



**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero
Automotriz**

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autor: Juan Fernando Zambrano Najas

Tutor: Ing. Darwin Chele S., MSc.

**Propuesta de Implementación de un Área de Revisión de
Cilindros de Gas Licuado de Petróleo (GLP) para uso en
Vehículos de Alquiler en la Ciudad de Guayaquil**

Certificado de Autoría

Yo, Juan Fernando Zambrano Najas, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Juan Fernando Zambrano Najas

C.I.: 0923737621

Aprobación del Tutor

Yo, Darwin Chele S., certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Darwin Chele S., MSc.

C.I.: 0916349681

Director de Proyecto

Dedicatoria

Dedicó este trabajo de titulación a Silvia Najas y a Juan Zambrano quien estuvo detrás de este proyecto y agradecer por su conocimiento, quienes han sido mi principal fuente de inspiración y fortaleza durante todo este camino. A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y por enseñarme que la educación es la llave hacia un futuro mejor y que este título es de ellos y que siempre estaré agradecido con ellos desde el fondo de mi corazón. A mi familia que está a la distancia, por su apoyo constante y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

También dedico este logro a mis abuelos, amigos y seres queridos, quienes me acompañaron y motivaron con palabras de aliento, ayudándome a mantenerme firme en mis metas. Este proyecto es para ustedes, que siempre han confiado en mi capacidad y me han impulsado a dar lo mejor de mí.

Juan Fernando Zambrano

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la salud, fortaleza y sabiduría necesarias para completar este proyecto de titulación.

Quiero expresar mi profunda gratitud a mis padres, cuyo apoyo inquebrantable y amor incondicional me han permitido alcanzar esta meta. Sus sacrificios y consejos han sido fundamentales en mi formación personal y profesional.

A mi tutor, Darwin Chele, gracias por su paciencia, orientación y valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo. Y a mi profesor Fernando Gómez por su ayuda, compromiso y experiencia han enriquecido significativamente este proyecto.

Deseo extender un agradecimiento a Raúl López S., jefe del taller de cilindros, por su apoyo y guía práctica durante este proceso. Su experiencia y disposición para compartir conocimientos fueron fundamentales para llevar a cabo aspectos clave de esta investigación.

Extiendo mi agradecimiento a mis profesores y compañeros de carrera, quienes compartieron conmigo conocimientos y experiencias que fueron claves para mi aprendizaje.

Finalmente, agradezco a todas las personas y entidades que de alguna manera contribuyeron al desarrollo de este proyecto. Este logro no habría sido posible sin su ayuda y confianza en mi trabajo.

Juan Fernando Zambrano

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tablas.....	xvi
Índice de Anexos.....	xvii
Resumen.....	xviii
Abstract.....	xix
Capítulo I.....	1
Antecedentes.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Formulación del Problema.....	2
1.4 Sistematización del Problema.....	2
1.5 Objetivos de la Investigación.....	2
1.5.1 Objetivo General.....	2
1.5.2 Objetivos Específicos.....	2
1.6 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	3
1.6.1 Justificación Teórica.....	5
1.6.2 Justificación Metodológica.....	5
1.6.3 Justificación Práctica.....	5
1.6.4 Delimitación Temporal.....	6

1.6.5 Delimitación Geográfica	6
1.6.6 Delimitación del Contenido.....	6
Capítulo II	7
Marco Referencial.....	7
2.1 Marco Teórico.....	7
2.1.1 Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	7
2.1.2 El GLP Como Alternativa de Combustible en Vehículos.....	9
2.1.3 Cilindros para Almacenamiento de GLP	12
2.1.4 Tipos de Cilindros	13
2.1.5 Cilindros de Baja Presión	16
2.1.6 Ensayos de Cilindros de Baja Presión	17
2.1.7 Normativas de Referencia para Cilindros con GLP	20
2.1.8 Normativas Internacionales	22
2.2 Marco Conceptual.....	24
2.2.1 Gas... ..	24
2.2.2 Petróleo	25
2.2.3 Normativas	25
2.2.4 Presión en Cilindros.....	25
2.2.5 Ensayo Hidrostático	25
2.2.6 Válvulas de Baja Presión	25
2.2.7 GLP (Gas Licuado de Petróleo).....	25
2.2.8 Impacto Ambiental.....	26
2.2.9 Mantenimiento Preventivo.....	26
2.2.10 Norma Técnica.....	26
2.2.11 Seguridad Operacional	26

2.2.12 Sostenibilidad.....	26
2.2.13 Tanque de GLP	26
2.2.14 Transporte de GLP.....	26
2.2.15 Equipo de Prueba Hidrostática/Hidráulica.....	26
2.2.16 Medidor de Espesor por Ultrasonido	27
2.2.17 Sonda para Revisión Interna.....	27
2.2.18 Equipo para Limpieza Interna (Mediante Bolas de Acero).....	27
2.2.19 Secadora de Cilindros.....	27
2.2.20 Nitrógeno Comprimido	27
2.2.21 Ensayo no Destructivo	27
2.2.22 Balanza.....	28
2.2.23 Atomizador con Agua y Jabón	28
2.2.24 Compresor de Aire	28
2.2.25 Tara.....	28
Capítulo III.....	29
Guía de Procedimientos y Área para la Revisión de los Cilindros GLP	29
3.1 Diseño de una Guía de Procedimientos para la Revisión de Cilindros de GLP	29
3.1.1 Registro y Recepción	29
3.1.2 Procedimiento de Registro de Datos Técnicos.....	30
3.1.3 Procedimiento de Asignación de Identificación Única	31
3.2 Estudio de Requerimientos Técnicos y Equipos Adecuados para la Revisión de los Cilindros de GLP	32
3.2.1 Equipos e Implementos Necesarios	33
3.3 Metodología Aplicada.....	38
3.3.1 Método Mixto.....	38

3.3.2 Tipo de Estudio.....	39
3.4 Inspección Externa.....	39
3.4.1 Inspección Visual.....	41
3.4.2 Criterios de Rechazo	42
3.4.3 Procedimiento Detallado de Inspección Externa.....	44
3.5 Prueba de Sonido	45
3.5.1 Método de Realización	45
3.6 Inspección Interna.....	46
3.6.1 Retiro de Válvula.....	46
3.6.2 Uso de Sonda Luminosa	46
3.7 Prueba Hidráulica	47
3.7.1 Preparación del Cilindro	47
3.7.2 Presurización y Evaluación.....	48
3.8 Limpieza Interna	50
3.8.1 Métodos de Limpieza.....	50
3.8.2 Secado del Cilindro	50
3.9 Marcación y Pintado	51
3.9.1 Marcación de Cilindros Aprobados	51
3.9.2 Pintado Según Normas.....	52
3.10 Registro y Disposición Final.....	53
3.10.1 Registro de Cilindros Rechazados	53
3.10.2 Disposición y Destrucción	54
3.11 Procedimiento de Revisión y Prueba	55
Capítulo IV.....	61
Ensayos no Destructivos de los Cilindros de GLP y Análisis de Resultados.....	61

4.1 Ensayo Cilindro 1	61
4.1.1 Datos Técnicos	61
4.1.2 Inspección Externa	62
4.1.3 Inspección Interna	62
4.1.4 Resultados de los Ensayos de Presión Hidráulica y Ultrasonido	63
4.1.5 Control de Tara	64
4.1.6 Resultados del Ensayo Cilindro 1	64
4.1.7 Procedimiento de Marcación de Cilindro Rechazado	65
4.2 Ensayo Cilindro 2	66
4.2.1 Datos Técnicos	66
4.2.2 Inspección Externa	67
4.2.3 Inspección Interna	67
4.2.4 Resultados de los Ensayos de Presión Hidráulica y Ultrasonido	68
4.2.5 Control de Tara	69
4.2.6 Limpieza Interna.....	69
4.2.7 Resultados Ensayos Cilindro 2.....	69
4.2.8 Procedimiento de Marcación de Cilindro Rechazado	70
4.3 Ensayo Cilindro 3	70
4.3.1 Datos Técnicos	70
4.3.2 Inspección Externa	71
4.3.3 Inspección Interna	71
4.3.4 Resultados de las Pruebas de Presión Hidráulica y Ultrasonido	72
4.3.5 Control de Tara	73
4.3.6 Limpieza Interna.....	73
4.3.7 Resultados Ensayo Cilindro 3	73

<i>4.3.8 Procedimiento de Marcación de Cilindro Aprobado</i>	73
4.4 Análisis de Resultados	74
Conclusiones	76
Recomendaciones	77
Bibliografía	78
Anexos	84

Índice de Figuras

Figura 1 <i>GLP en Cilindro</i>	8
Figura 2 <i>Proceso del GLP</i>	8
Figura 3 <i>GLP en Vehículo</i>	10
Figura 4 <i>Cilindro Doméstico</i>	14
Figura 5 <i>Cilindro Industrial</i>	14
Figura 6 <i>Cilindro para Vehículos</i>	15
Figura 7 <i>Tanques Estacionarios</i>	15
Figura 8 <i>Cilindros para Auto Gas</i>	16
Figura 9 <i>Equipo de Prueba Hidráulica</i>	34
Figura 10 <i>Medidor de Espesor por Ultrasonido</i>	34
Figura 11 <i>Sonda para Revisión Interna</i>	35
Figura 12 <i>Equipo para Limpieza Interna</i>	35
Figura 13 <i>Secadora de Cilindros</i>	36
Figura 14 <i>Tanque Nitrógeno Comprimido</i>	36
Figura 15 <i>Atomizador con Agua y Jabón</i>	37
Figura 16 <i>Compresor de Aire</i>	37
Figura 17 <i>Balanza</i>	38
Figura 18 <i>Cilindro con Abolladuras y Cortes</i>	40
Figura 19 <i>Prueba de Sonido</i>	46
Figura 20 <i>Llenado y Prueba Hidráulica</i>	48
Figura 21 <i>Presurización</i>	49
Figura 22 <i>Secado y Limpieza Interna</i>	51
Figura 23 <i>Procesos de Registro, Inspección y Prueba de Sonido</i>	56
Figura 24 <i>Procesos de Inspección Externa del Cilindro</i>	56

Figura 25 <i>Procesos de Prueba de Sonido</i>	57
Figura 26 <i>Procesos de Inspección Interna de Cilindro</i>	57
Figura 27 <i>Procesos de Control de Tara</i>	58
Figura 28 <i>Limpieza Interna del Cilindro</i>	58
Figura 29 <i>Prueba de Ultrasonido</i>	59
Figura 30 <i>Prueba Hidráulica</i>	60
Figura 31 <i>Secado y Marcación</i>	60
Figura 32 <i>Cilindro 1: Número de Identificación 241</i>	61
Figura 33 <i>Inspección Externa del Cilindro 1</i>	62
Figura 34 <i>Inspección Interna Mediante Endoscopio</i>	62
Figura 35 <i>Inspección Interna del Cilindro 1</i>	63
Figura 36 <i>Prueba Hidráulica Cilindro 1</i>	63
Figura 37 <i>Medición de Espesor Promedio Cilindro 1</i>	64
Figura 38 <i>Marcado de Cilindro Rechazado</i>	65
Figura 39 <i>Placa Técnica del Cilindro 1</i>	66
Figura 40 <i>Cilindro 2: Número de Identificación C19408</i>	66
Figura 41 <i>Inspección Externa Cilindro 2</i>	67
Figura 42 <i>Inspección Interna Cilindro 2</i>	67
Figura 43 <i>Reparaciones con Soldadura y Alteraciones Cilindro 2</i>	68
Figura 44 <i>Prueba Hidráulica Cilindro 2</i>	68
Figura 45 <i>Medición de Espesor Promedio Cilindro 2</i>	69
Figura 46 <i>Placa Técnica del Cilindro 2</i>	70
Figura 47 <i>Cilindro 3: Número de Identificación 665</i>	71
Figura 48 <i>Inspección Interna Cilindro 3</i>	71
Figura 49 <i>Prueba Hidraulica Cilindro 3</i>	72

Figura 50 <i>Espesor Promedio Medido Cilindro 3</i>	73
Figura 51 <i>Placa Técnica del Cilindro 3</i>	74

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Capacidades y Presiones de los Tipos de Cilindros GLP</i>	16
Tabla 2 <i>Prueba de Presión Hidráulica (> 1%)</i>	63
Tabla 3 <i>Prueba de Ultrasonido Prueba de Ultrasonido</i>	64
Tabla 4 <i>Prueba de Presión Hidráulica (> 1%)</i>	68
Tabla 5 <i>Prueba de Ultrasonido</i>	69
Tabla 6 <i>Prueba de Presión Hidráulica (> 1%)</i>	72
Tabla 7 <i>Prueba de Ultrasonido</i>	72

Índice de Anexos

<i>Anexo A Orden de Trabajo para Cilindros de GLP</i>	<i>84</i>
<i>Anexo B Registro Electrónico de Cilindros</i>	<i>855</i>
<i>Anexo C Esquema del Proceso de la Guía</i>	<i>86</i>
<i>Anexo D Hoja de Rechazo</i>	<i>87</i>
<i>Anexo E Plano del Taller</i>	<i>88</i>

Resumen

El estudio propone la creación de un área especializada para mejorar la seguridad y eficiencia operativa del uso de GLP. Los objetivos específicos incluyeron determinar los requerimientos técnicos y equipos necesarios, el análisis de los resultados de los ensayos no destructivos (END) en cilindros, y diseñar una guía de procedimientos estandarizados para su revisión. La metodología empleada combinó enfoques cuantitativos y cualitativos. Se realizaron estudios técnicos para identificar los equipos necesarios, como equipos de prueba hidráulica, medidor de espesor por ultrasonido y sondas para revisión interna. Los ensayos no destructivos evaluaron la aptitud de los cilindros mediante inspecciones visuales, pruebas de sonido, pruebas hidráulicas y mediciones de espesores. Adicionalmente, se diseñó una guía de procedimientos que abarca desde la recepción y registro de los cilindros hasta su marcación, pintado y disposición final. Los resultados del estudio revelaron que parte de los cilindros no cumplían con los parámetros de seguridad y necesitaban ser retirados del servicio. Los cilindros que presentaban abolladuras, corrosión significativa, reparaciones inadecuadas o desviaciones en la tara fueron rechazados. Se confirmó la necesidad de un área de revisión especializada y equipada para garantizar la seguridad y eficiencia en el uso de cilindros de GLP. La propuesta final incluye la creación de un área de revisión de cilindros de GLP en Guayaquil, equipada con los equipos identificados y operada por personal capacitado. La implementación de una guía de procedimientos estandarizados asegura la consistencia y calidad en las revisiones. Esta iniciativa no solo mejorará la seguridad para los usuarios de vehículos de alquiler, pasajeros y estaciones de servicio, sino que también posicionará a OXIGUAYAS S.A. como líder en el sector, contribuyendo significativamente a la regulación y estandarización de las prácticas de revisión de cilindros de GLP en la región.

Palabras Clave: Cilindros de GLP, Inspección de cilindros, Vehículos de alquiler, Ensayos no destructivos, Procedimientos estandarizados.

Abstract

This study proposes the creation of a specialized area to enhance safety and operational efficiency in the use of LPG cylinders. The specific objectives included determining the technical requirements and necessary equipment, analyzing the results of non-destructive testing (NDT) on cylinders, and designing a standardized procedures guide for their inspection. The methodology combined quantitative and qualitative approaches. Technical studies identified essential equipment such as hydraulic testing machines, ultrasonic thickness gauges, and internal inspection probes. NDT methods evaluated cylinder suitability through visual inspections, sound tests, hydraulic tests, and thickness measurements. Additionally, a procedures guide was developed, covering steps from cylinder reception and registration to marking, painting, and final disposal. The study results revealed that some cylinders failed to meet safety standards and required removal from service. Cylinders with dents, significant corrosion, improper repairs, or weight deviations were rejected. The findings confirmed the need for a specialized inspection area equipped with advanced technology to ensure LPG cylinder safety and efficiency. The final proposal includes establishing an LPG cylinder inspection area in Guayaquil, equipped with the identified technology and operated by trained personnel. The implementation of standardized procedures ensures consistency and quality in inspections. This initiative will improve safety for vehicle users, passengers, and service stations while positioning OXIGUAYAS S.A. as a leader in the sector, significantly contributing to the regulation and standardization of LPG cylinder inspection practices in the region.

Keywords: LPG cylinder, Cylinder inspection, Rental vehicles, Non-destructive testing, Standardized procedures.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Propuesta de implementación de un área de revisión de cilindros de gas licuado de petróleo (GLP) para uso en vehículos de alquiler en la ciudad de Guayaquil.

1.2 Planteamiento del Problema

La empresa OXIGUAYAS S.A, especializada en la revisión de cilindros de alta presión y conocida por sus rigurosos ensayos hidrostáticos, enfrenta el desafío de diversificar su oferta de servicios para incrementar su cartera de productos y, en consecuencia, mejorar sus ingresos económicos. Dentro de esta estrategia de expansión, la empresa busca incorporar la revisión de cilindros de GLP por ser un sector con creciente demanda en la Ciudad de Guayaquil.

A pesar de la relevancia de los cilindros de GLP en el contexto local, existe una marcada escasez de empresas especializadas que ofrezcan servicios de revisión de estos cilindros en la Ciudad. Esta brecha, en la oferta de servicios representa una oportunidad para OXIGUAYAS S.A., que, al diversificar sus capacidades para abordar la revisión de GLP, no solo satisfaría una necesidad existente en el mercado, sino que también ampliaría su servicio y competitividad en la industria de revisión de cilindros en Guayaquil.

