

**Factores Físico-Químicos que Afectan la Capacidad Nominal de Cargue de Gas Licuado
del Petróleo (GLP) en Tanques Portátiles o Cisternas en Colombia**

Helvert Humberto Niño Ascencio

Asesora

Ing. Luz Mery Rozo

Universidad Nacional Abierta y Distancia

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Ingeniería Industrial

2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a Dios, quien me ha dado la fortaleza y la sabiduría para superar cada desafío y quien, en su infinita bondad, me ha permitido culminar esta etapa tan importante de mi vida. Su guía ha sido un faro de luz en los momentos de incertidumbre.

A mi querida familia, que, con su amor incondicional, su apoyo incansable y sus sacrificios diarios han sido el pilar fundamental para alcanzar mis metas. Cada palabra de aliento, cada gesto de confianza y cada sacrificio hecho por mi bienestar me han dado la motivación para no rendirme y seguir adelante. Gracias por estar a mi lado en cada paso de este proceso universitario, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por brindarme un hogar lleno de amor y comprensión.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesora, quien no solo me brindo orientación y apoyo durante esta monografía, sino que también me ofreció la invaluable oportunidad de aprender y crecer profesionalmente. Su paciencia y generosidad al compartir sus conocimientos y experiencias han sido fundamentales para mi desarrollo, y por ello le estaré siempre agradecido.

Agradezco profundamente el tiempo que dedico a guiarme, siempre dispuesta a resolver mis dudas y a enseñarme con dedicación y compromiso. Su enfoque meticuloso y su capacidad para desafiarme intelectualmente me han permitido adquirir nuevas habilidades, fortalecer mis capacidades y enfrentar con confianza los retos que surgieron a lo largo de este proceso.

Resumen

La monografía aborda los factores físico-químicos que afectan la capacidad nominal de carga de Gas Licuado del Petróleo (GLP) en tanques portátiles y cisternas en Colombia, un tema de gran relevancia para la seguridad y eficiencia en el transporte y almacenamiento de este recurso. En su desarrollo, se analizan aspectos como la densidad, la presión de vapor, la temperatura de ebullición y la composición química del GLP, así como su impacto directo sobre la capacidad de carga en condiciones de operación. El estudio profundiza en la influencia de la temperatura ambiental, que puede alterar la presión dentro de los tanques, y cómo la variabilidad en la mezcla de propano y butano modifica las propiedades del gas, afectando su almacenaje seguro. También se abordan las normativas y estándares de seguridad que regulan el manejo del GLP en el país, con énfasis en la Resolución 180522 de 2010 y otras normativas internacionales, como la NFPA 58. El trabajo propone mejoras en el proceso de carga de GLP, tales como la automatización de procesos, la implementación de tecnologías de monitoreo en tiempo real, y la capacitación continua del personal operativo. A través de estas acciones, se busca optimizar la seguridad, reducir los riesgos asociados y mejorar la eficiencia en el manejo de GLP en Colombia. El análisis también ofrece recomendaciones clave para la industria, reguladores y empresas involucradas en el sector del GLP.

Palabras claves: Gas licuado, factores, físicos, químicos y cisternas

Abstract

This monograph addresses the physical and chemical factors that affect the nominal carrying capacity of liquefied petroleum gas (LPG) in portable tanks and cisterns in Colombia, a topic of great relevance to the safety and efficiency of this resource's transportation and storage. It analyzes aspects such as density, vapor pressure, boiling point, and chemical composition of LPG, as well as their direct impact on carrying capacity under operating conditions. The study delves into the influence of ambient temperature, which can alter the pressure inside tanks, and how variability in the propane-butane mixture modifies the gas's properties, affecting its safe storage. The safety regulations and standards governing the handling of LPG in the country are also addressed, with emphasis on Resolution 180522 of 2010 and other international standards, such as NFPA 58. The paper proposes improvements to the LPG loading process, such as process automation, the implementation of real-time monitoring technologies, and ongoing training for operating personnel. These actions aim to optimize safety, reduce associated risks, and improve efficiency in the handling of LPG in Colombia. The analysis also offers key recommendations for the industry, regulators, and companies involved in the LPG sector.

Keywords: Liquefied gas, physical, chemical and tank factors

Tabla de Contenido

Introducción	9
Planteamiento del Problema	11
Justificación	14
Objetivos.....	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
Estado del Arte.....	17
Marco Teórico.....	21
Antecedentes	21
Breve Historia del Uso de GLP en Colombia	21
Estado Actual del Mercado de GLP en Colombia	21
Importancia Económica y Social del GLP en Colombia.....	22
Marco Conceptual.....	23
Propiedades Físico-Químicas del GLP	23
Propiedades Físicas del GLP Licuado.....	23
Propiedades Químicas del GLP Licuado	24
Normativas y Estándares de Seguridad en el Manejo de GLP	29
Normativas en Colombia.....	29
Normas Técnicas Colombianas (NTC)	30

Normativas Internacionales.....	31
Riesgos Asociados con la Manipulación de GLP	32
Medidas de Mitigación de Riesgos	33
Desarrollo.....	35
Principales Factores Físico-Químicos que Afectan la Capacidad Nominal de Cargue de Gas Licuado del Petróleo (GLP) en Tanques Portátiles o Cisternas en Colombia	35
Densidad del GLP	35
Mencionar los Estándares de Seguridad con los que deben Cumplir los Tanques Portátiles Cisternas que Transportan GLP en Colombia.....	37
Determinar Mejoras en el Proceso de Control de Cargue de Gas Licuado del Petróleo (GLP) en Tanques Portátiles o Cisternas en Colombia.....	42
Conclusiones	47
Referencias Bibliográficas	49

