con el fin de que se realice su calibración, conforme a los lineamientos indicados por la norma API 578.	Inspector de Integridad Mecánica / Mecánico de mantenimiento.	X
		La presión de calibración de las válvulas de seguridad deberá ser de 250 PSI.		X
		Se deberá instalar su TAG de calibración y aplicar recubrimiento anti corrosivo al cuerpo de la válvula de seguridad.		X
Sistema Puesta a tierra		Realizar la medición de la resistividad del sistema puesta a tierra mediante el uso de telurómetro el cual no deberá tener un valor mayor a 5 ohm.	Inspector Electricista	X
		De no presentar resistividad de 5 ohm la puesta a tierra debe ser reemplazada en su totalidad.		X
		Reemplazar los cables del sistema puesta a tierra que se unen con la jabalina.	Electricista de mantenimiento.	X
Escaleras y Plataformas		Reemplazar las planchas de las plataformas y escaleras, para la cual se deberá emplear plancha ASTM A 36 de espesor 1/4"	Inspector de Integridad Mecánica / Mecánico de mantenimiento.	X
		Realizar el proceso de acondicionamiento de superficie de las escaleras y plataformas en especificación SSPC SP 5.		
		Ejecutar recubrimiento anti corrosivo total de las estructuras conforme a lo indicado en el estándar de ingeniería.		

Anexo V.	Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP. <i>Página 25/33.</i>	
-----------------	--	---

7.3. Propuesta de mejora en procedimientos de reparación en los recipientes a presión de GLP.

Con el fin de reparar las observaciones detectadas durante la inspección interna del recipiente a presión de GLP se propone el siguiente procedimiento de reparación el cual se encuentra recomendado por normas internacionales.

Proceso de reparación de casco y bridas.

Norma API 510 Adenda 1: 2017 Sección 8: Reparaciones, alteraciones y reclasificación de recipientes a presión y dispositivos de alivio de presión.

General Todas las reparaciones y alteraciones de los recipientes a presión deben ser realizadas por una organización de reparación de acuerdo con los principios aplicables del Código ASME o el código de construcción o reparación aplicable y el plan de reparación del equipo específico elaborado por el inspector o ingeniero.

El material utilizado en la realización de reparaciones o modificaciones debe cumplir con el código de construcción aplicable.

Marcaje del material, prácticas de control de materiales y los informes de ensayos de materiales proporcionados al propietario / usuario deberán cumplir con las normas del código de construcción aplicable.

Los materiales utilizados para reparaciones y modificaciones soldadas deben ser de una calidad soldable conocida y ser compatible con el material original.

El acero al carbono o aleado con un contenido de carbono superior al 0,35% no se debe soldar.

El acero al carbono con un contenido de carbono superior al 0,30% puede requerir atención especial y precalentamiento para evitar el agrietamiento de la soldadura.

Instalación de Parches.

Los parches soldados con filete se pueden usar para hacer reparaciones temporales en áreas dañadas, corroídas o erosionadas de componentes del recipiente a presión.

Anexo V.	<p align="center">Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP.</p> <p align="center"><i>Página 26/33.</i></p>	
----------	---	---

Las planchas de parche soldadas con filete deben tener esquinas redondeadas con un radio mínimo de 1 pulg. (25 mm).

Procedimientos, Calificaciones y Registros.

La organización de reparación deberá utilizar soldadores y procedimientos de soldadura que estén calificados de acuerdo con el Código ASME Sección IX o aquellos a los que se hace referencia en el código de construcción. Los inspectores deben verificar que los soldadores estén soldando dentro de sus rangos calificados en las calificaciones del procedimiento de soldadura y dentro de los rangos en la especificación del procedimiento de soldadura especificado (WPS).

Secuencia para realizar trabajos de soldadura en las esferas de GLP.