La falta de opciones especializadas para la revisión de cilindros de GLP en Guayaquil crea un vacío en la seguridad y eficiencia operativa de los vehículos que utilizan este tipo de cilindros, especialmente aquellos dedicados al servicio de alquiler. La implementación de un área de revisión específica para cilindros de GLP no solo beneficiaría a OXIGUAYAS S.A. al incrementar su cartera de servicios, sino que también contribuiría a llenar esta brecha en el mercado, asegurando un entorno más seguro y confiable para los usuarios de vehículos de alquiler en la Ciudad. Además, esta iniciativa podría establecer un precedente para la

regulación y estandarización.

Las prácticas inseguras, falta de capacitación del personal, y posibles deficiencias en la infraestructura de almacenamiento y distribución. La falta de claridad sobre el procedimiento de revisión del estado de estos cilindros representa riesgo ya que no solo pone en peligro la seguridad de los ciudadanos, sino que también crea un ambiente de incertidumbre y desconfianza en el uso del GLP en Guayaquil.

1.3 Formulación del Problema

¿La propuesta de implementación de un área de revisión de cilindros de gas licuado de petróleo (GLP) para uso de vehículo de alquiler en la ciudad de Guayaquil permitirá determinar su estado de conservación y aptitud para su uso y o retiro inmediato?

1.4 Sistematización del Problema

- ¿Qué requerimientos técnicos y equipos se deben considerar para realizar una revisión adecuada de los cilindros GLP?
- ¿Cómo analizar los resultados de los ensayos no destructivos de los cilindros de GLP para determinar su aptitud para el uso o retiro inmediato?
- ¿Cómo diseñar una guía de procedimientos para la revisión de cilindros GLP utilizados en vehículos de alquiler?

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo General

Proponer la implementación de un área de revisión de cilindros de gas licuado de petróleo (GLP) para uso en vehículos de alquiler en la ciudad de Guayaquil.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio que determine los requerimientos técnicos y equipos adecuados para la revisión de los cilindros de GLP.
- Analizar los resultados obtenidos en los ensayos no destructivos de los cilindros de

GLP para determinar su aptitud para el uso o retiro inmediato.

- Diseñar una guía de procedimientos para la revisión de cilindros GLP utilizados en vehículos de alquiler.

1.6 Justificación y Delimitación de la Investigación

La propuesta de implementar un área de revisión de GLP vehicular para vehículos de alquiler en la ciudad de Guayaquil responde a múltiples necesidades y beneficios que abarcan aspectos de seguridad, económicos y ambientales.

La seguridad es uno de los aspectos más críticos en el uso de GLP como combustible vehicular. Los cilindros de GLP vehicular, al estar sometidos a presiones, representan un riesgo significativo si no se mantienen y revisan adecuadamente (Zhou y otros, 2019).

La implementación de un área de revisión especializada permitiría la detección temprana de defectos y deterioros en los cilindros, reduciendo significativamente el riesgo de accidentes como fugas o explosiones. Este enfoque proactivo no solo protegería la vida y la integridad de los conductores y pasajeros de los vehículos de alquiler, sino también la seguridad de la población en general.

Desde una perspectiva económica, el GLP es una alternativa de combustible más económica en comparación con otros combustibles fósiles tradicionales (Mohammed y otros, 2020). La revisión y mantenimiento adecuados de los cilindros de GLP asegurarían su óptimo funcionamiento y longevidad, lo cual se traduce en una reducción de costos operativos para los propietarios y operadores de vehículos de alquiler.

Además, la diversificación de servicios de OXIGUAYAS S.A. abriría nuevas fuentes de ingresos, fortaleciendo su posición en el mercado y contribuyendo al crecimiento económico local. El GLP es reconocido por su menor impacto ambiental en comparación con otros combustibles fósiles, produciendo menos emisiones contaminantes (Reyes y otros, 2018).

Promover el uso seguro y eficiente del GLP mediante la implementación de un área de revisión especializada contribuiría a una reducción significativa en la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes, apoyando así los esfuerzos locales y globales para mitigar el cambio climático y mejorar la calidad del aire.

La ausencia de servicios especializados en la revisión de cilindros de GLP en Guayaquil ha llevado a una falta de estandarización en los procedimientos de mantenimiento y seguridad.

La propuesta de OXIGUAYAS S.A. no solo llenaría este vacío, sino que también establecería un marco regulatorio y de estandarización que podría ser adoptado por otras empresas y reguladores. Esto contribuiría a elevar los estándares de seguridad y operatividad en el manejo de GLP, beneficiando a toda la industria.

El creciente uso de GLP en vehículos de alquiler en Guayaquil representa una demanda creciente por servicios de revisión y mantenimiento de cilindros. Actualmente, la falta de proveedores especializados crea una oportunidad de mercado significativa para OXIGUAYAS S.A. Al satisfacer esta demanda, la empresa no solo expandiría su cartera de servicios, sino que también fortalecería su competitividad en el sector.

La implementación de un área especializada en la revisión de cilindros de GLP es fundamental para mejorar la seguridad de los usuarios de taxis y las estaciones de servicio en Guayaquil. Para los usuarios, contar con cilindros revisados y certificados reduce significativamente el riesgo de fugas de gas y explosiones, garantizando un viaje más seguro.

En las estaciones de servicio, la revisión regular de los cilindros asegura que solo aquellos en condiciones óptimas sean recargados, minimizando el riesgo de incidentes durante el llenado y protegiendo tanto a los empleados como a los clientes. En conjunto, estas medidas aumentan la confianza en el uso del GLP, promoviendo un entorno más seguro y eficiente para todos.

La adopción de tecnologías avanzadas y la formación continua del personal serían elementos clave para mantener y elevar la calidad del servicio, diferenciando a la empresa de sus competidores y consolidando su reputación en el mercado.

1.6.1 Justificación Teórica

La empresa OXIGUAYAS S.A. aplicó con éxito sus conocimientos técnicos en ensayos no destructivos para la revisión de cilindros de GLP, logrando adaptar sus procedimientos a los requisitos específicos de estos cilindros. Los resultados confirmaron la eficacia de las normativas internacionales empleadas, asegurando la calidad y confiabilidad en cada etapa del proceso. Además, se revisaron y optimizaron los procedimientos operativos, y se capacitó al personal, lo que permitió una implementación adecuada y efectiva de las revisiones.

1.6.2 Justificación Metodológica

El estudio técnico realizado permitió identificar con precisión los equipos y procedimientos necesarios para la implementación del área especializada de revisión de cilindros de GLP. Este análisis metodológico se basó en normativas nacionales e internacionales, garantizando el cumplimiento de todos los estándares de seguridad. Los resultados confirmaron la viabilidad técnica y operativa del proyecto, así como la efectividad de las herramientas y métodos seleccionados para realizar inspecciones detalladas y seguras.

1.6.3 Justificación Práctica

La implementación del área de revisión respondió directamente a la necesidad de una infraestructura especializada para garantizar un uso seguro y eficiente de los cilindros de GLP. Los resultados obtenidos durante el proyecto destacaron que no todos los cilindros inspeccionados cumplían con los parámetros de seguridad, confirmando la importancia de este proceso. Esta iniciativa permitió no solo satisfacer la demanda en Guayaquil, sino también establecer un estándar de seguridad más riguroso, protegiendo a los usuarios y

optimizando el manejo de los cilindros en vehículos de alquiler.

1.6.4 Delimitación Temporal

De acuerdo con lo previsto como planificación en el desarrollo en la revisión de cilindros de gas licuado de petróleo en el Ecuador, tanto de la fase de aprobación, desarrollo teórico y práctico el presente estudio se establece que se llevará a cabo desde el mes de octubre de 2024 y de manera tentativa se pretende que su finalización o defensa de proyecto se llevará a cabo en el mes de febrero del 2025.

1.6.5 Delimitación Geográfica

El presente trabajo investigativo se lo lleva a cabo en el Establecimiento de Oxígenos del Guayas OXIGUAYAS S.A ubicado en el cantón Guayaquil, Cdla. La Atarazana Av. Pedro Menéndez Gilbert S/N posterior al establecimiento Autolasa.

1.6.6 Delimitación del Contenido

El proyecto de investigación, titulado “Propuesta de implementación de un área de revisión de cilindros de gas licuado de petróleo (GLP) para uso en vehículos de alquiler en la ciudad de Guayaquil” se llevará a cabo mediante un proceso investigativo. Este proceso se basa en diversas fuentes bibliográficas teóricas y técnicas, artículos científicos, fichas técnicas, proyectos de titulación.

Este enfoque integral permite fundamentar de manera adecuada el alcance del proyecto y estructurarlo de manera óptima para cumplir con los objetivos establecidos. Es importante señalar que este estudio está organizado en una estructura que consta de cuatro capítulos, los cuales componen el contenido textual principal.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

2.1.1 *Gas Licuado de Petróleo (GLP)*

El gas licuado de petróleo (GLP), también conocido como gas LP o autogas, es un hidrocarburo gaseoso compuesto principalmente por propano y butano. Este gas se obtiene a través del procesamiento del petróleo crudo y el gas natural, donde se separan y refinan los hidrocarburos más ligeros.

El GLP se caracteriza por ser un gas a temperatura ambiente y presión atmosférica, pero que puede ser fácilmente licuado mediante la aplicación de una presión moderada o un enfriamiento adecuado (Quintero L. R., 2022). Esta propiedad de licuefacción bajo condiciones relativamente sencillas facilita su almacenamiento y transporte, lo que contribuye a su amplio uso y distribución.

El GLP se utiliza como fuente de energía en varios sectores, incluyendo el residencial, industrial y comercial. En el ámbito doméstico, es comúnmente utilizado para la calefacción, la cocción de alimentos y la producción de agua caliente. En estos usos, el GLP es valorado por su eficiencia energética y su capacidad para proporcionar calor de manera rápida y controlada (Adaniya, 2022).

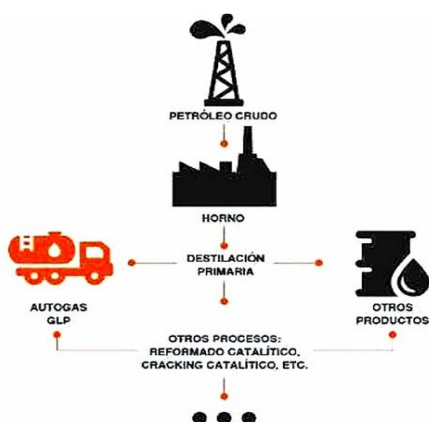
A nivel industrial, el GLP es apreciado por su versatilidad y eficiencia en procesos que requieren calor, tales como la manufactura, el secado de productos y la generación de energía. Su alta densidad energética y su capacidad para quemar de manera limpia lo convierten en una opción preferida en aplicaciones industriales (Venegas, et al., 2018).

Figura 1*GLP en Cilindro*

Tomado de: <https://astrave.com/que-es-el-glp/>

Además de sus aplicaciones residenciales e industriales, el GLP es una alternativa energética más limpia en comparación con algunos combustibles fósiles tradicionales, como el carbón y el petróleo. Produce menos emisiones de partículas y contaminantes atmosféricos, incluyendo óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO₂) y material particulado, lo que contribuye a la mejora de la calidad del aire y la reducción del impacto ambiental (Bencheikh, 2021).

El GLP también genera menores emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con otros combustibles fósiles, lo que lo convierte en una opción más sostenible desde el punto de vista ambiental.

Figura 2*Proceso del GLP*

Tomado de: <https://astrave.com/que-es-el-glp/>

El transporte y almacenamiento del GLP en forma líquida presenta ventajas logísticas significativas. La capacidad de licuar el gas facilita su almacenamiento en tanques y su transporte a través de camiones cisterna, barcos y tuberías. Esta facilidad de manejo y distribución permite que el GLP esté disponible en áreas remotas y de difícil acceso, ampliando su alcance y utilidad (Bencheikh, 2021).

Una de las aplicaciones más innovadoras del GLP es su uso como combustible para vehículos, conocido como autogas. Los vehículos a gasolina pueden ser convertidos para funcionar con GLP mediante la instalación de sistemas especializados que incluyen tanques de almacenamiento, sistemas de inyección adaptados y la capacidad de cambiar entre GLP y gasolina. Este sistema dual ofrece a los conductores la flexibilidad de elegir el combustible más conveniente según la disponibilidad y el costo. El uso de GLP en vehículos proporciona ventajas ambientales significativas, reduciendo las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros contaminantes nocivos, lo que contribuye a la mejora de la calidad del aire urbano (Carrizo, 2022).

En términos económicos, el GLP es generalmente más asequible que la gasolina, lo que representa un ahorro significativo para los usuarios. La infraestructura de recarga de GLP varía según la región, pero en muchas áreas se están realizando esfuerzos para expandir la red de estaciones de servicio que ofrecen autogas, facilitando así su adopción y uso generalizado.

2.1.2 El GLP Como Alternativa de Combustible en Vehículos

El gas licuado de petróleo (GLP) ha ganado reconocimiento como una alternativa eficiente y respetuosa con el medio ambiente en el sector de combustibles para vehículos. Este combustible, compuesto principalmente por propano y butano, se presenta en estado líquido a presiones moderadas, lo que facilita su almacenamiento y distribución (Ludeña, et al., 2023).

Su popularidad como combustible para vehículos se ha incrementado debido a sus

ventajas medioambientales, ya que emite menos dióxido de carbono en comparación con los combustibles fósiles tradicionales como la gasolina y el diésel (Synák, 2020).

El uso de GLP en vehículos ofrece varias ventajas significativas. En términos ambientales, el GLP produce aproximadamente un 15% menos de dióxido de carbono (CO_2) y hasta un 80% menos de óxidos de nitrógeno (NO_x) que la gasolina y el diésel, según un estudio de la Agencia Europea de Medio Ambiente (2020).

Estas reducciones en las emisiones de gases contaminantes contribuyen a la mejora de la calidad del aire, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas. Además, el GLP no contiene azufre, lo que significa que no produce dióxido de azufre (SO_2), un gas que contribuye a la lluvia ácida (Bakach, 2024).

Figura 3

GLP en Vehículo



Tomado de: <https://www.sitec.pe/5-beneficios-del-glp-como-combustible/>

La conversión de vehículos a GLP no solo implica una mayor flexibilidad en la elección del combustible, sino que también contribuye de manera sustancial a la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles convencionales. Esta diversificación de la matriz energética de transporte responde a las crecientes preocupaciones ambientales y posiciona al GLP como una alternativa estratégica para mitigar los impactos negativos asociados con la explotación de recursos no renovables (Cuasapud, 2022).

Un informe de la Asociación Mundial de Autogas (2024), señala que más de 27

millones de vehículos en todo el mundo funcionan con GLP, lo que refleja la creciente aceptación y confianza en este combustible.

Desde una perspectiva económica, el GLP suele ser más asequible que la gasolina y el diésel. Los costos operativos más bajos son un incentivo atractivo para los propietarios de vehículos, ya que pueden ahorrar significativamente en gastos de combustible. Un análisis económico realizado por el Instituto de Economía Energética de la Universidad de Colonia (2020), encontró que el costo del GLP es, en promedio, un 40% menor que el de la gasolina en muchos países europeos. Este aspecto económico no solo impacta positivamente en el bolsillo de los usuarios, sino que también contribuye a la reducción de emisiones contaminantes, alineándose con las metas medioambientales y sostenibles de numerosas jurisdicciones a nivel global.

La incentivación gubernamental hacia vehículos propulsados por GLP no solo refuerza la viabilidad económica de esta alternativa, sino que también impulsa la transición hacia opciones más limpias y sostenibles en el transporte. Programas de subsidios y exenciones fiscales para la conversión de vehículos a GLP han sido implementados en varios países, promoviendo así su adopción generalizada (Carrizo, 2022).

Estos incentivos establecen una conexión directa entre beneficios financieros y ambientales, fortaleciendo el caso del GLP como una solución viable y beneficiosa para el transporte sostenible.

Además, la adopción generalizada de vehículos propulsados por GLP puede tener un impacto positivo en la seguridad energética. Al diversificar las fuentes de energía en el sector del transporte, se reduce la dependencia exclusiva de los combustibles fósiles tradicionales. Esto no solo contribuye a una mayor estabilidad de los precios del combustible, sino que también mejora la resiliencia frente a las fluctuaciones del mercado global de petróleo (Synák, 2020).

El GLP como combustible vehicular ofrece múltiples beneficios que abarcan desde la reducción de emisiones contaminantes y el ahorro económico hasta la mejora de la seguridad energética. La creciente adopción de vehículos a GLP y el apoyo gubernamental a través de incentivos económicos y regulatorios refuerzan su posición como una alternativa sostenible y eficiente a los combustibles tradicionales.

2.1.3 Cilindros para Almacenamiento de GLP

Los cilindros para el almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP) desempeñan un papel crucial en la cadena de suministro y utilización de este combustible. Estos cilindros, también conocidos como tanques de gas o bombonas de gas, están diseñados específicamente para contener y transportar GLP de manera segura y eficiente. Por lo general, están fabricados con materiales resistentes como acero al carbono o aluminio, que son capaces de soportar las presiones a las que el GLP se almacena en estado líquido.

El diseño de los cilindros de GLP está sujeto a estrictas normativas y estándares internacionales para asegurar su seguridad y funcionalidad. Según la normativa ISO 4706 y los estándares de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), los cilindros deben ser fabricados con materiales de alta resistencia y someterse a rigurosas pruebas de calidad, incluyendo pruebas hidrostáticas y de presión para verificar su integridad estructural (ASME, 2020). Estas pruebas aseguran que los cilindros puedan manejar las fluctuaciones de presión que ocurren durante el llenado, el almacenamiento y el uso del GLP.

La capacidad de los cilindros puede variar según su aplicación, desde pequeños cilindros portátiles para uso doméstico hasta grandes tanques estacionarios para suministrar gas a instalaciones industriales. Por ejemplo, los cilindros de GLP utilizados en aplicaciones domésticas generalmente tienen una capacidad de entre 5 y 50 litros, mientras que los cilindros industriales pueden contener varios miles de litros de GLP.