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Ejemplos de Gas</i>	26
Tabla 2 <i>Estándares de Seguridad</i>	37

Introducción

El Gas Licuado del Petróleo (GLP) es una mezcla de hidrocarburos ligeros, predominantemente propano y butano, que se encuentra en estado gaseoso a temperatura y presión atmosférica, pero se convierte en líquido cuando se somete a una presión moderada o a bajas temperaturas. En Colombia, el GLP es una fuente de energía importante para usos domésticos, comerciales e industriales debido a su alta eficiencia energética y su facilidad de almacenamiento y transporte en tanques portátiles o cisternas. Sin embargo, la capacidad nominal de cargue de GLP en estos recipientes está influenciada por varios factores físico-químicos que deben ser comprendidos y controlados para garantizar la seguridad y eficiencia del almacenamiento y transporte del gas (Martínez, 2017).

Uno de los factores más críticos que afecta la capacidad nominal de cargue de GLP es la temperatura. La temperatura ambiental que puede influir significativamente en la presión y nivel dentro del tanque, ya que el GLP se expande cuando se calienta y se contrae cuando se enfría. A temperaturas elevadas, la presión del gas en el interior del tanque puede aumentar, lo que podría llevar a una sobrepresión si no se controla adecuadamente (Gómez, 2019). Por otro lado, en condiciones de bajas temperaturas, el volumen del GLP líquido puede contraerse o reducirse, afectando la cantidad de gas que se puede almacenar efectivamente en el tanque (López & Ramírez, 2020).

La composición del GLP es otro factor determinante. La proporción de propano y butano en la mezcla puede variar, y cada uno de estos hidrocarburos tiene diferentes propiedades físico-químicas, como el punto de ebullición y la densidad. El propano, con un punto de ebullición más bajo, se mantiene en estado líquido a presiones más altas en comparación con el butano. Por lo

tanto, una mayor concentración de propano en la mezcla puede resultar en una mayor presión dentro del tanque a una temperatura dada, lo que a su vez puede influir en la capacidad de almacenamiento del tanque (Pérez, 2018).

Finalmente, la calidad del material del tanque y el diseño del sistema de almacenamiento también juegan un papel crucial en la capacidad de cargue de GLP. Los tanques deben ser fabricados con materiales que puedan soportar la presión interna del gas licuado y resistir la corrosión provocada por los componentes del GLP (Rodríguez & Hernández, 2021). Además, el diseño del sistema de almacenamiento debe incluir mecanismos de seguridad, como válvulas de alivio de presión, que aseguren que la presión interna no supere los límites seguros (Ministerio de Minas y Energía, 2020). En Colombia, las regulaciones y normativas específicas para el almacenamiento y transporte de GLP establecen los estándares que deben cumplir los tanques portátiles y cisternas para garantizar la seguridad y eficiencia en el manejo de este combustible vital.

Planteamiento del Problema

La industria del Gas Licuado del Petróleo (GLP) en Colombia tiene sus raíces en la década de 1930, cuando se comenzaron a comercializar volúmenes mínimos de este combustible, resultado de la producción residual, por algunos agentes que lo distribuían directamente en los centros de consumo. Debido a la creciente demanda y la necesidad de suplir el interior del país, se construyeron los primeros poliductos y propanoductos, lo cual impulsó la creación de terminales y plantas de almacenamiento para el recibo de GLP. Estas infraestructuras fueron operadas y administradas por comercializadores mayoristas, marcando el inicio formal de la cadena de suministro de GLP en el país (Cadena del Gas Licuado del Petróleo, 2017).

Conforme el sector del GLP fue evolucionando, también surgió la necesidad de establecer un marco regulatorio adecuado que garantizara su crecimiento ordenado. La Ley de Servicios Públicos, Ley 142 de 1994, fue un hito en este proceso, al definir las bases para la regulación del sector y asignar a la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) la responsabilidad de velar por el ordenamiento de las empresas. Estas directrices fueron fundamentales para la consolidación de un mercado equilibrado y con una proyección a largo plazo en la industria del GLP en Colombia, preparándola para enfrentar los desafíos futuros.

Uno de estos desafíos se refleja en la evolución de la estructura de la oferta del GLP en Colombia. El informe anual de 2021 destaca un cambio significativo en la producción de GLP, donde se observa que, mientras en 2006 el 95% del GLP provenía de refinerías, para 2021 solo el 31% proviene de estas, con un 69% de campos de producción (Informe Anual GLP, 2021). Este cambio en la fuente de producción no solo ha afectado la dinámica de suministro, sino que

también plantea nuevos retos en cuanto a la capacidad de cargue y transporte del GLP, elementos críticos para garantizar un suministro eficiente y seguro en todo el territorio nacional.