- De acuerdo con información obtenida, el material de la esfera es: HW 50, información de placa de identificación; Dicho material clasifica con un acero JIS G3115, equivalente a SPV490 Equivalente a un acero ASTM A516 Gr 70. 4.3.3.
- Realizar la calificación del soldador en base al WPS propuesto, el soldador realizará la soldadura en posición 3F y 4F, las dimensiones de la probeta son: Acero ASTM A36 o ASTM A516 Gr 70 de 1 pulgada de espesor mínimo x 12" x 12" Acero ASTM A36 de 3/8" de espesor x 8" x 8" Material de Aporte: Electrodo E8018-C3 de 1/8".
- El criterio de aceptación visual de la probeta será de acuerdo con ASME IX, adicional se realizará ensayos de macrografía de acuerdo a ASME IX. Ubicación de área (plancha de esfera) a instalar la plancha de refuerzo el área elegida para realizar la soldadura de la plancha de refuerzo debe ser limpiada mediante escobillado.
- Realizar medición de dureza. Antes de realizar la soldadura, se tomará mediciones de dureza (en unidades Brinell) en el área adyacente a la soldadura a aplicar de la plancha de refuerzo. Estas mediciones serán el indicador base, luego del proceso de soldadura; nuevas mediciones de

Anexo V.	Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP. <i>Página 27/33.</i>	
-----------------	--	---

dureza se realizarán, cuyo porcentaje de variación debe estar entre el valor mínimo y máximo inicial.

- De acuerdo con API 510 (8.1.7.4.3.2.1) la temperatura de precalentamiento para la soldadura debe ser 150°C a una distancia de 2 pulgadas desde el borde de la plancha de refuerzo, en todo el perímetro.
- De acuerdo con lo indicado, el material es JIS G3115 tipo SPV490, la resistencia a la tracción de este acero esta entre 610 MPa a 740 MPa. La plancha de refuerzo a utilizar es ASTM A36 de 3/8" espesor, la resistencia a la tracción de este acero esta entre 400 MPa a 550 MPa. Por lo tanto, se elige el material de aporte E8018-C3, cuya resistencia a la tracción es de 560 MPa a 650 MPa.
- Al finalizar la soldadura se realizará el enfriamiento a temperatura ambiente, adicionando manta térmica a la soldadura realizada.
- Luego del proceso de enfriamiento se realizará el control de calidad mediante los siguientes ensayos: Inspección Visual al 100%, con criterios de aceptación Inspección por partículas magnéticas, método húmedo.
- Luego de finalizar el control de calidad, se realizará la medición de dureza en el área adyacente de la soldadura (zona afectada por el calor)
- Finalmente se realiza la medición de dureza y se realiza la evaluación en base a lo indicado en el numeral a).

Figura 4. WPS de instalación de sobre planchas.

POSICIONES (QW-405)				TRATAMIENTO DE POST-CALENTAMIENTO				
Posición(es) de ranura		No Aplica		Rango de temperatura:		595 °C		
Progresión: Asc:	x	Desc:	---	Tiempo:		1 hora x pulgada de espesor		
Posición de filete		3F, 4F		GAS (QW-408)				
PRECALENTAMIENTO (QW-406)				Composición Porcentual				
Temp. Pre calentamiento	Min:	150 °C		Gas(es)	Mezcla	Flujo		
Temp. Interpase	Máx:	250 °C		Protección	---	---	---	
Mantenimiento pre calentamiento:		---		Amastre	---	---	---	
				Respaldo	---	---	---	
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)								
Corriente AC o DC		DC		Polaridad		E(+)		
Rango de amperaje		Ver Tabla		Rango de voltaje		Ver Tabla		
Tamaño y tipo de electrodo de tungsteno		---						
Modo de transferencia en GMAW		---						
Velocidad de alimentación de alambre		---						
TÉCNICA (QW-410)								
Pase ancho o angosto		Según se Requiera						
Orificio o tamaño de protección gaseosa		---						
Limpieza inicial y entrepasadas (escobillado, esmerilado, etc)		Escobilla Circular						
Método de resane de raíz		Disco de Desbaste						
Oscilación		Oscilado						
Distancia de tobera a pieza de trabajo		N.A.						
Pase múltiple o simple		Multipase						
Electrodo simple o múltiple		Simple						
Velocidad de avance (rango)		VER TABLA						
Medición de Dureza		Se realiza antes de soldadura después de soldadura y después de tratamiento térmico, en áreas adyacentes de soldadura (zona afectada por el calor)						
Ensayo No destructivo		Inspección visual 100%, Partículas magnéticas tipo húmedo visible 100%						
Martilleo		N.A.						
Pase N°	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad de Desplazamiento (mm/min)	Otros
		Clase	Diam	Polaridad	Amperaje			
1	SMAW	E8018-C3	3.25 mm	DCEP	90 - 140	19 - 22	90 - 95	---
2+n	SMAW	E8018-C3	3.25 mm	DCEP	90 - 140	22 - 25	100 - 105	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Certificamos que lo establecido en este registro WPS es correcto y esta de acuerdo con los requisitos de la Sección IX del Código ASME Edición 2017.