Estos cilindros están equipados con válvulas de seguridad y dispositivos de alivio de

presión para garantizar un manejo seguro del GLP. Estas válvulas permiten la liberación controlada del gas en caso de que la presión interna exceda los niveles seguros, evitando así posibles explosiones o fugas (Lindsey, 2021).

Además, el diseño de los cilindros permite la expansión y contracción del gas en respuesta a cambios de temperatura, manteniendo la integridad estructural del cilindro. Esto es especialmente importante debido a las propiedades termodinámicas del GLP, que se expande cuando se calienta y se contrae cuando se enfría.

Los cilindros deben ser capaces de acomodar estos cambios volumétricos sin comprometer su seguridad o eficiencia (Rodríguez & Torres, 2019).

En el sector del transporte, los cilindros se utilizan comúnmente en vehículos propulsados por GLP. Estos cilindros suelen estar ubicados en compartimientos específicos diseñados para garantizar la seguridad del conductor y de los pasajeros.

Los vehículos a GLP están equipados con sistemas de inyección de gas y reguladores que controlan la cantidad de gas suministrada al motor, optimizando su desempeño y reduciendo las emisiones contaminantes.

Según un estudio de la AEGPL (Asociación Europea de Gas Licuado de Petróleo), los vehículos que utilizan GLP emiten significativamente menos contaminantes en comparación con los vehículos que utilizan gasolina o diésel (AEGPL, 2021).

2.1.4 Tipos de Cilindros

Existen diversos tipos de cilindros diseñados para el almacenamiento y transporte de Gas Licuado de Petróleo (GLP), cada uno adaptado a diferentes aplicaciones y necesidades específicas. Esta variabilidad en el diseño permite una versatilidad que se ajusta a las demandas particulares de distintos sectores, optimizando así la eficiencia y seguridad en el manejo del GLP. Kivevele (2021), describen algunos de los tipos más comunes y sus capacidades y presiones:

Los Cilindros Domésticos: Estos cilindros domésticos de Gas Licuado de Petróleo (GLP), con capacidades de 5 a 45 kilogramos, no solo son habituales en hogares, sino que también se destacan por su versatilidad, proporcionando una fuente eficiente y conveniente de energía para la cocina, calefacción y calentamiento de agua.

Figura 4

Cilindro Doméstico



Tomado de: <https://www.ecoline.com.ec/shop/product/659036-cilindro-de-gas-15-kg-azul-86#attr=>

Los Cilindros Industriales: Con capacidades superiores que abarcan desde decenas hasta varios cientos de kilogramos, estos cilindros industriales de Gas Licuado de Petróleo (GLP) se convierten en pilares esenciales en aplicaciones comerciales e industriales. Su función principal se extiende más allá del ámbito doméstico, siendo piezas clave en sistemas de calefacción eficientes y procesos de manufactura en diversas industrias.

Figura 5

Cilindro Industrial



Tomado de <http://m.cncdliquidtank.com/liquefied-petroleum-gas-tank/lpg-storage-tank-cncd/lpg-tank-cylindrical-tanks-industrial.html>

Los Cilindros para Vehículos: Utilizados en la propulsión de automóviles mediante GLP están diseñados para adaptarse a los compartimentos específicos de los vehículos. Su capacidad varía según el diseño del sistema de combustible y la autonomía requerida.

Figura 6

Cilindro para Vehículos



Tomado de: <https://airgpl.com/>

Los Tanques Estacionarios: De gran tamaño y con capacidades que varían desde cientos hasta miles de litros, los tanques estacionarios de Gas Licuado de Petróleo (GLP) ocupan un lugar destacado en la infraestructura de lugares clave, como estaciones de servicio y complejos residenciales. Su instalación estratégica asegura un suministro constante y confiable de GLP, sirviendo como fuente principal para abastecer no solo vehículos, sino también satisfacer las necesidades energéticas de comunidades residenciales y comerciales de mayor envergadura.

Figura 7

Tanques Estacionarios



Tomado de: <http://m.cncdliquidtank.com/>

Los Cilindros para Auto Gas: Están especialmente diseñados para ser parte integral de los sistemas de combustible de vehículos que utilizan GLP como combustible. Estos cilindros están contruidos con materiales ligeros pero resistentes, optimizando la eficiencia del espacio en el vehículo y cumpliendo con estándares rigurosos de seguridad.

Figura 8

Cilindros para Auto Gas



Tomado de: <https://gasvehicular.pe/producto/tanque-cilindro-de-60lts-315x856/>

Tabla 1

Capacidades y Presiones de los Tipos de Cilindros GLP

Tipo de cilindro	Capacidad (kg)	Capacidad (l)	Presión (bar)
Doméstico	5 - 45	10 - 90	2 - 8
Industrial	46 - 244	86 - 456	2 - 8
Vehicular	10 - 80	20 - 160	10 - 20
Estacionario	500 - 5000	1000 - 10000	10 - 20
Auto gas	10 - 80	20 - 160	10 - 20

Nota: Se presenta las capacidades y presiones que tienen los distintos tipos de cilindros GLP.

2.1.5 Cilindros de Baja Presión

Los cilindros de baja presión son dispositivos que almacenan y suministran gases a presiones moderadas, fabricados con materiales resistentes y ligeros. Su diseño les permite ser manejables y seguros para diversas aplicaciones, tanto en la industria como en la medicina, la ciencia, la alimentación, la refrigeración, la investigación y la educación.

Estos cilindros son muy versátiles y útiles para el manejo de gases como oxígeno,

gases anestésicos, gases de soldadura y carbonatación de bebidas (Quijano, 2022).

El diseño y la construcción de los cilindros de baja presión están específicamente adaptados para contener gases a presiones moderadas, lo que facilita su transporte, almacenamiento y utilización en entornos donde no se requiere una presión elevada.

Según la norma ISO 9809, estos cilindros están diseñados para soportar presiones que varían típicamente entre 150 y 200 bar, dependiendo del gas contenido y su uso específico (ISO, 2019). Los materiales utilizados, como el aluminio y los compuestos de fibra, no solo ofrecen resistencia y durabilidad, sino que también contribuyen a la reducción de peso, mejorando así la portabilidad y el manejo seguro (Shinji, 2020).

Estos cilindros desempeñan un papel crucial en una amplia gama de campos, facilitando la distribución controlada de gases a presiones moderadas de manera eficiente y segura (Álvarez, 2020). El diseño de los cilindros de GLP para vehículos incorpora múltiples características de seguridad para manejar de manera segura el gas licuado.

Incluyen válvulas de alivio de presión que se activan si la presión interna excede los límites seguros, permitiendo la liberación controlada del gas y evitando explosiones (Vargas, 2020). Además, los cilindros están equipados con dispositivos de cierre automático que previenen fugas en caso de desconexión accidental o daño a las líneas de suministro.

La instalación de cilindros de GLP en vehículos se realiza en compartimientos específicos, generalmente en el maletero o debajo del chasis, donde están protegidos y asegurados para evitar movimientos durante la conducción. Estos compartimientos están diseñados para maximizar la seguridad y el espacio, minimizando al mismo tiempo el impacto en la capacidad de carga del vehículo (Hernández & Martínez, 2021).

2.1.6 Ensayos de Cilindros de Baja Presión

Los ensayos de cilindros de baja presión son procedimientos de evaluación sistemática aplicados a recipientes diseñados para contener gases a presiones moderadas.

Estos ensayos buscan verificar la integridad estructural y funcional de los cilindros, asegurando su idoneidad para aplicaciones específicas, como el almacenamiento y suministro de gases en diversos sectores (Pérez, 2022).

Ensayo de Presión Hidráulica: Se destacan los parámetros críticos de las pruebas hidráulicas y sus límites aceptables. Cada cilindro producido en las unidades de fabricación debe someterse a pruebas hidráulicas. Dichas pruebas son esenciales para revelar aspectos como la expansión volumétrica (VE), la presión de estallido (BP) y las tensiones circulares nominales (NHS), todos ellos considerados como parámetros en la evaluación de la seguridad de los cilindros de GLP.

Los fabricantes deben cumplir con estos estándares para garantizar la fiabilidad y seguridad de los cilindros, lo que contribuye a la protección de los usuarios y del entorno (Ladino, 2022).

Estas pruebas revelan aspectos cruciales como la capacidad de líquido del cilindro, la presencia de fugas, la expansión volumétrica, la presión de estallido y la tensión circular nominal a la que el cilindro puede soportar ráfagas. Estas medidas aseguran la calidad y seguridad de los cilindros de GLP, garantizando su idoneidad para el almacenamiento y transporte de gas licuado de petróleo.

En resumen, este riguroso proceso de certificación y prueba es fundamental para proteger la integridad de los cilindros y la seguridad de los usuarios finales (Gutierrez, 2020).

Cada cilindro producido en un lugar de fabricación debe someterse a una prueba hidráulica. En esta prueba, los cilindros se someten a una presión de prueba hidráulica de 25 kgf/cm² y retienen esta presión hasta por 30 segundos para verificar cualquier caída de presión. Una vez que se seca la superficie externa del cilindro, se revisan para detectar fugas externas visuales y caídas de presión.

Si se observa alguna caída de presión o cualquier fuga externa visible en cuerpo del

cilindro o en soldaduras, el cilindro se considera no apto para su uso. Este proceso de evaluación durante la prueba hidráulica garantiza que solo los cilindros que cumplen con los estándares de seguridad establecidos sean puestos en servicio (Cusanguá, 2021).

En términos de consecuencias, un cilindro que no pasa la prueba hidráulica no debería ser utilizado para contener gas licuado de petróleo (GLP) u otros fluidos a alta presión. La falta de aprobación en la prueba hidráulica indica un riesgo potencial de ruptura o fuga durante el uso, lo que podría provocar accidentes graves, como explosiones o incendios. Por lo tanto, es fundamental que los cilindros que no pasen esta prueba sean retirados de la circulación y no se pongan en servicio.

La falta de aprobación en la prueba hidráulica indica un riesgo potencial de ruptura o fuga durante el uso, lo que podría provocar accidentes graves, como explosiones o incendios (Fontecha, 2022).

Prueba de Estanqueidad: La prueba de estanqueidad en cilindros de Gas Licuado de Petróleo (GLP) es un procedimiento fundamental para garantizar la integridad y seguridad de estos dispositivos. La estanqueidad se refiere a la capacidad del cilindro para retener el gas sin fugas, evitando pérdidas o escapes no deseados.

Este proceso es crucial, ya que cualquier fuga de GLP podría resultar en situaciones peligrosas debido a la inflamabilidad y volatilidad del gas (Venegas, 2024).

La prueba de estanqueidad generalmente se realiza mediante la aplicación de presión al cilindro y la observación de cualquier cambio en la presión a lo largo del tiempo. Si el cilindro está sellado de manera efectiva, la presión interna debería mantenerse constante dentro de ciertos límites predefinidos. Si hay alguna fuga, se pueden detectar variaciones en la presión, lo que indica que el cilindro no es hermético y requiere reparación o reemplazo (Hellas, 2021).

2.1.7 Normativas de Referencia para Cilindros con GLP

NTE INEN 327:2011: La norma NTE INEN 327:2011 es una Norma Técnica Ecuatoriana obligatoria que establece los procedimientos para la revisión de cilindros de acero para gas licuado de petróleo (GLP) de uso doméstico que se encuentran en circulación, para determinar su estado de conservación y aptitud para el uso o su retiro inmediato. Según Vélez (2019) esta norma se aplica a los cilindros de acero para GLP certificados, de acuerdo con la NTE INEN 111 Página 3.

De acuerdo con la NTE INEN 327:2011, los procedimientos de revisión incluyen inspecciones visuales y pruebas no destructivas para detectar posibles daños o deterioros en los cilindros. Estas pruebas pueden incluir ensayos de presión, inspección de válvulas y conexiones, así como la verificación de la integridad estructural del cilindro.

El objetivo es identificar cualquier signo de corrosión, deformación, o desgaste que pueda comprometer la seguridad del cilindro durante su uso (Instituto Nacional de Normalización, 2011).

Esta norma se aplica específicamente a los cilindros de acero para GLP que han sido certificados de acuerdo con la NTE INEN 111. La NTE INEN 111 establece los requisitos de diseño, fabricación, inspección y ensayo inicial de los cilindros de acero para GLP. Esto incluye especificaciones sobre los materiales utilizados, el proceso de fabricación, y los ensayos de calidad que deben pasar los cilindros antes de ser puestos en circulación.

La NTE INEN 327:2011 complementa esta norma al centrarse en la revisión periódica de los cilindros ya en uso, asegurando que continúen cumpliendo con los estándares de seguridad y calidad establecidos para su operación segura. Esta norma especifica los procedimientos para la inspección, prueba y mantenimiento de los cilindros de GLP, verificando que no presenten daños, corrosión, ni pérdida de integridad estructural que puedan comprometer su uso.

La NTE INEN 327:2011 se diferencia de otras normas relacionadas con el GLP, como la NTE INEN 111, que especifica los requisitos de diseño, fabricación, inspección y ensayo de los cilindros de acero para GLP, y la NTE INEN 2209, que establece los requisitos mínimos de seguridad para el transporte, almacenamiento, distribución y uso del GLP.

Mientras que la NTE INEN 111 se centra en los aspectos iniciales de la producción y certificación de los cilindros, y la NTE INEN 2209 abarca un enfoque más amplio de la cadena de suministro y uso del GLP, la NTE INEN 327:2011 se enfoca específicamente en la fase de revisión y mantenimiento de los cilindros en circulación (Instituto Nacional de Normalización, 2011).

La implementación de la NTE INEN 327:2011 es crucial para garantizar que los cilindros de GLP utilizados en Ecuador sean seguros y fiables. Los procedimientos establecidos en esta norma ayudan a prevenir accidentes y a prolongar la vida útil de los cilindros, contribuyendo a la seguridad del público y a la sostenibilidad del suministro de GLP. Además, la revisión regular de los cilindros según los estándares de esta norma asegura que los cilindros que no cumplen con los criterios de seguridad sean retirados del servicio de manera oportuna, reduciendo así el riesgo de incidentes (Vélez, 2019).

NTE INEN 2261:2001: La norma NTE INEN 2261:2001 es una Norma Técnica Ecuatoriana que establece los requisitos y procedimientos de inspección para tanques destinados al almacenamiento de gases a baja presión. Esta norma es crucial para asegurar que los tanques utilizados en diversas aplicaciones, incluyendo el almacenamiento de gas licuado de petróleo (GLP), cumplan con los estándares de seguridad y calidad necesarios para su operación segura.

La NTE INEN 2261:2001 detalla las especificaciones técnicas que deben cumplir los tanques de baja presión, incluyendo los materiales de construcción, el diseño, y los métodos de fabricación. Los materiales utilizados, como el acero y el aluminio, deben cumplir con

normas específicas de resistencia y durabilidad para garantizar que los tanques puedan soportar las presiones internas y las condiciones ambientales a las que estarán expuestos (Instituto Nacional de Normalización, 2001).

Además, esta norma especifica los procedimientos de inspección que deben realizarse tanto durante la fabricación como a lo largo de la vida útil de los tanques. Estas inspecciones incluyen pruebas no destructivas como ensayos ultrasonidos, inspecciones visuales y pruebas de presión para asegurar que no haya defectos estructurales que puedan comprometer la integridad del tanque. También se establecen intervalos de inspección periódica para garantizar que los tanques se mantengan en condiciones seguras durante su uso (Instituto Nacional de Normalización, 2001).

La implementación de la NTE INEN 2261:2001 es esencial para la industria del GLP en Ecuador, ya que proporciona un marco normativo que asegura la seguridad y eficiencia en el almacenamiento y manejo de gases a baja presión. Cumplir con esta norma ayuda a prevenir accidentes y garantiza que los tanques de almacenamiento sean seguros y fiables, protegiendo tanto a los usuarios como al medio ambiente.

2.1.8 Normativas Internacionales

Normativa Técnica Peruana NTP 321.115 2003: La norma NTP 321.115 2003 regula los equipos de carburación a Gas Licuado de Petróleo (GLP) en motores de combustión interna, así como la conversión de motores de gasolina a carburación dual GLP/gasolina o exclusivamente a GLP. Adaptada del estándar internacional ISO 15500-1:2001, esta norma peruana establece requisitos para componentes críticos tales como válvulas, tanques, mezcladores, reductores, vaporizadores, y sistemas de control y seguridad.

La normativa cubre todos los aspectos esenciales para garantizar que los sistemas de GLP en vehículos sean seguros, eficientes y conformes a los estándares internacionales.

La NTP 321.115 2003 define el alcance de la regulación, que incluye la instalación de

equipos de GLP en vehículos nuevos y la conversión de vehículos existentes que funcionan con gasolina a sistemas duales GLP/gasolina o sistemas exclusivos de GLP. Este enfoque permite una mayor flexibilidad para los usuarios y fomenta la adopción del GLP como una alternativa viable y más limpia en comparación con los combustibles tradicionales.

Entre los componentes regulados por esta norma se encuentran las válvulas de seguridad, diseñadas para prevenir fugas de GLP mediante mecanismos de cierre automático en caso de detección de anomalías en la presión. Los tanques de almacenamiento, otro componente clave, deben cumplir con estrictos estándares de resistencia y durabilidad, asegurando que puedan soportar las variaciones de presión y temperatura durante el uso normal del vehículo.

Los mezcladores y vaporizadores son esenciales para garantizar la correcta mezcla de GLP con aire, permitiendo una combustión eficiente y reducida en emisiones contaminantes (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 2003).

La norma también aborda la instalación de equipos de GLP, especificando procedimientos para asegurar que todos los componentes estén adecuadamente montados y conectados. Esto incluye directrices para la ubicación segura de los tanques de GLP en el vehículo, generalmente en el maletero o debajo del chasis, y la correcta disposición de las líneas de gas para minimizar riesgos de fuga o daño durante la operación del vehículo.