En este contexto, es crucial entender la composición y propiedades del GLP, compuesto principalmente por los hidrocarburos propano (C_3H_8) y butano (C_4H_{10}), que se encuentran en diferentes proporciones según la fuente de origen. La variabilidad en la mezcla, influenciada por otros hidrocarburos como el etano (C_2H_6) y el isobutano, juega un papel fundamental en la determinación de las propiedades físicas y químicas del GLP (Rodríguez & Pérez, 2019; Martínez et al., 2020). Estas propiedades, a su vez, afectan directamente su capacidad de almacenamiento y transporte, lo que refuerza la necesidad de un manejo técnico adecuado.

La capacidad de licuefacción del GLP, facilitada por su composición, es particularmente útil en áreas sin acceso a redes de gas natural, lo que lo convierte en una fuente de energía versátil y ampliamente accesible (García & López, 2018; Alonso, 2017). Sin embargo, esta misma característica, junto con su alto coeficiente de expansión, subraya la importancia de un manejo cuidadoso y bien regulado para evitar riesgos, como la formación de mezclas explosivas en el aire (Instituto Colombiano del Petróleo, 2021). Además, el uso de odorantes como el etil mercaptano es esencial para garantizar la seguridad en su manejo, ya que el GLP es insípido e incoloro a temperatura y presión ambiente (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2022).

En este marco, el propósito de este trabajo es analizar los factores físico-químicos que afectan la capacidad nominal de cargue de GLP en tanques portátiles o cisternas en Colombia. La composición, densidad, presión y temperatura del GLP, como mezcla de hidrocarburos livianos, son factores determinantes que influyen en su capacidad de carga. Este estudio se centrará en estos aspectos físico-químicos, considerando su impacto en la operación de cargue y transporte

de GLP, excluyendo otros factores como la infraestructura vial o condiciones climáticas extremas. Las limitaciones incluyen la variabilidad en las condiciones de operación y la disponibilidad de datos específicos sobre la mezcla de GLP en diferentes regiones del país.

Finalmente, este análisis se guía por la pregunta de investigación: ¿Cómo se puede optimizar el proceso de carga de GLP en Colombia respetando los límites legales y de seguridad? A través de esta investigación, se espera contribuir a un mejor entendimiento de los factores críticos en la operación del GLP, proporcionando insumos valiosos para la industria y la aportar en las investigaciones que se hacen desde el programa de ingeniería industrial de la universidad.

Justificación

El poder analizar los factores físico-químicos que afectan la capacidad nominal de carga de gas licuado del petróleo (GLP) en tanques portátiles o cisternas en Colombia, es de vital importancia por diversas razones. En primer lugar, abordar este problema es esencial para garantizar la seguridad y eficiencia en la manipulación y distribución del GLP, una fuente de energía crucial en Colombia tanto para uso doméstico como industrial. Según el Ministerio de Minas y Energía (2019), el GLP es utilizado por más de 12 millones de personas en el país, lo que subraya su relevancia en la matriz energética nacional. La correcta comprensión de los factores que influyen en la capacidad de carga de las cisternas es fundamental para evitar incidentes que puedan poner en riesgo la vida humana y el medio ambiente, dado que las propiedades físicas y químicas del GLP, como su alta capacidad de expansión en fase vapor, presentan riesgos significativos si no se gestionan adecuadamente (García & López, 2018).

Si no se aborda este problema, el impacto adverso sería significativo. La falta de comprensión de los factores físico-químicos podría resultar en una distribución ineficiente, con posibles sobrecargas o subcargas que afecten la integridad de los tanques y aumenten los riesgos de accidentes. Un estudio de la Agencia Internacional de Energía (2020) resalta que las fallas en la distribución de GLP pueden llevar a explosiones, incendios y otros incidentes graves, lo que también conlleva un aumento en los costos operativos y logísticos, afectando la competitividad del sector y encareciendo el acceso a esta fuente de energía para los consumidores.

La ejecución de este proyecto beneficia directamente a las empresas que forman parte de la cadena de suministro del GLP, a los reguladores del sector, y, en última instancia, a los consumidores finales. Para las empresas, los resultados de la investigación ofrecerán

herramientas para optimizar la capacidad de carga y mejorar las prácticas de seguridad, reduciendo así los costos asociados a la logística y minimizando los riesgos de accidentes (López & Díaz, 2020). Para los reguladores, la investigación proporcionará datos precisos que pueden ser utilizados para actualizar normativas y directrices, asegurando un mercado más ordenado y seguro (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2022).

Los resultados que se podrían obtener son de gran utilidad para optimizar la logística de transporte y almacenamiento del GLP en Colombia. Estos resultados permitirán una mejor planificación y ejecución de las operaciones, garantizando la integridad de las cisternas y maximizando su capacidad de carga, lo que a su vez se traducirá en un ahorro de costos para las empresas y en una mayor seguridad para todos los involucrados en la cadena de suministro (Alonso, 2017). Además, la investigación proporcionará argumentos cualitativos y cuantitativos sólidos que respalden la necesidad de revisar y mejorar las prácticas actuales. La capacidad de carga de las cisternas está directamente relacionada con la composición del GLP, la temperatura, la presión, y otros factores físico-químicos que, de no ser manejados adecuadamente, podrían dar lugar a errores operativos costosos y peligrosos (Rodríguez & Pérez, 2019).

Desde un punto de vista académico y profesional, la solución de este problema contribuirá al desarrollo profesional del estudiante, al permitirle aplicar conocimientos teóricos en un contexto relevante para la industria energética. Según Martínez et al. (2020), la investigación en el campo de los combustibles líquidos es esencial para avanzar en la tecnología y seguridad de su manejo, lo que fortalece las competencias del investigador en áreas clave como la termodinámica aplicada, la ingeniería de procesos, y la seguridad industrial.