JUNTA (QW-402)							
Diseño de junta:		Junta en T					
Respaldo: (Si)		X	(No)	---			
Material de respaldo: (Tipo):		---					
<input checked="" type="checkbox"/> Metal		<input type="checkbox"/> Refractario					
<input type="checkbox"/> No metálico		<input type="checkbox"/> Otro					
Ver esquemas de detalle de junta aplicable							
Esquema, dibujo de fabricación, símbolos de soldadura o descripción escrita debe mostrar el arreglo general de las partes ha ser soldados. Donde sea aplicable, la apertura de raíz y los detalles de la soldadura debe ser especificada.							
METAL BASE (QW-403)							
Nº P:	1	Grupo Nº:	1,2	al Nº P:	1	Grupo Nº:	1,2
0							
Especificación de tipo y grado:		JIS G3115 SPV490 (ASTM A516 Gr 70)					
A la especificación de tipo y grado:		ASTM A36					
0							
Análisis químico y propiedades mecánicas:				---			
Hasta el análisis químico y propiedades mecánicas:				---			
Rango de espesores							
Material base		Ranura:	-----	Filete:	9.52mm		
Diámetro tubo		Ranura:	-----	Filete:	-----		
Otros		---					
METAL DE APORTE (QW-404)							
Especificación Nº (SFA)	5.5		-----	-----			
AWS No (Clase)	E8018-C3		-----	-----			
Nº F	F Nº 4		-----	-----			
Nº A	A Nº 1		-----	-----			
Diámetro de metal de aporte:	3.25 mm		-----	-----			
Forma de producto de metal de aporte	Electrodo revestido		-----	-----			
Rango de espesores							
Ranura		-----		-----			
Filete		9.52 mm		-----			
Fundente (clase)		N.A.		-----			
Fundente (nombre comercial)		N.A.		-----			
Inserto consumible		N.A.		-----			
Suplemento metal de aporte		N.A.		-----			
Elementos aleantes		N.A.		-----			
Molenda de escoria		N.A.		-----			
otros		Tenacity 80		-----			

API


 Houston, Texas
 13000 North Loop West
 Houston, Texas 77040
 Tel: 281.228.2222
 Fax: 281.228.2222
 www.api.org

Anexo V.	Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP. <i>Página 30/33.</i>	
----------	--	---

ASME PCC-2: 2015 Artículo 3.5: Reparación y Conversión de Bridas.

Este artículo se aplica al remaquinado de las caras de las bridas para reparar imperfecciones mecánicas o daños por corrosión u otros daños en servicio, o para cambiar el acabado de la cara de la brida para permitir el uso de una empaquetadura diferente.

El acabado superficial de la superficie de contacto de la brida es esencial a la estanqueidad de la junta con empaquetaduras. Cuando el acabado de la superficie se deteriora en el servicio, puede llegar a ser necesario ya sea para reemplazar la brida o hacer remaquinado a la cara de la brida.

- **Acabado y planitud.**

Se deben considerar los requisitos de asiento de la empaquetadura en términos de acabado de la superficie de la brida y la planitud.