El mantenimiento y la inspección regular de los sistemas de GLP también están cubiertos por la NTP 321.115 2003. Se especifican intervalos de mantenimiento y procedimientos de inspección para asegurar que los equipos de GLP sigan funcionando de manera segura y eficiente.

Estos procedimientos incluyen la revisión de válvulas, líneas de gas, tanques, y sistemas de control, así como la realización de pruebas de presión y fugas. Este enfoque proactivo en el mantenimiento ayuda a prevenir incidentes y prolonga la vida útil de los

equipos de GLP (Comision de Reglamentos Técnicos y Comerciales, 2003).

Además de los aspectos técnicos, la norma incorpora definiciones y términos clave para asegurar una comprensión común entre todos los involucrados en la instalación y mantenimiento de equipos de GLP. Esto incluye definiciones de componentes específicos, tipos de sistemas de carburación y procedimientos de inspección, lo cual es esencial para mantener la coherencia y precisión en la aplicación de la normativa.

La adaptación de la NTP 321.115 2003 del estándar ISO 15500-1:2001 asegura que la regulación peruana esté alineada con las mejores prácticas internacionales, facilitando el comercio y la cooperación internacional en tecnologías de GLP. Esta alineación también garantiza que los equipos y componentes importados cumplan con los mismos altos estándares de seguridad y rendimiento que se esperan en mercados globales (International Organization for Standardization, 2001).

La norma NTP 321.115 2003 proporciona un marco integral para la regulación de equipos de carburación a GLP en vehículos de combustión interna en Perú. Al establecer requisitos claros para componentes críticos, instalación, mantenimiento e inspección, esta norma asegura que los sistemas de GLP sean seguros, eficientes y conformes con los estándares internacionales, promoviendo así la adopción de GLP como una alternativa sostenible y viable para el transporte.

2.2 Marco Conceptual

El marco conceptual es una sección de un proyecto de investigación donde se definen los conceptos clave y se expone la perspectiva teórica que orienta el estudio. Su objetivo es establecer un lenguaje común entre el investigador y los lectores, así como fundamentar las hipótesis y los métodos que se emplearán.

2.2.1 Gas

El gas es un estado de la materia que carece de forma y volumen definidos,

caracterizado por partículas en movimiento constante y con mayor separación que en los estados sólido y líquido (Carrizo, 2022).

2.2.2 *Petróleo*

El petróleo es un recurso natural compuesto por una mezcla de hidrocarburos líquidos, extraído del subsuelo, utilizado como materia prima para la producción de combustibles, lubricantes y numerosos productos químicos (Aleman, 2023).

2.2.3 *Normativas*

Las normativas son reglas o estándares establecidos por autoridades o instituciones para regular actividades, productos o procesos, con el objetivo de asegurar la seguridad, calidad y cumplimiento de ciertos criterios (Albarracín, 2020).

2.2.4 *Presión en Cilindros*

La presión en cilindros se refiere a la fuerza ejercida por un gas confinado en un recipiente cerrado, como los cilindros de gas (Pedersen, 2022).

2.2.5 *Ensayo Hidrostático*

El ensayo hidrostático es una prueba que evalúa la resistencia y la integridad estructural de un recipiente a presión, como un cilindro, al someterlo a una presión hidráulica controlada (Zhang, 2021).

2.2.6 *Válvulas de Baja Presión*

Las válvulas en un vehículo son componentes que controlan el flujo de líquidos o gases, como en el sistema de admisión y escape del motor (Velepucha, 2021).

2.2.7 *GLP (Gas Licuado de Petróleo)*

Hidrocarburo gaseoso compuesto principalmente por propano y butano, que se licua mediante la aplicación de presión moderada para su almacenamiento y transporte (Quintero, 2022).

2.2.8 Impacto Ambiental

Efecto que una acción, actividad o proceso tiene sobre el medio ambiente, incluyendo la calidad del aire, agua, suelo y ecosistemas (López, 2019).

2.2.9 Mantenimiento Preventivo

Conjunto de actividades realizadas regularmente para mantener un equipo en condiciones óptimas de funcionamiento y prevenir fallos (García, 2020).

2.2.10 Norma Técnica

Documento que establece especificaciones técnicas y criterios para asegurar que los productos, procesos y servicios sean adecuados para su propósito (ISO, 2021).

2.2.11 Seguridad Operacional

Conjunto de medidas y prácticas destinadas a garantizar que las operaciones se realicen sin riesgo para las personas, la propiedad o el medio ambiente (Santos, 2019).

2.2.12 Sostenibilidad

Capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para satisfacer las suyas, manteniendo el equilibrio ecológico y económico (Pérez , 2019).

2.2.13 Tanque de GLP

Recipiente diseñado para almacenar gas licuado de petróleo bajo presión, utilizado en aplicaciones domésticas, industriales y vehiculares (Almeida, 2021).

2.2.14 Transporte de GLP

Proceso de mover gas licuado de petróleo desde el punto de producción hasta el punto de consumo, utilizando medios como camiones cisterna, barcos y (Ruiz, 2020).

2.2.15 Equipo de Prueba Hidrostática/Hidráulica

Dispositivo utilizado para verificar la resistencia y la integridad estructural de un cilindro sometándolo a una presión interna mayor que la de operación normal, mediante el

uso de agua o un fluido hidráulico.

2.2.16 Medidor de Espesor por Ultrasonido

Instrumento que utiliza ondas ultrasónicas para medir el espesor de las paredes de un cilindro, permitiendo detectar zonas debilitadas o corroídas sin necesidad de realizar cortes o perforaciones (Fontecha, 2022).

2.2.17 Sonda para Revisión Interna

Herramienta, generalmente equipada con una cámara o luz, que se inserta dentro del cilindro para inspeccionar visualmente su interior, identificando posibles defectos como corrosión, grietas o depósitos (Pedersen, 2022).

2.2.18 Equipo para Limpieza Interna (Mediante Bolas de Acero)

Sistema que utiliza bolas de acero para remover depósitos de óxido, suciedad o residuos en las paredes internas del cilindro, garantizando su limpieza y funcionamiento adecuado (Navarro, 2023).

2.2.19 Secadora de Cilindros

Dispositivo que utiliza aire caliente o aire comprimido para eliminar la humedad residual del interior del cilindro después de la limpieza, evitando la corrosión y preparando el cilindro para su uso o almacenamiento (Zhou et al, 2019).

2.2.20 Nitrógeno Comprimido

Gas inerte utilizado para purgar, limpiar y neutralizar el interior de un cilindro, eliminando restos de gases inflamables y previniendo la oxidación antes de su almacenamiento o revisión (Quintero, 2022).

2.2.21 Ensayo no Destructivo

Un ensayo no destructivo es una técnica de inspección que permite evaluar la integridad y propiedades de un cilindro de GLP sin causar daños o alterar su estructura física, asegurando que se pueda seguir utilizando de manera segura. Ejemplos incluyen la prueba

hidrostática y la medición de espesores por ultrasonido (Zhou et all, 2019)

2.2.22 Balanza

Instrumento de precisión utilizado para medir el peso de un cilindro, tanto vacío como lleno, permitiendo verificar la tara y detectar cualquier pérdida de material que pueda indicar deterioro o daños estructurales debido a la corrosión (Rodríguez, 2020).

Según Appold (1984), citado por Vera (2006), indica que "la corrosión ha sido también definida como el deteriora indeseable de un metal, motivado por la interacción con el medio, lo cual afecta las propiedades que se desea preservar" (pág. 4).

2.2.23 Atomizador con Agua y Jabón

Herramienta manual que rocía una mezcla de agua y jabón sobre la superficie del cilindro durante la prueba hidráulica para detectar la presencia de fugas a través de la formación de burbujas (Valencia, 2020).

2.2.24 Compresor de Aire

Equipo que genera aire comprimido para eliminar partículas, polvo o residuos del interior del cilindro, asegurando que esté completamente limpio y seco antes de su uso (Mohammed et all, 2020).

2.2.25 Tara

Se refiere al peso del envase o contenedor en el que se encuentra un producto. Al pesar el producto, se debe restar el peso de la tara para obtener el peso neto del contenido (Vargas, 2020).

Capítulo III

Guía de Procedimientos y Área para la Revisión de los Cilindros GLP

A continuación, se describe el área, diseño de la guía de procedimientos y los equipos necesarios para realizar las pruebas y revisiones de los cilindros de GLP.

3.1 Diseño de una Guía de Procedimientos para la Revisión de Cilindros de GLP

Con base en los estudios y análisis realizados, se diseñó una guía de procedimientos estandarizados para la revisión de cilindros de GLP utilizados en vehículos de alquiler. La guía incluye los siguientes aspectos:

3.1.1 Registro y Recepción

El proceso de recepción y registro es fundamental para asegurar un control riguroso y detallado de cada cilindro de GLP. Este primer paso garantiza que se dispone de toda la información necesaria para el seguimiento y la evaluación adecuada de cada cilindro a lo largo del proceso de revisión.

Registro de Datos Técnicos: La documentación precisa de los datos técnicos del cilindro es crucial para evaluar su estado y asegurar su trazabilidad. Los datos técnicos que se deben registrar incluyen:

Presión de Servicio: Es la presión máxima a la que el cilindro está diseñado para operar de manera segura bajo condiciones normales de uso.

- **Importancia:** Conocer la presión de servicio permite determinar la capacidad del cilindro para contener GLP sin riesgos de fallas estructurales.

Presión de Prueba Hidráulica: Es la presión a la que el cilindro es sometido durante la prueba hidrostática/hidráulica para verificar su integridad.

- **Importancia:** Asegura que el cilindro puede soportar una presión superior a la de servicio, garantizando su seguridad en condiciones extremas.

Fabricante: Nombre del fabricante del cilindro.

- Importancia: Permite rastrear el origen del cilindro y verificar si hay alertas o retiros de productos asociados con ese fabricante.

Norma de Fabricación: Estándar bajo el cual el cilindro fue fabricado, como la NTE INEN 111 o normas internacionales equivalentes.

- Importancia: Asegura que el cilindro cumple con los requisitos técnicos y de seguridad necesarios.

Tara: Peso del cilindro vacío.

- Importancia: Es esencial para determinar el peso total cuando el cilindro está lleno y para verificar la pérdida de material durante su vida útil.

Capacidad: Volumen del cilindro, generalmente medido en litros de agua o metros cúbicos.

- Importancia: Permite calcular el volumen de gas que puede contener, crucial para la planificación del llenado y uso.

Fecha de Fabricación: Indica cuándo fue fabricado el cilindro.

- Importancia: La antigüedad del cilindro puede afectar su integridad y determinar la necesidad de pruebas adicionales o reemplazo.

3.1.2 Procedimiento de Registro de Datos Técnicos

Recepción del Cilindro: Al llegar el cilindro al Taller de Revisión, se coloca en la zona designada para la recepción.

- Un técnico especializado verifica visualmente que el cilindro no presente daños críticos que impidan su manejo seguro.

Documentación de Datos: El técnico recopila los datos desde la placa de identificación del cilindro y cualquier documentación adicional proporcionada.

- Los datos se ingresan en el sistema de gestión del taller y se registran en un formulario de inspección impreso.

Verificación de Datos: Se verifica que los datos registrados coincidan con la información en la placa técnica del cilindro.

- Se archivan electrónicamente para facilitar el seguimiento y la generación de informes detallados.

Asignación de Identificación Única: Para asegurar un seguimiento adecuado y evitar confusiones, cada cilindro recibe un código único de identificación. Este código es crucial para la trazabilidad y el seguimiento a lo largo del proceso de revisión y mantenimiento.

Formato del Código: El código puede estar compuesto por una combinación de letras y números que indiquen el año de fabricación, el número de serie del cilindro y un código específico de la planta de revisión.

1. Ejemplo: "G-2023-0001", donde "G" indica el taller de Guayaquil, "2023" es el año de recepción y "0001" es el número de serie.

Registro Electrónico: El código de identificación y todos los datos técnicos se ingresan en una base de datos electrónica.

- Importancia: Permite la búsqueda y recuperación rápida de sobre el cilindro, facilitando el seguimiento de su estado e historial de mantenimiento información.

Etiqueta Adicional: Para mayor seguridad, se puede adherir una etiqueta resistente al desgaste con el código de identificación.

- Importancia: La etiqueta puede incluir un código QR para facilitar la lectura electrónica y el acceso rápido a los datos del cilindro mediante dispositivos móviles.

3.1.3 Procedimiento de Asignación de Identificación Única

Generación del Código: Un técnico genera un código único de identificación siguiendo el formato predefinido.

- El código es registrado en la base de datos electrónica del sistema de gestión de la planta.

Marcado del Cilindro: Utilizando un dremel o marquilla, el técnico marca físicamente el código en el cilindro en una ubicación designada, como lo indica la NTE INEN 2049.

- Se asegura que la marca sea legible y duradera y que cumpla con los estándares de visibilidad requeridos para facilitar su identificación durante inspecciones futuras.

Etiquetado: Se adhiere una etiqueta resistente al desgaste con el código de identificación, si es necesario.

- La etiqueta puede incluir un código QR para facilitar la lectura electrónica, esta debería ser de un material resistente a condiciones adversas.

Registro Electrónico: El técnico ingresa el código de identificación y los datos técnicos en la base de datos electrónica.

- Se verifica que toda la información esté correctamente registrada para asegurar la trazabilidad del cilindro y facilitar su monitoreo en futuras inspecciones o mantenimientos. (Ver anexo B).

3.2 Estudio de Requerimientos Técnicos y Equipos Adecuados para la Revisión de los Cilindros de GLP

El estudio de los requerimientos técnicos y los equipos adecuados para la revisión de cilindros de Gas Licuado de Petróleo (GLP) es esencial para asegurar la seguridad y eficiencia en el uso de estos cilindros, especialmente en vehículos de alquiler.

La correcta revisión y mantenimiento de los cilindros de GLP no solo prolonga su vida útil, sino que también minimiza el riesgo de accidentes asociados con fugas de gas o explosiones. Este apartado detalla los equipos necesarios y el procedimiento a seguir para llevar a cabo una revisión integral de los cilindros de GLP.

3.2.1 Equipos e Implementos Necesarios

Para la realización de las pruebas hidráulicas y la revisión de cilindros de GLP, se requerirán diversos equipos especializados. Estos incluyen:

- Equipo de Prueba Hidráulica/ Hidrostática.
- Medidor de Espesor por Ultrasonido.
- Sonda para Revisión Interna.
- Equipo para Limpieza Interna (mediante bolas de acero).
- Secadora de Cilindros.
- Balanza.
- Nitrógeno Comprimido para Neutralización y Limpieza.
- Atomizador con Agua y Jabón.
- Compresor de Aire para Limpiar el Interior del Cilindro.

Estos equipos son esenciales para asegurar que cada cilindro sea evaluado y mantenido según los estándares de seguridad.

A continuación, se describe cada uno de ellos y su función específica:

Equipo de Prueba Hidrostática/Hidráulica: Este equipo fue fundamental para evaluar la integridad estructural de los cilindros bajo presión. Se bombeó manualmente hasta alcanzar la presión hidráulica indicada en la placa técnica del cilindro, manteniéndola durante 30 segundos.

Este procedimiento permite simular las condiciones de uso real del cilindro de GLP vehicular, verificando así su resistencia, capacidad y seguridad de mantener la presión sin fugas.

Figura 9

Equipo de Prueba Hidráulica



Medidor de Espesor por Ultrasonido: Se utilizó para medir el espesor de las paredes del cilindro. Este equipo proporcionó una evaluación precisa del estado del material del cilindro, asegurando que aún cumpliera con los estándares de seguridad. La sonda de ultrasonido para la medición de espesores en un cilindro de GLP se coloca en zonas clave como las soldaduras longitudinales y circunferenciales, las áreas planas de la pared cilíndrica, y cerca de los extremos del cilindro (cascos).

Figura 10

Medidor de Espesor por Ultrasonido



Sonda para Revisión Interna: Esta herramienta permitió la inspección visual del interior del cilindro, detectando posibles corrosiones, residuos o daños internos que no eran visibles desde el exterior.

Figura 11

Sonda para Revisión Interna



Equipo para Limpieza Interna (Mediante Bolas de Acero): Se utilizó para eliminar la corrosión y los residuos dentro del cilindro, asegurando que el interior del cilindro estuviera limpio y libre de obstrucciones que pudieran afectar su rendimiento.

Figura 12

Equipo para Limpieza Interna



Secadora de Cilindros: Después de la limpieza interna y las pruebas hidráulicas, fue esencial secar completamente el interior del cilindro para prevenir la formación de óxido y garantizar que estuviera listo para su uso.

Figura 13

Secadora de Cilindros



Nitrógeno Comprimido para Neutralización y Limpieza: El nitrógeno se utilizó para inertizar y limpiar el cilindro, eliminando cualquier residuo de gases inflamables y asegurando que el cilindro estuviera seguro para las pruebas y el uso posterior.

Figura 14

Tanque Nitrógeno Comprimido



Atomizador con Agua y Jabón: Herramienta simple pero efectiva para detectar fugas durante la prueba hidráulica. El agua jabonosa permitió identificar visualmente cualquier fuga de gas a través de la formación de burbujas.

Figura 15

Atomizador con Agua y Jabón



Compresor de Aire para Limpiar el Interior del Cilindro: Se utilizó para secar y limpiar el interior del cilindro después de las pruebas hidráulicas, asegurando que no quedaran residuos de agua o partículas de óxido.

Figura 16

Compresor de Aire



Balanza: La balanza se utilizó para medir con precisión la tara o el peso total de los cilindros de GLP. Este proceso es esencial para determinar si ha habido alguna pérdida de material que podría indicar desgaste, corrosión interna o daños estructurales en el cilindro.