Objetivos

Objetivo General

Analizar los factores físico químicos que afectan la capacidad nominal de cargue de gas licuado del petróleo (GLP) en tanques portátiles o Cisternas en Colombia

Objetivos Específicos

Describir los principales factores físico químicos que afectan la capacidad nominal de cargue de gas licuado del petróleo (GLP) en tanques portátiles o Cisternas en Colombia

Mencionar los estándares de seguridad con los que deben cumplir los tanques portátiles cisternas que transportan GLP en Colombia

Determinar mejoras en el proceso de control de cargue de gas licuado del petróleo (GLP) en tanques portátiles o Cisternas en Colombia.

Estado del Arte

Gómez, J. (2019) explora la influencia de la temperatura en la presión interna de los tanques de GLP, analizando cómo las fluctuaciones térmicas afectan la presión interna, un aspecto fundamental para la capacidad de almacenamiento y la seguridad del GLP. El autor examina cómo la expansión y contracción del GLP en respuesta a los cambios de temperatura puede alterar la presión interna del tanque. A través de datos empíricos y modelos teóricos, el estudio ofrece una previsión precisa de estas variaciones, permitiendo el diseño de tanques capaces de resistir las condiciones más extremas. Además, Gómez proporciona recomendaciones prácticas para el monitoreo continuo de la temperatura y la implementación de sistemas de seguridad que prevengan sobrepresiones y posibles fallas estructurales. Este trabajo es esencial para ingenieros y técnicos que gestionan GLP en Colombia, un país con significativas variaciones climáticas.

López y Ramírez (2020) examinan en su estudio Efectos de la temperatura baja en la capacidad de almacenamiento de GLP cómo las bajas temperaturas afectan la densidad y el volumen del GLP, impactando directamente en la capacidad de almacenamiento de los tanques. Los autores destacan las propiedades termodinámicas del GLP y su influencia en la eficiencia del almacenamiento en climas fríos. Además, presentan casos prácticos de regiones frías en Colombia y ofrecen soluciones para mitigar los efectos adversos de las bajas temperaturas, lo cual es esencial para el diseño y operación de sistemas de almacenamiento en condiciones climáticas adversas.

Este análisis de los efectos de la temperatura baja se complementa con el estudio de Composición del GLP y sus efectos en el almacenamiento por Pérez (2018). En su trabajo, Pérez investiga cómo las variaciones en la mezcla de propano y butano afectan la densidad, la presión de vapor y el comportamiento térmico del GLP. La investigación proporciona experimentos y modelos teóricos que muestran las diferencias en el rendimiento del GLP según su composición, y discute las implicaciones prácticas para el almacenamiento y transporte del GLP. Las recomendaciones para la mezcla óptima en diferentes condiciones climáticas y operativas refuerzan la comprensión sobre cómo la composición del GLP influye en su capacidad de carga.

Por otro lado, Martínez (2017) ofrece un recurso integral en El Gas Licuado del Petróleo (GLP): Uso, almacenamiento y transporte, que cubre desde la producción hasta el consumo final del GLP en Colombia. Este libro aborda la seguridad en el manejo del GLP, las especificaciones técnicas de los tanques y las normativas vigentes en el país. Los estudios de caso incluidos ilustran prácticas exitosas y son indispensables para profesionales e ingenieros que buscan una comprensión exhaustiva de los desafíos y soluciones en el manejo del GLP.

El Ministerio de Minas y Energía (2020) detalla en su documento Normas y regulaciones para el almacenamiento y transporte de GLP en Colombia las regulaciones y estándares nacionales que deben seguirse para asegurar un manejo seguro y eficiente del GLP. Este manual abarca aspectos cruciales como la construcción y mantenimiento de tanques, procedimientos de emergencia y formación del personal encargado. Estas normativas son esenciales para minimizar los riesgos de accidentes y garantizar la protección ambiental en todas las operaciones relacionadas con el GLP.

Rodríguez y Hernández (2021) en su estudio Materiales y diseño de tanques para el almacenamiento seguro de GLP abordan los materiales y diseños óptimos para la construcción de tanques de GLP. Su investigación examina la resistencia a la presión, la corrosión y la durabilidad de los materiales, y evalúa diferentes diseños de tanques para mejorar la eficiencia y seguridad del almacenamiento. Las recomendaciones presentadas son fundamentales para ingenieros y diseñadores que buscan optimizar las prácticas de almacenamiento de GLP.

García y Pineda (2022) estudian el mantenimiento preventivo en el transporte de GLP, analizando los riesgos asociados con el desgaste de los tanques y las soluciones tecnológicas para monitorear las condiciones de estos. El estudio destaca la importancia de las inspecciones periódicas y las mejoras en los sistemas de monitoreo de presión y temperatura como medidas para prevenir fallas catastróficas (García & Pineda, 2022).

Gómez y Rodríguez (2023) investigan las tecnologías aplicadas al monitoreo remoto del transporte de GLP, analizando cómo estas tecnologías pueden aumentar la seguridad y eficiencia del transporte en Colombia. Su investigación destaca el uso de sensores avanzados para monitorear variables críticas en tiempo real, como la temperatura y la presión interna de los tanques, lo cual mejora la capacidad de respuesta ante emergencias (Gómez & Rodríguez, 2023).