La elección del acabado orientado a la brida se realizará de acuerdo con los estándares aplicables y los requisitos compatibles especificados por el usuario o recomendados por el fabricante de la empaquetadura. Por ejemplo, a menos que se acuerde lo contrario por el comprador o fabricante, ASME B16.5 especifica los siguientes acabados orientados a las bridas el cual deberá tener una rugosidad entre 3.2 μm a 6.4 μm .

- **Reparación por soldadura.**

Al reparar una cara de brida, puede ser necesario usar metal de soldadura para rellenar un área local (por ejemplo, una gubia o un rasguño) o para restaurar el grosor mediante una acumulación de soldadura del metal base o cara de recubrimiento de soldadura existente.

Cuando la brida deba repararse mediante soldadura, el área donde se aplicará la acumulación deberá estar libre de residuos, material de la empaquetadura, depósitos de corrosión, etc., que afectarían indebidamente la soldadura.

La limpieza puede ser por procedimientos mecánicos o químicos. Procedimientos y personal de soldadura deberá estar calificado según los requisitos del código de construcción aplicable (como la Sección IX de ASME

Anexo V.	Propuesta de un plan de inspección y reparación a los recipientes a presión de GLP. <i>Página 31/33.</i>	
-----------------	--	---

BPVC), o un código o norma posterior a la construcción aplicable. Cuando sea necesaria la acumulación de metal de soldadura, el metal de relleno, la técnica de soldadura, las calificaciones de la soldadora y el tratamiento térmico (si corresponde) se seleccionarán para cumplir con los requisitos de servicio y metalúrgicos.

- **Mecanizado.**

El radio de la herramienta de corte y la velocidad de avance deben establecerse en valores precalificados para lograr de manera consistente el acabado superficial deseado. Para imperfecciones menores, cuidado. La limadura puede ser adecuada para quitar y vestir las caras de la brida.

- **Inspección.**

La superficie de la Empaquetadura La superficie terminada debe examinarse para cumplir con los requisitos de la norma aplicable a las nuevas bridas o según lo especifique el usuario. Por ejemplo, ASME B16.5 requiere que el acabado de la superficie sea juzgado por comparación visual con los estándares de Ra de ASME B46.1.

8. Costo de la propuesta referente al plan de inspección en recipientes a presión de GLP.

Se llevó a cabo la evolución de los costos de implementación del plan de inspección y reparación en los cuatro recipientes a presión de GLP de tipo esféricos, en consideración a la propuesta presentada.

Tabla 13. Costos de propuesta referente a la implementación del plan de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP.

Propuesta	Descripción	Costo total (S/.)
Propuesta de mejora en prevención de la corrosión atmosférica.	Mano de obra.	16,000.00
	Materiales.	20,000.00
	Equipos Herramientas.	900.00
	Gastos imprevistos.	2,850.00
	Total, S/.	39,750.00
Propuesta de mejora en procedimientos de inspección normados en los recipientes a presión de GLP.	Mano de obra.	35,850.00
	Materiales.	4,545.00
	Equipos Herramientas.	7,800.00
	Gastos imprevistos.	3,985.00
	Total, S/.	52,180.00
Propuesta de mejora en procedimientos de reparación en los recipientes a presión de GLP.	Mano de obra.	60,840.00
	Materiales.	43,585.00
	Equipos Herramientas.	12,850.00
	Gastos imprevistos.	8,350.00
	Total, S/.	125,625.00

El costo total de las tres propuestas de solución a la problemática que se presentan en los cuatro recipientes a presión de GLP de tipo esférico es S/.217,555.00

9. Cronograma propuesto en la implementación de la mejora referente al plan de inspección en recipientes a presión de GLP.

Para ejecutar la implementación de la propuesta del plan de inspección y reparación en los recipientes a presión de GLP se llevará a cabo en un tiempo de ejecución total de 7 semanas según el cronograma.

Tabla 14. *Cronograma de ejecución para implementar la mejora en el plan de inspección en los recipientes a presión de GLP.*

Actividades	Dic-23				Ene-24			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Implementación de mejora en prevención de la corrosión atmosférica.								
Implementación de procedimientos de inspección normados en los recipientes a presión de GLP.								
Implementación de procedimientos de reparación en los recipientes a presión de GLP.								