Figura 17

Balanza



3.3 Metodología Aplicada

El enfoque mixto de esta investigación permite combinar las fortalezas de los métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión más profunda y completa del problema y las posibles soluciones.

3.3.1 Método Mixto

Cuantitativo: En el ámbito cuantitativo, la investigación se centrará en la medición de variables clave como la capacidad de los cilindros, la presión de trabajo, el rendimiento del GLP, y el consumo de GLP en vehículos de alquiler en Guayaquil.

Esto se logra a través de la recopilación y análisis de datos numéricos, utilizando herramientas estadísticas para evaluar la efectividad y seguridad de los cilindros en uso. Además, se realizarán encuestas y recolección de datos empíricos sobre el número de vehículos que utilizan GLP, las frecuencias de recarga y el estado general de los cilindros.

Cualitativo: Por el lado cualitativo, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva del estado de los cilindros de GLP utilizados en vehículos de alquiler. Esto implicará entrevistas con expertos del sector, análisis de la normativa existente, y la identificación de posibles riesgos asociados al uso de cilindros de GLP. Se explorarán aspectos como las prácticas de mantenimiento actuales, la percepción de los conductores de taxis sobre la seguridad de los cilindros, y las políticas regulatorias vigentes. Estos aspectos, aunque no siempre cuantificables, son cruciales para garantizar el cumplimiento normativo y la seguridad de los usuarios.

3.3.2 Tipo de Estudio

Según el nivel de conocimiento científico al que se pretende llegar con esta investigación, se formulan los siguientes tipos de estudios:

Investigación Exploratoria: La investigación exploratoria tiene como objetivo abordar un problema identificado de manera preliminar, proporcionando una base para estudios más detallados. Esta fase incluye la revisión de literatura existente sobre la seguridad y mantenimiento de cilindros de GLP, la identificación de brechas en el conocimiento actual, y la formulación de hipótesis iniciales.

Este enfoque garantiza que las soluciones propuestas se basen en una comprensión holística y detallada de las dimensiones del problema, permitiendo un análisis más profundo durante la ejecución del proyecto.

Investigación de Campo: La investigación de campo es esencial para proporcionar una descripción detallada de la situación actual en Guayaquil con respecto al uso de cilindros de GLP en vehículos de alquiler.

Este tipo de estudio incluirá la recopilación de datos primarios a través de encuestas a conductores de taxis, entrevistas con operadores de estaciones de servicio y observación directa de las prácticas de revisión de cilindros. También se documentarán las condiciones de

la infraestructura existente y las prácticas operativas en la ciudad. Los datos recopilados permitirán una comprensión precisa y contextualizada de los desafíos y necesidades específicos de la región.

Investigación Aplicada: La investigación aplicada se centrará en el análisis y procesamiento sistemático de los datos recopilados, con el objetivo de desarrollar conclusiones y recomendaciones prácticas para la implementación del área de revisión de cilindros de GLP. Este proceso incluirá el uso de software de análisis estadístico y cualitativo para interpretar los datos y evaluar la viabilidad de diferentes enfoques y soluciones. Las conclusiones obtenidas servirán como base para la formulación de políticas y procedimientos específicos que mejoren la seguridad y eficiencia del uso de GLP en vehículos de alquiler en Guayaquil.

3.4 Inspección Externa

La inspección externa es una etapa crucial en el proceso de revisión de cilindros de GLP vehicular, ya que permite identificar visualmente cualquier daño físico o defecto que pueda comprometer la integridad del cilindro y su seguridad en uso. Esta inspección se realiza antes de cualquier prueba más intrusiva para asegurar que los cilindros que presentan defectos críticos no continúen en el proceso y sean manejados adecuadamente.

Figura 18

Cilindro con Abolladuras y Cortes



3.4.1 Inspección Visual

La inspección visual se realiza siguiendo un protocolo detallado para asegurar que todos los posibles defectos sean identificados y evaluados adecuadamente. Este procedimiento incluye la verificación de varios aspectos específicos del cilindro.

Preparación para la Inspección:

- El cilindro se coloca en un área bien iluminada y segura, idealmente en una estación de inspección dedicada que permita una vista completa y clara de toda su superficie.
- El inspector debe estar equipado con herramientas básicas como linternas, espejos de inspección y herramientas de medición para facilitar una evaluación detallada, así como con los equipos de protección personal (EPP) necesarios, incluyendo guantes de seguridad, gafas protectoras, casco y calzado de seguridad, para garantizar su protección durante el proceso de inspección.

Verificación de Abolladuras:

- Definición: Las abolladuras son deformaciones en la superficie del cilindro causadas por impactos externos.
- Proceso: El inspector examina visualmente toda la superficie del cilindro, utilizando herramientas de medición para determinar la profundidad y extensión de cualquier abolladura.
- Importancia: Abolladuras significativas pueden indicar debilitamiento estructural y potenciales puntos de fallo bajo presión.

Detección de Cortes y Hendiduras:

- Definición: Cortes y hendiduras son daños lineales que penetran la superficie del cilindro.
- Proceso: Se realiza una inspección visual detallada de la superficie para identificar

cualquier corte o hendidura, utilizando lupas o espejos de inspección si es necesario.

- **Importancia:** Estos defectos pueden comprometer la integridad del cilindro y aumentar el riesgo de fallos catastróficos.

Identificación de Corrosión:

- **Definición:** La corrosión es el deterioro del metal debido a reacciones químicas con el entorno.
- **Proceso:** El inspector busca signos de corrosión en toda la superficie del cilindro, prestando especial atención a las áreas donde la pintura o el recubrimiento protector está dañado o ausente.
- **Importancia:** La corrosión puede debilitar significativamente el material del cilindro, afectando su resistencia mecánica y reduciendo su capacidad de contener gas de manera segura durante su uso.

3.4.2 Criterios de Rechazo

Durante la inspección visual, se aplican criterios específicos para determinar si un cilindro debe ser rechazado. Estos criterios aseguran que solo los cilindros que cumplen con los estándares de seguridad continúen en uso.

Abolladuras:

- **Criterio:** Abolladuras con una profundidad mayor al 3% del diámetro del cilindro.
La profundidad de las abolladuras se mide utilizando un calibre de profundidad o un medidor de abolladuras específico. Esto permite determinar con precisión la distancia desde el punto más bajo de la abolladura hasta la superficie original del cilindro. La medición se realiza en varios puntos de la abolladura para obtener un valor promedio, que luego se compara con el diámetro total del cilindro. Si la profundidad excede el 3% del diámetro del cilindro, se considera que la abolladura

podría comprometer la integridad estructural del cilindro y, por lo tanto, requiere un análisis más detallado o el rechazo del cilindro.

- Razonamiento: Las abolladuras profundas pueden indicar una debilidad estructural significativa.

Cortes y Hendiduras:

- Criterio: Corte o hendidura que exceda el 10% del espesor de pared del cilindro.

La profundidad de los cortes o hendiduras se mide utilizando un calibre vernier o medidor de espesor ultrasónico, el cual permite determinar el espesor del área afectada con el espesor original del cilindro.

- Razonamiento: Estos defectos pueden actuar como puntos de inicio para grietas y fallos estructurales.

Corrosión:

- Criterio: Corrosión que reduce el espesor del cilindro en más del 25% del espesor original o que está localizada en áreas críticas como las soldaduras, lo que puede afectar la capacidad del cilindro para soportar las presiones de servicio.
- Razonamiento: La corrosión severa debilita el cilindro, aumentando el riesgo de fallos bajo presión.

Daños por Fuego:

- Criterio: Cualquier señal de daño por fuego, como decoloración severa o deformación del metal.
- Razonamiento: La exposición al fuego puede comprometer la integridad del material del cilindro.

Contaminación por Hidrocarburos:

- Criterio: Presencia significativa de hidrocarburos que no se puede eliminar con limpieza estándar.

- Razonamiento: Los hidrocarburos pueden causar corrosión interna y reacciones peligrosas.

3.4.3 Procedimiento Detallado de Inspección Externa

Preparación del Cilindro:

- Colocar el cilindro en una estación de inspección bien iluminada.
- Asegurarse de tener todas las herramientas necesarias disponibles.

Inspección Visual:

- Examinar toda la superficie del cilindro sistemáticamente.
- Usar lupas y herramientas de medición para evaluar cualquier defecto encontrado en la superficie del cilindro.

Evaluación de Defectos:

- Medir la profundidad y extensión de abolladuras y cortes.
- Evaluar el grado de corrosión y daño por fuego.
- Detectar y limpiar cualquier contaminación por hidrocarburos.

Registro de Hallazgos:

- Documentar todos los defectos encontrados en un formulario de inspección (Ver anexo B).
- Determinar si el cilindro cumple con los criterios de rechazo.

Decisión de Rechazo:

- Si el cilindro presenta defectos que exceden los criterios establecidos, marcarlo para su retiro inmediato.
- Registrar las razones del rechazo y notificar al personal correspondiente para su disposición final.

3.5 Prueba de Sonido

3.5.1 Método de Realización

La prueba del sonido es un método sencillo pero efectivo para identificar impurezas o corrosión interna en los cilindros de GLP.

Este método complementa la inspección visual y ayuda a detectar defectos que no son visibles desde el exterior.

Preparación:

- Colocar el cilindro en una superficie firme y estable.
- Asegurarse de que el cilindro esté vacío y limpio externamente para evitar interpretaciones erróneas.

Golpe con Martillo de Acero:

- Utilizar un martillo de acero de tamaño adecuado.
- Golpear suavemente el cilindro en varias áreas, especialmente cerca de las soldaduras y otras áreas críticas.

Evaluación del Sonido:

- Escuchar atentamente el sonido resultante de cada golpe para identificar posibles irregularidades, como tonos opacos o resonancias inconsistentes, que podrían indicar defectos estructurales o contaminación interna.
- Un sonido claro y resonante indica que el cilindro está en buenas condiciones y libre de corrosión o impurezas.
- Un sonido opaco, seco o sordo puede indicar la presencia de corrosión interna, impurezas o áreas debilitadas.
- Para mayor precisión, se puede utilizar un sonómetro que ayuda a cuantificar las variaciones en la intensidad y calidad del sonido, facilitando la identificación de posibles defectos internos.

Registro de Resultados:

- Documentar las áreas donde se detectan sonidos anormales.
- Marcar el cilindro para una inspección interna más detallada si se identifican sonidos sospechosos.

Figura 19

Prueba de Sonido



3.6 Inspección Interna

3.6.1 Retiro de Válvula

El retiro de la válvula es un paso crucial para permitir la inspección interna del cilindro. Este procedimiento debe realizarse con cuidado para evitar dañar el cilindro.

Preparación:

- Asegurarse de que el cilindro esté vacío y despresurizado.
- Colocar el cilindro en una posición segura y accesible.

Retiro de la Válvula:

- Utilizar herramientas adecuadas, como una llave de válvula, para desenroscar la válvula del cilindro.
- Girar la válvula en sentido antihorario con movimientos controlados y firmes.
- Retirar la válvula y almacenarla en un lugar seguro para evitar daños.

3.6.2 Uso de Sonda Luminosa

La sonda luminosa es una herramienta esencial para la inspección visual interna del

cilindro. Permite detectar corrosión, materiales extraños y otros contaminantes que pueden comprometer la seguridad del cilindro.

Preparación de la Sonda:

- Encender la sonda luminosa y asegurarse de que esté funcionando correctamente, verificando su intensidad y claridad.
- Ajustar la intensidad de la luz según sea necesario para una buena visibilidad.

Inspección Visual Interna:

- Introducir la sonda luminosa en el cilindro a través de la abertura de la válvula.
- Mover la sonda lentamente para visualizar todas las áreas internas del cilindro.
- Buscar signos de corrosión, materiales extraños, residuos de hidrocarburos, y cualquier otro contaminante.

Registro de Observaciones:

- Documentar cualquier hallazgo significativo, incluyendo la ubicación y la naturaleza de los defectos.
- Si se detectan problemas graves, marcar el cilindro para una limpieza interna o su retiro del servicio.

3.7 Prueba Hidráulica

3.7.1 Preparación del Cilindro

La prueba hidráulica es fundamental para verificar la integridad estructural de un cilindro de GLP. La preparación adecuada del cilindro es crucial para asegurar la precisión y seguridad de la prueba.

Llenado con Agua

- Asegurarse de que el cilindro esté completamente vacío y limpio.
- Llenar el cilindro con agua hasta su capacidad máxima, evitando la presencia de aire en el interior para obtener una lectura precisa.

- Utilizar una bomba de agua si es necesario para facilitar el llenado.

Conexión a la Manguera de Alta Presión:

- Conectar el cilindro a la manguera de alta presión del equipo para realizar la prueba hidráulica.
- Asegurarse de que las conexiones estén libres de fugas antes de iniciar el ensayo de presión.

Figura 20

Llenado y Prueba Hidráulica



3.7.2 Presurización y Evaluación

Una vez preparado, el cilindro se somete a presurización para evaluar su resistencia y detectar posibles fallos.

Presurización:

- Iniciar la bomba de presión y aumentar la presión del cilindro gradualmente hasta alcanzar 1.3 veces la presión de diseño especificada en la placa técnica.
- Monitorear ambos manómetros (de referencia y de trabajo) para asegurar que la presión se mantenga estable.
- Evaluación de Estabilidad de Presión:

- Mantener la presión durante 30 segundos, asegurándose de que no haya caída de presión en los manómetros.
- Observar cualquier indicio de inestabilidad en la presión, lo que podría indicar un defecto en el cilindro.

Figura 21

Presurización



Detección de Fugas:

La detección de fugas es un paso crítico en la prueba hidráulica para asegurar que el cilindro no presente fallas que puedan comprometer su uso seguro.

Aplicación de Agua Jabonosa:

- Aplicar una solución de agua con jabón en la superficie del cilindro, especialmente en las áreas de soldadura y juntas.
- Observar la formación de burbujas, lo que indica la presencia de fugas.

Registro de Resultados:

- Documentar cualquier fuga detectada y su ubicación precisa.

- Si se detectan fugas, marcar el cilindro para su retiro inmediato y proceder con el análisis de las causas de la fuga.

3.8 Limpieza Interna

3.8.1 Métodos de Limpieza

La limpieza interna es esencial para eliminar óxido y residuos que pueden comprometer la seguridad y eficiencia del cilindro de GLP.

Uso de Varillas y Bolas:

- Introducir varillas o bolas de acero en el cilindro para remover depósitos de óxido y otros residuos adheridos a las paredes internas.
- Agitar el cilindro cuidadosamente para asegurar una limpieza completa de todas las superficies internas.

Agua a Presión:

- Utilizar agua a alta presión, recomendada entre 150 y 200 psi, para enjuagar el interior del cilindro, eliminando cualquier residuo suelto.
- Repetir el proceso hasta que el agua salga limpia, indicando que el cilindro está libre de contaminantes.

3.8.2 Secado del Cilindro

El secado adecuado del cilindro es crucial para prevenir la formación de óxido y asegurar que el cilindro esté completamente seco antes de su uso.

Secado con Aire Comprimido:

- Utilizar un compresor de aire para secar el interior del cilindro, asegurando que no queden restos de agua.
- Dirigir el flujo de aire a todas las partes internas del cilindro para un secado completo.

Revisión Final con Lámpara:

- Utilizar una lámpara para inspeccionar visualmente el interior del cilindro y asegurar que esté completamente seco.
- Verificar la ausencia de humedad y residuos antes de considerar el cilindro apto para su uso.

Figura 22

Secado y Limpieza Interna



3.9 Marcación y Pintado

La marcación y el pintado de los cilindros de GLP son pasos esenciales para la identificación y la conformidad con las normativas. Estos procesos aseguran que los cilindros aprobados sean claramente identificables y que la información relevante esté permanentemente disponible.

3.9.1 Marcación de Cilindros Aprobados

La marcación de los cilindros aprobados debe realizarse de manera precisa y duradera. Esto incluye grabar información esencial como los datos de la empresa que realizó la prueba y la fecha de la prueba hidráulica.

Preparación para la Marcación:

- Colocar el cilindro en una posición segura y accesible para realizar la marcación.
- Limpiar el área donde se realizará el grabado para asegurar que esté libre de polvo y grasa.

Grabado con MARQUILLA:

- Utilizar una MARQUILLA con una punta de grabado adecuada para metal.
- Grabar legiblemente los siguientes datos en una ubicación visible pero protegida del desgaste:

Logo de la empresa que realizó la prueba.

Fecha de la prueba hidráulica (mes y año).

Cualquier otro identificador relevante (por ejemplo, número de serie de la prueba).

- Verificar que la información grabada sea legible y precisa.

3.9.2 Pintado Según Normas

El pintado de los cilindros debe seguir las normas INEN o internacionales equivalentes para asegurar una identificación clara y estandarizada. Esto incluye la aplicación de pintura de colores específicos que indican el tipo de gas y su contenido. Para el gas licuado no hay un color específico exigido por las normas, pero generalmente se usa el color negro.

Preparación del Cilindro:

- Limpiar el cilindro completamente para asegurar que la pintura se adhiera correctamente.
- Utilizar solventes adecuados para remover cualquier residuo de aceite, grasa o polvo.

Aplicación de Pintura:

- Seleccionar la pintura adecuada conforme a las normas INEN o internacionales

para cilindros de GLP vehicular.

- Aplicar una capa base de imprimación si es necesario para mejorar la adhesión y durabilidad de la pintura.
- Pintar el cilindro en el color especificado por las normas (por ejemplo, un color estándar para GLP).
- Aplicar las etiquetas de seguridad y de información técnica según lo requerido, asegurándose de que sean resistentes y legibles.
- Dejar secar completamente la pintura antes de proceder con el uso o almacenamiento del cilindro.