Ruiz y Herrera (2020) estudian la optimización logística en el transporte de GLP, enfocándose en la distribución y manejo eficiente de este combustible en Colombia. Los autores analizan cómo el uso de software avanzado de planificación de rutas y la implementación de tecnologías de transporte inteligente pueden reducir los costos y aumentar la seguridad en la cadena de suministro (Ruiz & Herrera, 2020).

Ordoñez, Pérez y Sánchez (2022) realizan un análisis comparativo internacional sobre las innovaciones tecnológicas aplicadas al transporte de GLP, destacando los avances en la infraestructura de transporte y almacenamiento de este combustible en países como Estados Unidos y Japón, y su aplicabilidad en Colombia. Este estudio permite identificar las mejores prácticas a nivel global y su potencial de implementación en el contexto colombiano (Ordoñez, Pérez, & Sánchez, 2022).

Finalmente, Restrepo y Martínez (2021) examinan los desafíos en la capacitación del personal encargado del manejo de GLP, proponiendo nuevas estrategias para mejorar las competencias técnicas y de seguridad. El estudio resalta la importancia de programas de formación continua y certificaciones específicas para garantizar la seguridad en toda la cadena de suministro del GLP (Restrepo & Martínez, 2021).

Marco Teórico

Antecedentes

Breve Historia del Uso de GLP en Colombia

El uso del Gas Licuado del Petróleo (GLP) en Colombia se remonta a la década de 1950, cuando empezó a ser considerado como una alternativa viable a otros combustibles tradicionales, como la leña y el carbón. Inicialmente, el GLP fue introducido principalmente para el uso doméstico, particularmente en zonas urbanas donde se requería una fuente de energía más limpia y eficiente para la cocción de alimentos. Durante las décadas siguientes, la adopción del GLP se expandió, impulsada por la necesidad de reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y de mejorar la calidad del aire en las ciudades. En los años 70 y 80, la infraestructura para la distribución de GLP se desarrolló significativamente, con la construcción de plantas de almacenamiento y una red de distribución que permitió su llegada a regiones más apartadas del país.

Estado Actual del Mercado de GLP en Colombia

Hoy en día, el mercado del GLP en Colombia es robusto y está bien establecido. Según datos del Ministerio de Minas y Energía, el consumo de GLP ha mostrado un crecimiento constante, con una demanda sostenida tanto en el sector doméstico como en los sectores comercial e industrial. El país cuenta con una amplia infraestructura que incluye plantas de almacenamiento, redes de distribución y una flota de vehículos cisterna que facilitan el transporte seguro del GLP a diferentes regiones. Las empresas distribuidoras de GLP están reguladas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), que establece normativas para asegurar la calidad, seguridad y accesibilidad del GLP para los consumidores. Además, Colombia ha

logrado diversificar sus fuentes de abastecimiento, con una mezcla de producción nacional y importaciones, lo que ha contribuido a la estabilidad del suministro.

Importancia Económica y Social del GLP en Colombia

El GLP juega un papel crucial en la economía y la sociedad colombiana.

Económicamente, el GLP es una fuente de empleo para miles de personas, desde los operarios de las plantas de almacenamiento hasta los distribuidores y técnicos que instalan y mantienen los equipos de GLP. Además, el GLP contribuye significativamente a la reducción de costos energéticos en el sector industrial, mejorando la competitividad de las empresas colombianas. Socialmente, el GLP ha tenido un impacto positivo en la calidad de vida de los ciudadanos, especialmente en áreas rurales y urbanas marginales, donde ha reemplazado el uso de leña y otros combustibles sólidos que generan altos niveles de contaminación y problemas de salud. La accesibilidad al GLP ha permitido a muchas familias tener una fuente de energía más segura y eficiente para la cocción de alimentos, calefacción y otras necesidades domésticas, mejorando así su bienestar general.

Marco Conceptual

Propiedades Físico-Químicas del GLP

Los factores físico-químicos que afectan la capacidad nominal de carga de gas licuado del petróleo (GLP) en tanques portátiles o cisternas en Colombia se basa en diversos conceptos fundamentales de la física, la química y la ingeniería, así como en consideraciones específicas relacionadas con el transporte y almacenamiento de GLP. A continuación, se presentan algunos de los elementos clave que conforman este marco conceptual:

Propiedades Físicas del GLP Licuado

El GLP (Gas Licuado de Petróleo) es una mezcla de hidrocarburos ligeros, principalmente propano y butano. Sus propiedades físicas incluyen:

Densidad

El GLP es más denso en estado líquido que en estado gaseoso. Su densidad líquida es de aproximadamente 0.5 a 0.58 kg/L, dependiendo de la composición exacta de la mezcla.

Punto de ebullición

El GLP tiene un punto de ebullición bajo, generalmente entre -42 °C (propano) y -0.5 °C (butano), lo que significa que se vaporiza fácilmente a temperatura ambiente.

Presión de vapor

El GLP tiene una alta presión de vapor, que varía con la temperatura y la composición de la mezcla, lo que permite que se almacene en estado líquido bajo presión en tanques.

Estado físico

A temperatura y presión ambiente, el GLP es un gas, pero bajo presiones moderadas se convierte en un líquido, facilitando su almacenamiento y transporte.

Propiedades Químicas del GLP Licuado

Las propiedades químicas del GLP están determinadas por su composición de hidrocarburos. Estas propiedades incluyen:

Composición Química

Principalmente propano (C_3H_8) y butano (C_4H_{10}), con pequeñas cantidades de otros hidrocarburos ligeros. La proporción exacta varía según la fuente y el procesamiento.

Inflamabilidad

El GLP es altamente inflamable, con un rango de inflamabilidad en aire del 2% al 9.5% en volumen, lo que lo hace un combustible eficiente pero también peligroso si no se maneja adecuadamente.

Reactividad

El GLP es relativamente estable, pero puede reaccionar con oxidantes fuertes. Cuando se quema en presencia de oxígeno, produce dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O).

Estabilidad Térmica

Es estable a temperatura ambiente, pero puede descomponerse si se expone a temperaturas extremadamente altas.

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) está compuesto principalmente por dos hidrocarburos: propano (C_3H_8) y butano (C_4H_{10}). Estos componentes se encuentran en diferentes proporciones dependiendo de la fuente y el uso específico del GLP. A continuación, se detallan los principales componentes:

Propano (C_3H_8)

- Fórmula: C_3H_8

- Peso molecular: 44.10 gr/mol

Butano (C_4H_{10})

- Fórmula: C_4H_{10}

- Peso molecular: 58.12 gr/mol

El GLP se obtiene principalmente a partir del procesamiento del gas natural y del refinado del petróleo. Al estar compuesto por estos hidrocarburos ligeros, el GLP puede ser fácilmente licuado bajo presiones moderadas, lo que facilita su almacenamiento y transporte en cilindros o tanques. Esta característica lo hace particularmente útil en zonas donde no se dispone de redes de gas natural.

Peso molecular: 49.7 gr/mol

Temperatura de ebullición (1 atm): $-32.5^{\circ}C$

Temperatura de fusión: $-168^{\circ}C$

Densidad de vapor (15°): 2.01 más veces que el aire

Densidad del líquido (15°):0.540

Presión de vapor: 1500 mmhg

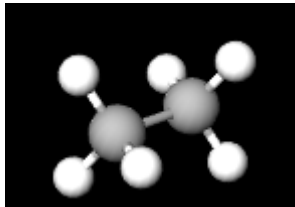
Relación de expansión (Líquido a gas, 1 atm): 1 a 242 (un litro de gas líquido, se convierte a 242 litros de gas fase vapor, formando con el aire una mezcla explosiva de aproximadamente de 11.000 litros).

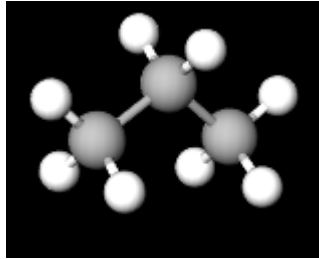
Apariencia y color: Gas insípido e incoloro a temperatura y presión ambiente. Tiene un odorizante que le proporciona un olor característico, fuerte y desagradable.

Además, los aditivos como los odorantes (por ejemplo, etil mercaptano) se añaden al GLP para darle un olor distintivo, ya que en su forma natural es inodoro. Esto es crucial para detectar fugas y asegurar el manejo seguro del gas.

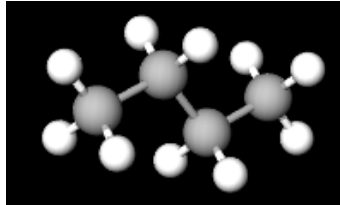
Tabla 1

Ejemplos de Gas

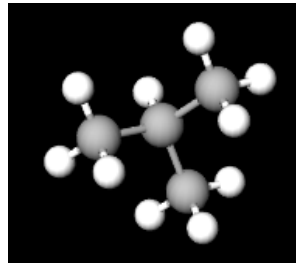
Nombre	Molécula	Formula
Etano		Fórmula: C ₂ H ₆ Peso molecular: 30.07 gr/mol

Propano

Fórmula: C₃H₈
Peso molecular: 44.10
gr/mol

Butano

Fórmula: C₄H₁₀
Peso molecular: 58.12
gr/mol

Isobutano

Fórmula:
C₄H₁₀
Peso molecular: 58,12
gr/mol

Nota. Elaboración propia

Capacidad Nominal de Cargue

Cantidad máxima de GLP que un tanque portátil o cisterna puede almacenar bajo condiciones estándar de temperatura y presión, sin exceder los límites de seguridad.

Ingeniería de Tanques y Cisternas

El diseño y la ingeniería de los tanques y cisternas que se utilizan para el transporte y almacenamiento de GLP son aspectos clave a considerar. Esto incluye la selección de materiales adecuados, el diseño de sistemas de seguridad, la capacidad de carga nominal y otros aspectos relacionados con la integridad estructural y funcional de los equipos.

Almacenamiento de GLP

Actividad que consiste en el acopio o acumulación de GLP en plantas de almacenamiento o tanques estacionarios utilizados para la prestación del servicio público domiciliario de GLP.

Capacidad de Almacenamiento

Volumen de GLP definido por la CREG, para garantizar la continuidad en la prestación del servicio en un territorio insular del país en el evento en que por cualquier causa se presenten inconvenientes de transporte de este combustible hacia el territorio insular.