3.10 Registro y Disposición Final

El registro y la disposición final de los cilindros rechazados son pasos cruciales para asegurar que estos cilindros no sean reutilizados y que sean manejados de manera segura y conforme a las regulaciones ambientales.

3.10.1 Registro de Cilindros Rechazados

Documentar detalladamente los cilindros rechazados es esencial para mantener un historial completo y asegurar la trazabilidad. Este proceso incluye la anotación de las razones del rechazo y el marcado físico del cilindro.

Documentación:

- Registrar en la base de datos todos los cilindros que han sido rechazados, incluyendo:

Número de identificación del cilindro.

Razones específicas del rechazo (por ejemplo, abolladuras, corrosión, alteraciones y/o modificaciones, fallas en la prueba hidráulica).

Fecha del rechazo.

- Generar un informe detallado para cada cilindro rechazado.

Estampado de "RECHAZADO":

- Utilizar un estampador o herramienta de grabado para marcar físicamente el cilindro con la palabra "RECHAZADO".
- Colocar esta marca en una ubicación visible y permanente para asegurar que el cilindro no sea reutilizado inadvertidamente.

3.10.2 Disposición y Destrucción

La disposición segura de los cilindros rechazados es crítica para prevenir riesgos y cumplir con las regulaciones ambientales.

Procedimientos de Disposición:

- Transportar los cilindros rechazados a una zona designada para su almacenamiento temporal antes de la disposición final.
- Hay que asegurar que los cilindros sean manejados de acuerdo con las regulaciones de seguridad y ambientales durante su transporte y almacenamiento, con la finalidad de evitar accidentes o daños al personal como al entorno.

Destrucción Segura:

- Contratar servicios especializados para la destrucción de cilindros si es necesario, para garantizar que sigan los procedimientos adecuados.
- Los métodos de destrucción pueden incluir el corte del cilindro en secciones para asegurar que no puedan ser reutilizados.
- Reciclar los materiales del cilindro conforme a las normativas ambientales.

Registro de Destrucción:

- Documentar el proceso de destrucción de cada cilindro rechazado, incluyendo la fecha y el método de destrucción.
- Mantener estos registros junto con la documentación del rechazo para garantizar una trazabilidad completa.

3.11 Procedimiento de Revisión y Prueba

El proceso comienza con la recepción del cilindro y el registro de los datos técnicos. Esto incluye información como la presión de servicio y la presión de prueba hidráulica, el fabricante, la norma de fabricación, la tara, y la capacidad en metros cúbicos o litros de agua.

Esta información se recopila y se almacena para generar informes detallados sobre el estado de cada cilindro (Ver Figura 23).

En el anexo E se muestra el plano de distribución de un Taller de Mantenimiento especializado en la revisión y mantenimiento de cilindros de GLP.

El taller está organizado de manera que cada área cuenta con el equipo necesario para realizar pruebas y tareas específicas de mantenimiento.

En el lado izquierdo del taller, se encuentra una Máquina de Pruebas Hidráulicas, utilizada para someter los cilindros a pruebas de presión alta, asegurando que puedan soportar su presión de operación sin fallos. Junto a esta máquina, se encuentra una Prensa para retirar las válvulas de los cilindros, y al fondo una percha de herramientas.

En la parte central, se destaca una Mesa de Trabajo y una Balanza. La mesa sirve como superficie para realizar inspecciones y manipulaciones, mientras que la balanza es crucial para verificar la tara o el peso total de los cilindros, lo cual es fundamental para asegurar que no haya pérdida de material.

En el extremo derecho, se encuentran equipos como la Máquina de Prueba Hidráulica para Cilindros de Baja Presión, la Volteadora de Cilindros. Estos permiten manejar y probar cilindros con diferentes especificaciones de presión.

Además, el taller está equipado con Secadoras de Cilindros para eliminar la humedad interna tras las pruebas hidráulicas y un Compresor de Aire para limpieza interna de los cilindros. Se observa también un área designada para el Almacenamiento de los cilindros, facilitando un flujo de trabajo ordenado y seguro.

Figura 23

Procesos de Registro, Inspección y Prueba de Sonido



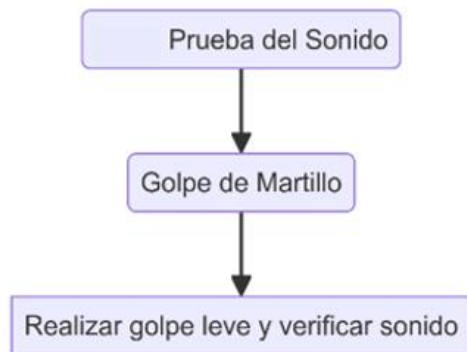
La inspección externa del cilindro es el siguiente paso crítico. Durante esta inspección visual, se verifica la existencia de abolladuras, hendiduras, cortes, deformaciones, corrosión, daños por exposición al fuego, marcas de soldadura y contaminación por otros hidrocarburos. Los cilindros que presenten alguna de estas fallas visibles son enviados a una revisión especial para determinar su uso o retiro de circulación (Ver Figura 24).

Figura 24

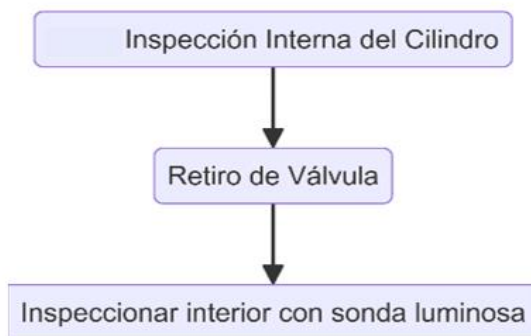
Procesos de Inspección Externa del Cilindro



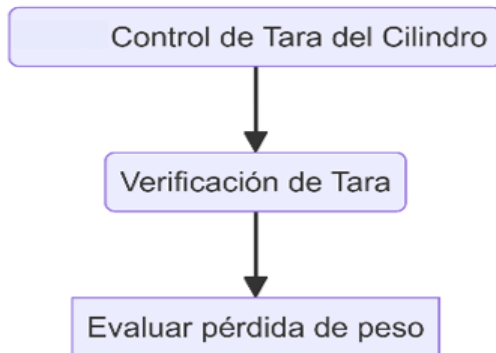
Una prueba adicional, conocida como prueba del sonido, se realiza golpeando levemente el cilindro con un martillo de acero adecuado. Si el cilindro emite un sonido seco, es indicativo de la presencia de impurezas o corrosión interna considerable, lo que requiere una inspección más detallada (Ver Figura 25).

Figura 25*Procesos de Prueba de Sonido*

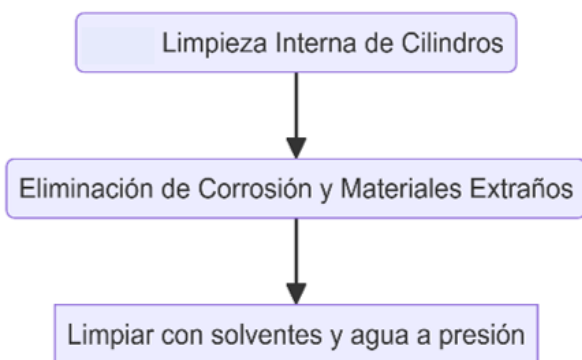
La inspección interna del cilindro implica retirar la válvula y usar una sonda luminosa para examinar las paredes interiores del cilindro. Esta inspección permite detectar corrosión, materiales extraños y sustancias como agua, aceite, grasa u otro tipo de hidrocarburos. Si no se encuentran problemas, el cilindro pasa a la siguiente fase de pruebas; de lo contrario, se utiliza una sonda de imagen o endoscopio para visualizar mejor el grado de corrosión (Ver Figura 26).

Figura 26*Procesos de Inspección Interna de Cilindro*

El control de la tara del cilindro es un paso crucial donde se verifica que el cilindro esté totalmente vacío antes de medir su tara. Si se detecta una pérdida de peso de hasta el 4% de la tara original, el cilindro debe someterse a una revisión especial para evaluar la superficie interior y el espesor de la pared mediante un método ultrasónico. Una pérdida de peso del 5% o más determina el rechazo del cilindro (Ver figura 27).

Figura 27*Procesos de Control de Tara*

La limpieza interna de los cilindros es necesaria, si la inspección interna revela la presencia de cúmulos de óxido o materiales extraños. Esta limpieza puede realizarse mediante la rotación de varillas o bolas, otros procesos mecánicos, o el lavado interno con solventes y agua a presión para eliminar la suciedad y la contaminación (Ver figura 28).

Figura 28*Limpieza Interna del Cilindro*

La prueba de ultrasonido se utiliza para evaluar la integridad estructural de un cilindro mediante la medición de espesores. Este ensayo no destructivo permite detectar variaciones en el grosor de las paredes del cilindro, proporcionando una evaluación precisa de su integridad estructural.

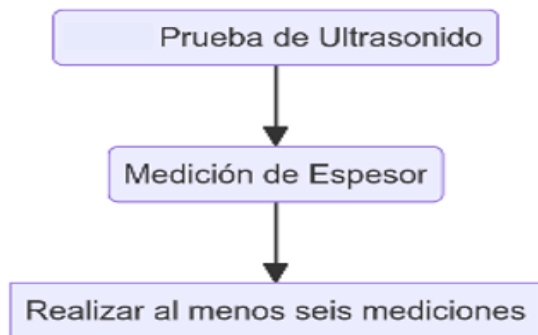
Además, es eficaz para identificar defectos internos, como grietas y discontinuidades, así como áreas afectadas por la corrosión interna, asegurando así la seguridad y durabilidad

del cilindro.

Este proceso implica adicionar gel lubricante al cable transductor, colocar el borde metálico del transductor en la parte externa del cilindro, y realizar mediciones en diferentes puntos del cilindro. El menor valor obtenido se toma como crítico y se contrasta con el espesor de referencia. Si el espesor mínimo permitido no cumple con el estándar, el cilindro es rechazado (Ver Figura 29).

Figura 29

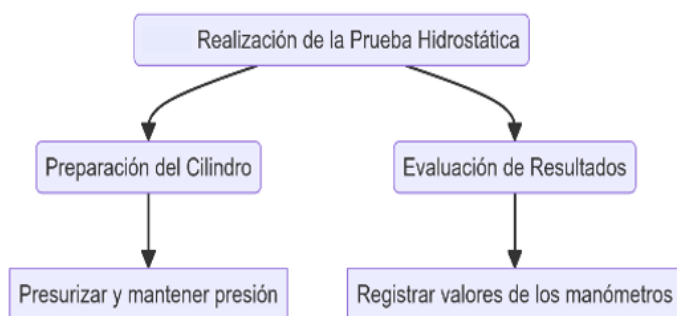
Prueba de Ultrasonido



La realización de la prueba hidráulica es uno de los pasos más importantes. Este proceso comienza retirando la válvula del cilindro e inertizando el cilindro con nitrógeno comprimido. Luego se llena el cilindro con agua y se conecta a la manguera de alta presión del equipo de prueba hidráulica.

La presión se eleva hasta 1.3 veces la presión de diseño (División I del Código ASME) o 1.25 veces (División II del Código ASME) y se mantiene durante 30 segundos. Durante este tiempo, se verifica que la presión no caiga y se busca cualquier indicio de fugas mediante la aplicación de agua jabonosa en el exterior del cilindro.

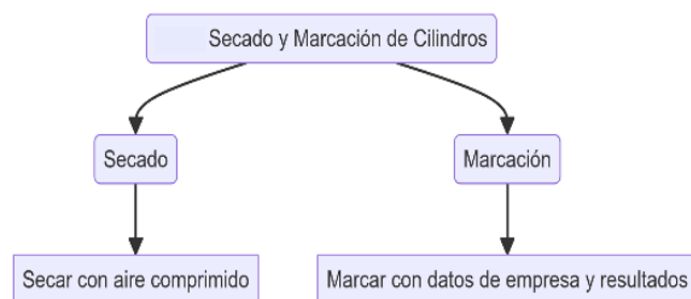
Si no se observan burbujas y la presión se mantiene estable, el cilindro pasa la prueba; de lo contrario, es rechazado (Ver Figura 30).

Figura 30*Prueba Hidráulica*

Tras la prueba hidráulica, se retira el agua del interior del cilindro y se procede con el secado, ya sea mediante una secadora o aire comprimido. Se realiza una inspección adicional del interior del cilindro para asegurarse de que esté completamente seco y libre de partículas. Si es necesario, se realiza un lavado adicional para eliminar cualquier corrosión residual.

La marcación del cilindro aprobado se realiza con una MARQUILLA, grabando los datos de la empresa que realizó el ensayo y la fecha de la prueba hidráulica.

El cilindro también se pinta según las normas referentes o correspondientes para indicar claramente el tipo de gas que contiene y asegurar una identificación adecuada (Ver figura 31).

Figura 31*Secado y Marcación*

Finalmente, los cilindros que no pasan las pruebas son registrados, estampados con la palabra "RECHAZADO", la fecha de rechazo, y separados para su disposición final y destrucción.

Capítulo IV

Ensayos no Destructivos de los Cilindros de GLP y Análisis de Resultados

El análisis de los resultados obtenidos en los ensayos no destructivos (END) realizados a los cilindros de GLP permitió evaluar su aptitud para el uso continuo o la necesidad de retiro inmediato. A continuación, se presenta un análisis detallado de los datos obtenidos durante las pruebas hidráulicas, inspecciones visuales, inspecciones internas, mediciones de espesores y control de tara, además de la limpieza y el estado final de los cilindros. Este análisis se basa en los informes específicos de los cilindros evaluados.

4.1 Ensayo Cilindro 1

4.1.1 Datos Técnicos

- Número de Identificación 241
- Capacidad: 40 litros de agua
- Gas Contenido: GLP
- Tara: 22 kg
- Fecha de Fabricación: 02-2006
- Presión de Servicio: 20 bar (290 psi)
- Presión de Prueba: 30 bar (435 psi).

Figura 32

Cilindro 1: Número de Identificación 241



4.1.2 Inspección Externa

El cilindro presentaba una abolladura considerable en uno de los cascos.

Se observó un disco de ruptura soldado en el cuerpo del cilindro.

Figura 33

Inspección Externa del Cilindro 1



4.1.3 Inspección Interna

La inspección interna mediante endoscopio reveló porosidad debido a corrosión. Se detectó relleno por soldadura en el área del disco de ruptura y reparaciones de mala calidad.

Figura 34

Inspección Interna Mediante Endoscopio



La Figura 34 muestra el proceso de Inspección Interna mediante Endoscopio, una técnica esencial en la revisión de cilindros de GLP. Esta herramienta permite a los técnicos realizar una evaluación visual detallada del interior del cilindro sin necesidad de desmantelarlo. El endoscopio, que generalmente está equipado con una cámara y una fuente de luz, se inserta a través de la abertura de la válvula del cilindro. Esta inspección es crucial para identificar posibles defectos internos como corrosión, grietas, materiales extraños, o

cualquier otro tipo de daño que podría comprometer la seguridad y funcionalidad del cilindro.

Figura 35

Inspección Interna del Cilindro 1



4.1.4 Resultados de los Ensayos de Presión Hidráulica y Ultrasonido

Se realiza la medición de la presión hidráulica y ultrasonido (Tabla 2).

Tabla 2

Prueba de Presión Hidráulica (> 1%)

Manómetro de Referencia (psi)	Manómetro de Trabajo (psi)	%
300	0	0

La presión no se mantuvo estable por una fuga entre la válvula del cilindro y el acople, esto debido a una abolladura en la entrada de la válvula del cilindro, lo cual no permitió un cierre hermético con el acople. Por lo tanto, se evidenció una caída de presión a partir de los 300 psi y no se realizó la prueba hidráulica en su totalidad (Ver figura 36).

Figura 36

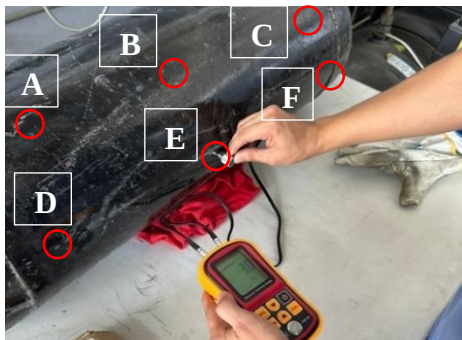
Prueba Hidráulica Cilindro 1



Tabla 3*Prueba de Ultrasonido*

Punto	Espesor Medido (mm)
A	2.8
B	3.0
C	2.6
D	2.7
E	3.0
F	2.9
G	2.8
H	2.9
I	2.6
J	2.8
K	2.6
L	3.0

El espesor promedio medido fue de 2.79 mm, lo cual se encuentra dentro de los valores aceptables. Sin embargo, existen valores puntuales de 2.6 mm, los cuales están significativamente por debajo de los límites recomendados para garantizar su uso y aptitud.

Figura 37*Medición de Espesor Promedio Cilindro 1*

4.1.5 Control de Tara

La tara del cilindro medida en la balanza fue de 16.88 kg, indicando una desviación significativa del valor original de 22 kg.

4.1.6 Resultados del Ensayo Cilindro 1

El cilindro #241 no se le realizó en su totalidad la prueba hidráulica y fue rechazado debido a varias razones críticas de seguridad:

- Abolladura Considerable: Indicaba que las paredes del cilindro estaban debilitadas.
- Corrosión Interna: La presencia de óxido contaminaba el producto almacenado y obstaculizaba el flujo del sistema de GLP.
- Reparaciones de Soldadura y Modificaciones: Estas modificaciones comprometen la integridad estructural del cilindro.
- Abolladura en Válvula del Cilindro: Esta abolladura no permitió un cierre hermético entre la válvula y el acople para proceder con el ensayo de presión.
- Desviación de Tara: La pérdida de material del 23% excedía el límite permisible del 4%, lo que indicaba un desgaste significativo.
- Con base a estos criterios técnicos, el cilindro no está apto para su uso, por lo tanto, se rechaza.