Carrotanque

Unidad vehicular usada para el transporte de gas licuado de petróleo, la cual posee uno o varios tanques de almacenamiento de GLP, montados en su chasis de forma permanente.

Cisterna

Tanque de GLP utilizado para el transporte de GLP a granel, en estado líquido bajo presión, que está montado en el chasis de un vehículo automotor o remolque (terrestre) o en embarcaciones (marítimo o fluvial), diseñado y fabricado de acuerdo con las especificaciones establecidas en las normas NTC, o en su defecto en las consagradas en el Código ASME y en las normas DOT que sean aplicables según el caso.

Comercialización mayorista de GLP

Actividad consistente en la compra y venta de GLP al por mayor y a granel, con destino al servicio público domiciliario de gas combustible.

Condiciones de Referencia

Son las condiciones de presión y de temperatura a las cuales se referencian los volúmenes de GLP. Como condiciones de referencia (estándar), se toman los valores convencionales equivalentes a una temperatura de 15.6°C (60°F), y una presión de 101.3 kPa.

Normativas y Estándares de Seguridad en el Manejo de GLP

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es un recurso ampliamente utilizado en sectores industriales, comerciales y domésticos, pero debido a su naturaleza inflamable y los riesgos asociados con su manipulación, el cumplimiento de normativas y estándares de seguridad es esencial. A nivel nacional e internacional, se han establecido marcos regulatorios que buscan garantizar la seguridad de las personas, las instalaciones y el medio ambiente. A continuación, se presentan las principales normativas en Colombia e internacionales, así como un análisis más detallado de los riesgos asociados y las medidas necesarias para su mitigación.

Normativas en Colombia

Resolución 180522 de 2010

Esta resolución es uno de los pilares de la regulación del GLP en Colombia, y establece lineamientos que abarcan desde el almacenamiento hasta la distribución y el uso final del gas.

Resolución 180522

Especifica los requisitos técnicos que deben cumplir las instalaciones, prestando especial atención a la construcción de los sistemas de almacenamiento y distribución para minimizar riesgos de fugas o explosiones. También regula las inspecciones obligatorias a las que deben

someterse las instalaciones, así como la documentación y los permisos necesarios para operar con GLP. Además, establece directrices sobre la capacitación del personal, enfatizando en que las personas encargadas de la manipulación del gas deben tener un conocimiento profundo sobre las medidas de seguridad.

Decreto 1073 de 2015

Este decreto es un compendio normativo que agrupa las disposiciones sobre el sector energético en Colombia, y regula la producción, transporte, almacenamiento y distribución de GLP, entre otros recursos energéticos. Se enfoca en garantizar la seguridad en las instalaciones, tanto industriales como domésticas, mediante la implementación de estándares técnicos que incluyen procedimientos de emergencia, manejo de equipos, y las responsabilidades de las empresas proveedoras del servicio. El Decreto 1073 también establece la necesidad de certificaciones para el personal técnico que trabaja con GLP, con el fin de asegurar que cumplan con los estándares de seguridad necesarios.

Normas Técnicas Colombianas (NTC)

Las Normas Técnicas Colombianas (NTC) aplicadas al GLP, como la NTC 3561, proporcionan especificaciones detalladas sobre los materiales y procedimientos para la fabricación, instalación y operación de equipos de GLP, incluyendo tanques y cilindros. Estas normas son clave para asegurar que tanto los equipos como las instalaciones se mantengan dentro de los límites seguros de operación. Además, las NTC también contemplan requisitos para el diseño y construcción de redes de distribución internas en edificaciones, considerando tanto la seguridad del suministro como la protección del usuario final. Las NTC son constantemente actualizadas para adaptarse a los avances tecnológicos y nuevos riesgos detectados.

Normativas Internacionales

NFPA 58 - National Fire Protection Association

La NFPA 58, o Código para el Almacenamiento y Manejo de Gas Licuado de Petróleo (GLP), es una de las normativas internacionales más reconocidas para la regulación del uso seguro de GLP. Establece un conjunto de directrices claras sobre el diseño, construcción, instalación, y mantenimiento de sistemas de almacenamiento y distribución de GLP, con un enfoque preventivo ante incendios y explosiones. Además de los lineamientos técnicos, la NFPA 58 también establece protocolos para la formación de personal, así como las inspecciones periódicas necesarias para asegurar la integridad de las instalaciones. Esta normativa es utilizada en todo el mundo como una referencia clave para garantizar la seguridad en el manejo de GLP.

ISO 22991 - Requisitos de Seguridad para el Manejo de GLP

La ISO 22991 establece las normativas internacionales que deben seguir los sistemas de almacenamiento y distribución de GLP, con el fin de garantizar un nivel de seguridad global uniforme. Esta norma cubre desde el diseño de los tanques y cilindros hasta los sistemas de transporte y los procedimientos de operación. También regula las inspecciones periódicas, los controles de calidad de los materiales utilizados, y los métodos de prueba para garantizar la durabilidad y seguridad de los equipos. Además, la ISO 22991 incluye guías sobre el desmantelamiento seguro de las instalaciones cuando estas han cumplido su ciclo de vida, minimizando así riesgos para el medio ambiente.