4.1.7 Procedimiento de Marcación de Cilindro Rechazado

Una vez que el cilindro de GLP ha sido rechazado después del proceso de inspección y revisión, se procede a marcar el cilindro. La marcación se realizará sobre uno de los cascos del cilindro con varias "X" cercanas a las áreas con problemas, defectos, y daños estructurales detectados durante la inspección visual (Ver figura 38).

Figura 38

Marcado de Cilindro Rechazado



En la figura 39, se muestra también la placa técnica del cilindro donde se encuentran grabados los datos técnicos, como la tara, la capacidad, y la presión de trabajo. Sin embargo, debido a los defectos identificados, se ha añadido la palabra "RECHAZADO".

Figura 39

Placa Técnica del Cilindro 1



Esta acción es crucial para asegurar que este cilindro no sea reutilizado.

4.2 Ensayo Cilindro 2

4.2.1 Datos Técnicos

- Número de Identificación C19408
- Capacidad: 53.5 litros de agua
- Gas Contenido: GLP
- Tara: 22 kg
- Fecha de Fabricación: 08-2022
- Presión de Servicio: 2.1 MPa (305 psi)
- Presión de Prueba: 2.7 MPa (400 psi)

Figura 40

Cilindro 2: Número de Identificación C19408



4.2.2 Inspección Externa

Presentaba una abolladura en uno de los cascos.

Figura 41

Inspección Externa Cilindro 2



4.2.3 Inspección Interna

Se detectaron reparaciones con soldadura y alteraciones en el interior del casco.

Figura 42

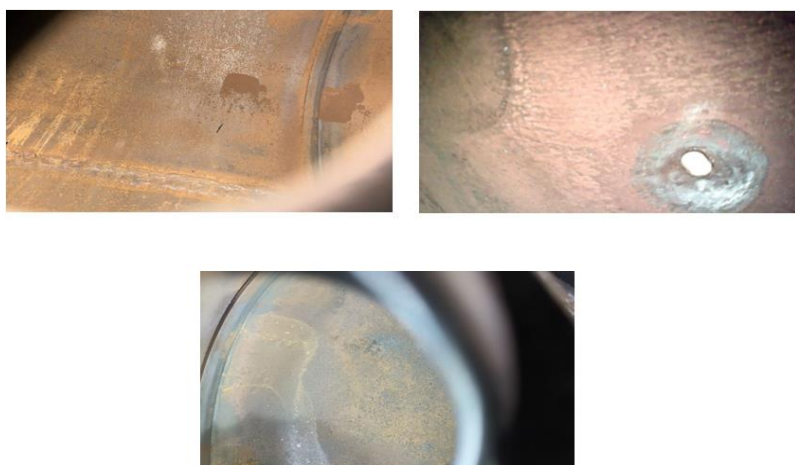
Inspección Interna Cilindro 2



La Figura 42 muestra el proceso de Inspección Interna del Cilindro 2, un paso crítico en la evaluación de la seguridad y la integridad estructural de cilindros de GLP. Durante esta inspección interna, se utiliza una sonda luminosa o un endoscopio para examinar el interior del cilindro. Este proceso permite detectar posibles problemas como corrosión interna, depósitos de material extraño, grietas o cualquier otro tipo de deterioro que no sea visible desde el exterior.

Figura 43

Reparaciones con Soldadura y Alteraciones Cilindro 2



La Figura 43 muestra imágenes relacionadas con las reparaciones con soldadura y alteraciones en el cilindro 2.

4.2.4 Resultados de los Ensayos de Presión Hidráulica y Ultrasonido

Tabla 4

Prueba de Presión Hidráulica (> 1%)

Manómetro de Referencia (psi)	Manómetro de Trabajo (psi)	%
400	402	0.5

La presión se mantuvo estable con una variación de solo 0.5% (Ver figura 44).

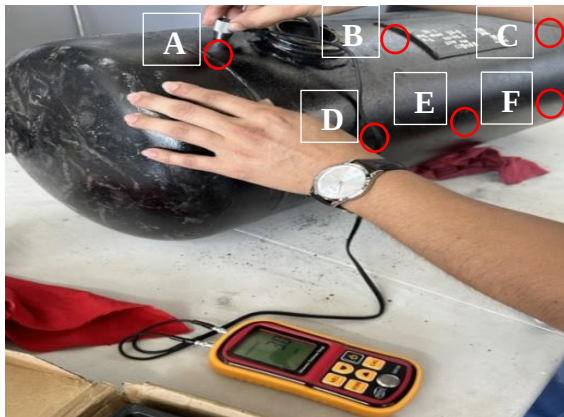
Figura 44

Prueba Hidráulica Cilindro 2



Tabla 5*Prueba de Ultrasonido*

Punto	Espesor Medido (mm)
A	3.0
B	2.7
C	2.8
D	2.7
E	2.8
F	3.0
G	2.6
H	2.8
I	3.0
J	2.8
K	2.8
L	3.0

Figura 45*Medición de Espesor Promedio Cilindro 2*

El espesor promedio medido fue de 2.83 mm, cumpliendo con los requisitos mínimos.

4.2.5 Control de Tara

La tara medida fue de 19.4 kg, una desviación del 11.82%.

4.2.6 Limpieza Interna

Se realizó limpieza con bolas de acero para eliminar el óxido.

4.2.7 Resultados Ensayos Cilindro 2

Aunque el cilindro #C19408 pasó los ensayos de prueba hidráulica y de ultrasonido, fue rechazado por las siguientes razones:

- **Abolladura:** Las abolladuras pueden ser indicativos de daños más profundos o reparaciones mal realizadas que compromete la integridad del cilindro.
- **Soldaduras y Parches:** La presencia de marcas de soldaduras y parches en las paredes internas, indica que el cilindro ha sido reparado. Esto puede comprometer la integridad estructural y su capacidad para contener el gas de manera segura.
- **Alteraciones no Autorizadas:** Las reparaciones internas que no están documentadas o no han sido realizadas siguiendo los procedimientos y normativas adecuadas pueden ser peligrosas.
- **Pérdida de material:** la desviación en la tara que establece la placa técnica, indica una pérdida de material del 11 %, excediendo el 5 % permisible. Un cilindro con pérdida significativa de material puede no ser capaz de contener el gas en condiciones normales de operación, aumentando el riesgo de fallos bajo presión.

4.2.8 Procedimiento de Marcación de Cilindro Rechazado

Una vez que el cilindro de GLP ha sido rechazado, se procede a marcar el cilindro.

Figura 46

Placa Técnica del Cilindro 2



4.3 Ensayo Cilindro 3

4.3.1 Datos Técnicos

- Número de Identificación 665.
- Capacidad: 54 litros de agua
- Gas Contenido: GLP

- Tara: 19.4 kg
- Fecha de Fabricación: 10-2023
- Presión de Servicio: 2.1 MPa (305 psi)
- Presión de Prueba: 2.7 MPa (400 psi)

Figura 47

Cilindro 3: Número de Identificación 665



4.3.2 Inspección Externa

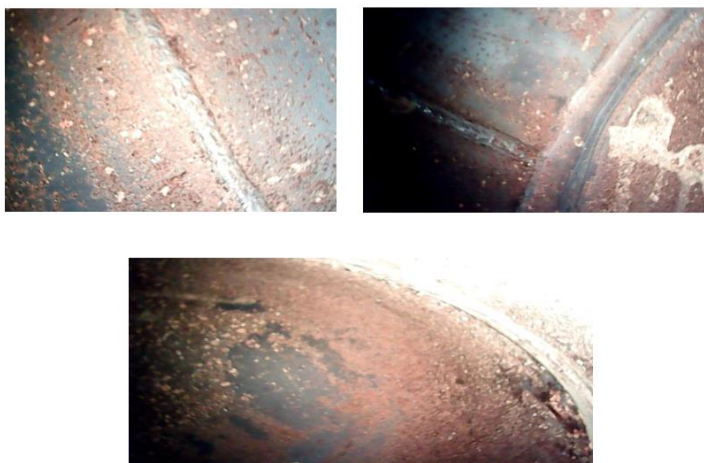
No presentaba evidencia de abolladuras, corrosión, cortes u otros defectos.

4.3.3 Inspección Interna

No se encontraron reparaciones o alteraciones internas.

Figura 48

Inspección Interna Cilindro 3



La figura 48 muestra una captura realizada durante el proceso de inspección interna de un cilindro de GLP. En ella se evidencia la presencia de corrosión interna leve en distintas

áreas del cilindro, incluyendo las zonas circundantes a las soldaduras y otras superficies internas.

4.3.4 Resultados de las Pruebas de Presión Hidráulica y Ultrasonido

Tabla 6

Prueba de Presión Hidráulica (> 1%)

Manómetro de Referencia (psi)	Manómetro de Trabajo (psi)	%
400	401	0.2

La presión se mantuvo estable con una variación de solo 0.2% (Ver figura 49).

Figura 49

Prueba Hidráulica Cilindro 3

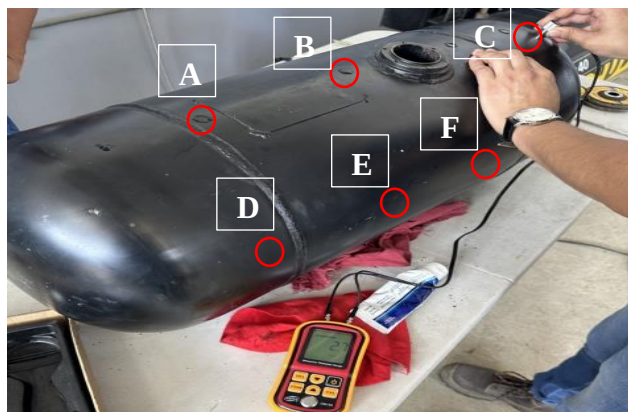


Tabla 7

Prueba de Ultrasonido

Punto	Espesor Medido (mm)
A	3.0
B	2.8
C	2.7
D	2.8
E	3.0
F	2.8
G	2.7
H	2.8
I	3.0
J	2.8
K	2.7
L	2.8

El espesor promedio medido fue de 2.82 mm, cumpliendo con los requisitos mínimos.

Figura 50*Espesor Promedio Medido Cilindro 3***4.3.5 Control de Tara**

La tara medida fue de 16.56 kg, cumpliendo con los requisitos.

4.3.6 Limpieza Interna

Se realizó limpieza con bolas de acero para eliminar el óxido adherido a las paredes.

4.3.7 Resultados Ensayo Cilindro 3

El cilindro #665 pasó satisfactoriamente todos los ensayos no destructivos y cumplió con los requisitos normativos. No se detectaron defectos significativos ni desviaciones en los parámetros evaluados, por lo que fue aprobado para su uso continuado como contenedor de GLP vehicular.

- **Integridad Estructural:** El cilindro no presentaba defectos significativos de abolladuras, corrosión, cortes, ni reparaciones internas.
- **Espesor y Tara:** Cumple con los requisitos mínimos de espesor y tara, asegurando su capacidad de contener GLP de manera segura.

4.3.8 Procedimiento de Marcación de Cilindro Aprobado

Una vez que el cilindro de GLP ha sido aprobado, se procede a marcar el cilindro (Ver figura 51).

Figura 51*Placa Técnica del Cilindro 3*

4.4 Análisis de Resultados

El análisis de los resultados obtenidos en este estudio permite comprender la complejidad y la importancia de establecer un área especializada para la revisión de cilindros de GLP. A través de los ensayos no destructivos realizados en los cilindros de GLP tales como: inspecciones visuales, pruebas hidráulicas, pruebas de ultrasonido y control de tara, se identificaron fallas críticas en una parte significativa de los cilindros inspeccionados.

Los cilindros que presentaron defectos críticos o desviaciones significativas, como abolladuras, corrosión y reparaciones inadecuadas, no solo comprometen la seguridad de los usuarios, sino que también reflejan la falta de estándares uniformes en los procesos de revisión actualmente disponibles en el mercado; por lo tanto fueron rechazados.

Uno de los hallazgos más relevantes es la necesidad de una estandarización que garantice la calidad del proceso de inspección. Los equipos identificados, como los medidores de espesor por ultrasonido y las sondas para revisión interna, son herramientas que aseguran un diagnóstico preciso, permitiendo detectar defectos que no serían visibles mediante inspecciones convencionales. Este nivel de precisión es esencial para reducir riesgos y mantener la confiabilidad operativa de los cilindros.

El diseño y la implementación de una guía de procedimientos representan un paso estratégico hacia la profesionalización del sector. Este recurso no solo asegura consistencia

en las revisiones, sino que también contribuye a la formación técnica de los operarios, fomentando una cultura de seguridad que beneficia a toda la cadena de valor del GLP.

Desde un punto de vista estratégico, la creación de un área especializada no solo responde a la demanda creciente en el sector, sino que posiciona a OXIGUAYAS S.A. como un actor clave en la regulación y estandarización del manejo de cilindros de GLP. Este posicionamiento no solo mejora la competitividad de la empresa, sino que también promueve un entorno de mayor seguridad para los usuarios finales y las estaciones de servicio.

Finalmente, el análisis refuerza la importancia de implementar una solución integral que combine tecnología, formación técnica y estándares claros para garantizar la seguridad y eficiencia en el uso de cilindros de GLP. Esta iniciativa no solo resuelve un problema operativo inmediato, sino que también establece un marco de referencia para la mejora continua y la innovación en el sector.

Conclusiones

El estudio identificó y detalló los requerimientos técnicos y equipos necesarios para la revisión de cilindros de GLP. Se determinó que los equipos esenciales incluyen el equipo de prueba hidráulica, medidor de espesores por ultrasonido, sondas para revisión interna, equipos de limpieza interna, secadora de cilindros, nitrógeno comprimido, atomizadores con agua y jabón, y compresor de aire. Estos equipos permiten realizar pruebas rigurosas y precisas que aseguran la integridad y seguridad de los cilindros de GLP.

El análisis de los resultados de los ensayos no destructivos, incluyendo inspecciones visuales, pruebas del sonido, pruebas hidráulicas y mediciones de espesores por ultrasonido, reveló que algunos cilindros no cumplen con los parámetros de seguridad y requieren su retiro inmediato. Estos resultados subrayan la importancia de implementar un sistema de revisión regular y detallada para garantizar que solo los cilindros en condiciones óptimas sean utilizados. La identificación de defectos tales como abolladuras, corrosión, reparaciones inadecuadas y pérdida significativa de material fueron crucial para la toma de decisiones informadas sobre la aptitud de los cilindros.

Se diseñó una guía de procedimientos estandarizados para la revisión de cilindros de GLP, cubriendo todos los aspectos desde la recepción y registro, inspección externa e interna, pruebas hidráulicas, limpieza, marcación y pintado, hasta la disposición final de cilindros rechazados. Esta guía asegura que todos los cilindros sean evaluados y mantenidos de acuerdo con los más altos estándares de seguridad y calidad. La implementación de esta guía no solo garantiza la seguridad de los cilindros en uso, sino que también establece un proceso claro y reproducible para la revisión y mantenimiento de cilindros de GLP.

Recomendaciones

Es imperativo que se adquieran todos los equipos técnicos identificados como esenciales, tales como el equipo de prueba hidráulica, medidores de espesor por ultrasonido, sondas para revisión interna, y equipos de limpieza interna. Además, se debe implementar un riguroso programa de mantenimiento preventivo y calibración periódica de estos equipos para asegurar su precisión y funcionamiento óptimo. Esto garantizará que las inspecciones y pruebas realizadas sean fiables, minimizando los riesgos asociados a posibles fallas en los cilindros de GLP.

Dado que no todos los cilindros cumplieron con los parámetros de seguridad, es crucial establecer un sistema de revisión regular que incluya inspecciones visuales, pruebas de sonido, pruebas hidráulicas, y mediciones de espesores por ultrasonido. Este sistema debe ser riguroso y detallado, con la capacidad de detectar y retirar inmediatamente los cilindros que no cumplan con los estándares de seguridad. La implementación de un sistema de seguimiento continuo asegurará que los cilindros sean revisados con la frecuencia necesaria y que se mantenga un registro actualizado de su estado.

La guía de procedimientos estandarizados diseñada para la revisión de cilindros de GLP debe ser adoptada integralmente por el personal técnico y operacional. Además, es recomendable que esta guía sea revisada y actualizada de manera periódica para incorporar nuevas normativas, tecnologías emergentes y mejores prácticas. La adopción de esta guía no solo garantizará la seguridad y calidad en el proceso de revisión, sino que también facilitará la formación de nuevos técnicos y la estandarización de las operaciones en diferentes instalaciones.

Bibliografía

- Adaniya, B. (2022). Escenarios en el suministro de gas licuado de petróleo (GLP) bajo un enfoque de dinámica de sistemas. *Industrial Data*, 115-142.
- AEGPL. (2021). *Strategy to reduce CO2 emissions from cars* . AEGPL.
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2020). *Environmental impacts of automotive LPG use*. www.eea.europa.eu: <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-impacts-of-automotive-lpg>
- AIRGPL. (2023). *DEPOSITO GLP CILINDRO GZWM Ø200x 548/15litros*. airgpl.com: <https://airgpl.com/es/diametro-200/474-deposito-glp-cilindro-gzwm-o200x-548-15litros.html>
- Albarracín, G. C. (2020). Importancia, definición y conflictos de la autoría en publicaciones científicas. *Revista Bioetica*, 10-16.
- Alemán, L. M. (2023). Procedimiento para minimizar los costos y el plazo de inversión en una refinería de petróleo. . *Revista Universidad y Sociedad*, 373-381.
- Almeida, R. (2021). Almacenamiento de GLP: Diseño y Seguridad. *Journal of Energy Storage*, 12(4), 345-358.
- Álvarez, D. (2020). *Propuesta de un nuevo programa de mantenimiento a los motores hyundai de grupos fuel oil*. Ingeniería Energética.
- ASME. (2020). *Boiler and Pressure Vessel Code*. www.asme.org: <https://www.asme.org/codes-standards/bpvc>
- ASTRAVE. (2022). *GLP (Gas Licuado de Petroleo)*. astrave.com/: <https://astrave.com/que-es-el-glp/>
- Banco Mundial. (2019). *Reducing Air Pollution in Urban Areas*. Banco Mundial.

- Bencheikh, K. (2021). Biofuels, Hybrid and Mitigations of Greenhouse Gases Emissions: Scenario Perspective for Algerian Transport Sector by 2050. . *International Journal of Engineering Research in Africa*, 162-175.
- Carrizo, S. V. (2022). ¿ Son los subsidios a la energía una herramienta efectiva para reducir las inequidades sociales. *Revista Construir de la Cam. Arg. de la Construcción*, 59-63.
- Comision de Reglamentos Técnicos y Comerciales. (2003). *Norma Técnica Peruana NTP 321.115 2003: Equipos de carburación a GLP en motores de combustión interna*. INDECOPI.
http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/norma_tecnica_peruana_glp_motores.pdf
- Cuasapud, J. (2022). Ventaja del uso de gas licuado de petróleo en comparación al sistema de combustible tradicional. . *Dominio de las Ciencias.*, 117-120.
- Cusanguá, X. S. (2021). Aprovechamiento del gas asociado en plataformas petroleras, caso de estudio campo Sacha. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo.*, 26-36.
- Fernández, M. (2018). Sistemas de Inyección de Combustible. *Automotive Engineering*, 9(3), 234-245.
- Fontecha, M. &. (2022). Diseño de un canal hidráulico abierto didáctico de pruebas con pendiente graduable. *Revista Matices Tecnológicos*, 67-71.
- García, P. (2020). Mantenimiento Preventivo en la Industria Automotriz. . *International Journal of Maintenance*, 15(2), 98-110.
- Gonzalez, D. R. (2020). Propuesta metodológica para la definición del orden de logístico de despacho a partir de análisis de cobertura poblacional. . *Revista Espacios*, 12-20.

- Gutierrez, C. &. (2020). Análisis Nodal para determinar el punto óptimo de operación entre producción de petróleo y producción de GLP, maximizando el recurso energético de la Estación de producción de Petróleo, Aguarico. *Revista Técnica energía*, 60-69.
- Hellas, M. S. (2021). Modelling of accidental phenomena related to leakage and tank rupture of a vehicle converted to LPG. . *World Journal of Engineering*, 505-518.
- Hernández, A., & Martínez, C. (2021). Instalación y seguridad de cilindros de GLP en vehículos. *International Journal of Automotive Engineering*, 10(2), 98-109.
- IEA. (2020). *Global LPG Market Review*. <https://www.iea.org/reports/global-lpg-market-review-2020>
- Instituto de Economía Energética de la Universidad de Colonia. (2020). *Economic analysis of LPG in the European transport sector*. www.ewi.uni-koeln.de: <https://www.ewi.uni-koeln.de/de/lpg-european-transport-sector>
- Instituto Nacional de Normalización. (2011). *Instituto Nacional de Normalización*. <https://ia801505.us.archive.org/34/items/ec.nte.0327.2011/ec.nte.0327.2011.pdf>
- International Organization for Standardization. (2001). *ISO 15500-1: Road vehicles - Compressed natural gas (CNG) fuel system components - Part 1: General requirements and definitions*. ISO.
- ISO. (2021). *International Standards for Safety and Quality*. <https://www.iso.org>
- Kivevele, T. (2021). LPG-fueled vehicles: An overview of technology and market trend. . *Automotive Experiences*, 6-19.
- Ladino, O. G. (2022). Estimación de fugas en tuberías a presión para sistemas de agua potable mediante redes neuronales artificiales y Epanet. . *Revista científica*, 2-19.
- Lindsey, C. (2021). Safety Features in LPG Cylinders. *Journal of Hazardous Materials*(389), 122051.
- López, A. (2019). Impacto Ambiental y Mitigación. . *Environmental Science*, 27(3), 112-124.

- Market Reports World. (16 de abril de 2024). *Global Autogas Market Analysis, Trends, Size, Share by Forecast 2024 to 2032*. [www.linkedin.com: https://www.linkedin.com/pulse/global-autogas-market-analysis-trends-size-share-tdece/](https://www.linkedin.com/pulse/global-autogas-market-analysis-trends-size-share-tdece/)
- Ministerio de Energía y Minas. (2021). *Balance Energético Nacional*.
- Mohammed, M. K., Balla, H., Al-Dulaimi, Z., & Al-Zuhairy Mudhaffar, S. (2020). The Effect of Using LPG in a SI engine instead of using Gasoline fuel. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 928, 022089. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/928/2/022089>
- Navarro, A. (2023). Simulación numérica de la producción de hollín en una llama laminar de difusión axisimétrica de propano. *Revista Ingenio*, 46-52.
- Pedersen, K. G. (2022). Main element chemistry enables gas-cylinder-free hydroformylations. *Nature Catalysis*, 843-850.
- Pérez, F. (2022). Diagnóstico a través del aceite a motores de combustión interna. . *Revista Ingeniería Agrícola*, 71-76.
- Pérez, S. (2019). Principios de Sostenibilidad. . *Journal of Sustainable Development*, 8(3), 89-101.
- Quijano, M. B. (2022). Características de los sistemas de inyección. Una revisión bibliográfica. . *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 9-12.
- Quintero, L. (2022). Propiedades y Aplicaciones del Gas Licuado de Petróleo. *Handbook of Hydrocarbon Processing, 3rd Edition*, 567-589.
- Quintero, L. R. (2022). Efecto del secado con combustión directa de Gas Licuado de Petróleo (GLP) sobre la composición química del grano de café. . *Revista Cenicafé*, e73204-e73204.

- Reyes, G., Iñiguez, I. J., Pupiales, W., Soria, C., & Yépez, J. (2018). Estudio de emisiones contaminantes utilizando mezcla de gasolina e hidrógeno como combustible en un motor de combustión interna a 2800 M.S.N.M. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 5(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.26423/rctu.v5i1.287>.
- Rodríguez, J. (2020). Conversión de Vehículos a Combustibles Alternativos. *Automotive Technology*, 10(4), 78-79.
- Rodríguez, P., & Torres, M. (2019). Thermodynamic Behavior of LPG in Cylinders. *International Journal of Thermodynamics*, 22(4), 234-245.
- Ruiz, M. (2020). Logística en el Transporte de GLP. . *Journal of Logistics and Supply Chain*, 19(1), 34-47.
- Santos, T. (2019). Seguridad Operacional en la Industria Energética. . *Safety Science*, 27(2), 112-125.
- Shinji, K. N. (2020). Aerodynamic characteristics of low-fineness-ratio freestream-aligned cylinders with magnetic suspension and balance system. *AIAA journal*, 3711-3714.
- Sitec. (2021). 5 Beneficios del GLP como Combustible. <https://www.sitec.pe/5-beneficios-del-glp-como-combustible/>: <https://www.sitec.pe/5-beneficios-del-glp-como-combustible/>
- Synák, F. (2020). Liquefied petroleum gas as an alternative fuel. *Transportation Research Procedia*, 527-534.
- Valencia, G. D. (2020). Caracterización de la tasa de liberación de calor en los cilindros de un motor de generación a gas natural de 2 MW. . *Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 8-12.
- Vargas, F. (2020). Seguridad en el almacenamiento y manejo de GLP en cilindros para vehículos. *Safety Science*, 125, 104614.

- Velepucha, M. &. (2021). Emisiones de gases contaminantes en vehículos livianos a gasolina. . *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación.*, 78-95.
- Vélez, A. (2019). *Ingeniería básica de un proceso de endulzamiento a base de aminas DEA para el gas licuado de petróleo GLP, de refinería La Libertad*. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Venegas, D. (2024). Sistemas de gas licuado de petróleo: una revisión sobre lineamientos de diseño y dimensionamiento. *Ingenius*, 81-94.
- Vera, E. (2006). *DISEÑO DE UNA PLANTA PARA PROCESOS DE GALVANIZADO Y TROPICALIZADO PARA ACCESORIOS AUTOMOTRICES*.
<https://repositorio.espe.edu.ec/items/3c128762-902f-49d8-a3ae-b38a23f0c0aa>
- Xinxiang Chengde Gas Equipment. (2022). *Tanque de GLP Tanques cilíndricos Tanque de líquido criogénico industrial*. [m.cncdliquidtank.com:](http://m.cncdliquidtank.com/)
<http://m.cncdliquidtank.com/liquefied-petroleum-gas-tank/lpg-storage-tank-cncd/lpg-tank-cylindrical-tanks-industrial.html>
- Zhang, X. Y. (2021). Insights into conditioning landfill sludge with freeze-thaw method: Effects on the physical-mechanical properties and micro characteristics. *Journal of Cleaner Production*, 134-138.
- Zhou, F., Liu, H., & La, J. (2019). Fatigue Analysis of Liquefied Petroleum Gas Cylinders for Safety Risk Assessment. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)*, 25, 394-397. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12204-019-2143-x>.

Anexos

Anexo A

Orden de Trabajo para Cilindros de GLP

 ORDEN DE TRABAJO PARA CILINDROS DE GLP 001			
Sección	Campo	Información / Especificación	Observaciones
Información General	Fecha de Recepción:		
	Número de Identificación:		
	Fabricante:		
	Fecha de Fabricación:		
	Tara (kg):		
	Capacidad (litros):		
	Presión de Servicio (bar):		
Inspección Visual Externa	Abolladuras:		
	Cortes/Hendiduras:		
	Corrosión:		
Prueba de Sonido	Realizada:	Sí / No	
	Resultado:		
Inspección Interna	Retiro de Válvula Realizado:	Sí / No	
	Corrosión Interna:	Presente / Ausente	
	Presencia de Materiales Extraños:	Sí / No	
Prueba Hidráulica	Presurización (bar/psi):		
	Estabilidad de Presión:	Estable / Inestable	
	Fugas Detectadas:	Sí / No	
	Resultado:	Aprobado / Rechazado	
Limpieza Interna	Método Utilizado:		
	Secado Realizado:	Sí / No	
	Revisión Final con Sonda:	Sí / No	
Marcación y Pintado	Marcado con Marquilla:	Sí / No	
	Pintado Realizado:	Sí / No	
Conclusión Final	Resultado del Cilindro:	Aprobado / Rechazado	
	Responsable de la Revisión:		
	Fecha de Finalización de la Revisión:		

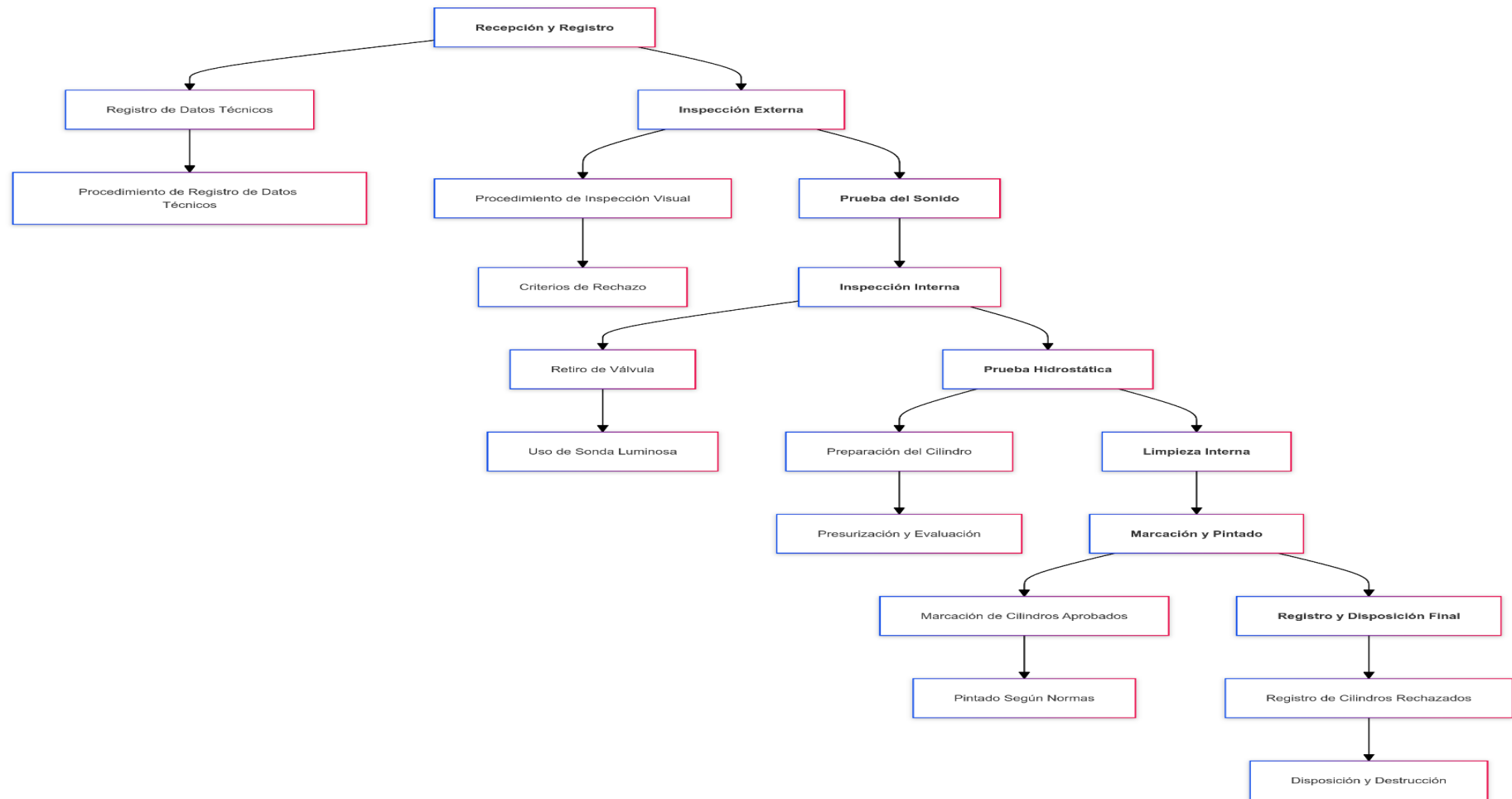
Anexo B

Registro Electrónico de Cilindros

 Registro Electrónico de Cilindros de GLP			
Sección	Campo	Información / Especificación	Observaciones
Información de Registro	Fecha de Registro:		
	Código de Identificación:		
Datos Técnicos del Cilindro	Fabricante:		
	Fecha de Fabricación:		
	Capacidad (litros):		
	Tara (kg):		
	Presión de Servicio (bar):		
	Presión de Prueba Hidráulica (bar):		
	Norma de Fabricación:		
Verificación del Registro	Verificado por:		
	Fecha de Verificación:		
	Confirmación de la Información Registrada:	Sí / No	
	Comentarios del Inspector:		
Trazabilidad y Seguimiento	Ubicación Actual del Cilindro:		
	Estado del Cilindro:		
	Fecha de Próxima Revisión:		
	Responsable de Seguimiento:		

Anexo C

Esquema del Proceso de la Guía



Anexo D

Hoja de Rechazo

 Hoja de Rechazo			
Sección	Campo	Información / Especificación	Observaciones
Datos Generales	Empresa:	OXIGUAYAS S.A.	
	Fecha:		
	Cilindro:		
	Cliente/Propietario:		
Motivo de Rechazo	Descripción del Rechazo	El cilindro identificado con el número [Número de identificación del cilindro] perteneciente al cliente [Nombre del cliente o propietario] no cumplió con los requisitos de seguridad en la prueba hidráulica.	
Procedimiento de Rechazo	Paso 1	Registrar el cilindro como rechazado en el sistema informático de Prueba Hidráulica y en el block REGISTRO DE PRUEBA HIDRÁULICA.	
	Paso 2	Notificar al encargado de ventas para que informe al cliente sobre el resultado de la prueba.	
	Paso 3	Solicitar el permiso del cliente para inutilización del cilindro. Sin autorización, entregar el cilindro con el comprobante de prueba hidráulica con la disposición de RECHAZADO.	
Disposición Final	Descripción	De acuerdo con los procedimientos, el cilindro ha sido marcado con "RECHAZADO" y la fecha de rechazo. Corte transversal en la parte superior del domo garantiza su destrucción segura y disposición final como material de chatarra.	
Firmas de Autorización	Responsable Técnico		
	Firma:		
	Fecha:		
Motivo Específico del Rechazo	Descripción	El cilindro fue rechazado debido a su incapacidad para pasar la prueba hidráulica, representando un riesgo potencial de falla. Se ha procedido a inutilizarlo conforme a normas de seguridad establecidas.	

Anexo E

Plano del Taller

1. MESA DE TRABAJO
 - REVISIÓN EXTERNA
 - REVISIÓN INTERNA
 - MEDICIÓN DE ESPESOR
 - MARCADO DE APROBADO/RECHAZADO
2. BALANZA
3. PRENSA
4. MÁQUINA DE PRUEBA HIDROSTÁTICA PARA CILINDROS DE ALTA PRESIÓN
5. MÁQUINA DE PRUEBA HIDROSTÁTICA PARA CILINDROS DE BAJA PRESIÓN
6. VOLTEADORA DE CILINDROS
7. SECADORA DE CILINDROS
8. COMPRESOR DE AIRE
9. CILINDROS REVISADOS
10. CILINDROS RECIBIDOS
11. PERCHA DE HERRAMIENTAS

ELABORADO	JUAN FERNANDO
POR:	ZAMBRANO NAJAS
<i>Nota:</i> Las unidades están en metros (m)	