API 2510 - Diseño y Construcción de Instalaciones de GLP

La API 2510, desarrollada por el American Petroleum Institute (API), proporciona especificaciones detalladas sobre el diseño y la construcción de instalaciones de almacenamiento de GLP, incluyendo terminales de carga, plantas de fraccionamiento y depósitos. La normativa se enfoca en garantizar que los sistemas cumplan con los más altos estándares de seguridad, cubriendo aspectos como la protección contra incendios, la ventilación, y los sistemas de monitoreo para la detección de fugas. La API 2510 es ampliamente utilizada en proyectos industriales a gran escala, y su cumplimiento es esencial para garantizar la seguridad en el manejo de GLP a nivel internacional.

Riesgos Asociados con la Manipulación de GLP

Riesgo de Explosión

El GLP es un gas altamente inflamable, y su liberación incontrolada en el ambiente puede formar mezclas explosivas en presencia de una fuente de ignición. Este riesgo es mayor en áreas cerradas, donde las concentraciones de gas pueden alcanzar niveles peligrosos sin ser detectados de inmediato. Las instalaciones de GLP deben contar con sistemas de ventilación adecuados y detectores de gas para minimizar el riesgo de explosión.

Riesgo de Intoxicación

A pesar de que al GLP se le añade un odorante para facilitar la detección de fugas, la exposición prolongada a altas concentraciones en espacios mal ventilados puede provocar

asfixia. El gas, más pesado que el aire, tiende a acumularse en zonas bajas, desplazando el oxígeno y creando un ambiente peligroso. Los protocolos de emergencia en caso de fugas deben incluir la evacuación rápida y la utilización de equipos de protección respiratoria para quienes trabajen en las áreas afectadas. Además, es fundamental la instalación de sistemas de detección automática de fugas en espacios cerrados.

Riesgo de Quemaduras

El GLP en estado líquido, debido a su baja temperatura, puede causar quemaduras por congelación al entrar en contacto con la piel. Por otro lado, en su estado gaseoso, el gas puede ser inflamado accidentalmente, causando quemaduras graves en las personas cercanas. Para mitigar este riesgo, los operadores de GLP deben estar equipados con trajes ignífugos, guantes y gafas de protección, y deben seguir procedimientos estrictos de seguridad al manipular el gas en cualquiera de sus formas.

Medidas de Mitigación de Riesgos

Monitoreo y Mantenimiento Preventivo

Las inspecciones regulares y el mantenimiento preventivo de las instalaciones de GLP son esenciales para garantizar su seguridad. Estas inspecciones incluyen la revisión de tanques, válvulas, y tuberías, así como la verificación del buen funcionamiento de los sistemas de detección de fugas y ventilación. El mantenimiento preventivo debe realizarse conforme a los lineamientos establecidos por las normativas locales e internacionales, y debe ser documentado para asegurar el cumplimiento.

Capacitación y Concientización del Personal

La formación adecuada del personal encargado del manejo de GLP es crucial para prevenir accidentes. Esta capacitación debe incluir la identificación de riesgos, el uso correcto de equipos de protección personal (EPP), y los procedimientos de emergencia en caso de fugas o incendios. Además, los empleados deben estar familiarizados con las normativas vigentes y las prácticas seguras recomendadas por los organismos reguladores.

Sistemas de Alarma y Evacuación

Las instalaciones que almacenan o manipulan GLP deben contar con sistemas de alarma y rutas de evacuación claramente señalizadas para el personal en caso de emergencia. Los sistemas de alarma deben estar conectados a detectores de gas que actúen rápidamente ante la presencia de concentraciones peligrosas de GLP en el aire. Asimismo, es esencial realizar simulacros periódicos para asegurar que los empleados conozcan los procedimientos de evacuación y las acciones a seguir en caso de emergencia.

Desarrollo

Principales Factores Físico-Químicos que Afectan la Capacidad Nominal de Cargue de Gas Licuado del Petróleo (GLP) en Tanques Portátiles o Cisternas en Colombia

Densidad del GLP

La densidad del GLP varía dependiendo de la temperatura y la composición de la mezcla (principalmente propano y butano). A medida que la temperatura aumenta, la densidad del GLP disminuye, lo que puede reducir la cantidad de gas que se puede almacenar en un tanque. Por lo tanto, la capacidad de cargue debe ajustarse según las condiciones ambientales para evitar sobrecargas o insuficiencias de carga.

Presión de Vapor

La presión de vapor del GLP es una medida de la tendencia del líquido a convertirse en gas. Esta presión aumenta con la temperatura y puede afectar la capacidad de carga, ya que un aumento en la presión interna puede llevar a un riesgo de sobrepresión si el tanque no está diseñado para soportarlo. La presión de vapor también determina las condiciones bajo las cuales el GLP puede ser transportado y almacenado de manera segura.

Temperatura de Ebullición

El GLP tiene un punto de ebullición bajo, lo que significa que se convierte en gas a temperaturas relativamente bajas. Esto es crucial en el contexto de transporte y almacenamiento,

ya que cambios en la temperatura pueden provocar una rápida vaporización del GLP, lo que afecta la presión dentro del tanque y, por lo tanto, la capacidad de cargue.

Composición Química del GLP

La proporción de propano y butano en el GLP determina sus propiedades físico-químicas. El propano tiene un punto de ebullición más bajo que el butano, lo que significa que es más volátil. La variación en la composición puede influir en la presión interna del tanque y en la cantidad de GLP que se puede almacenar de manera segura.

Factor de Expansión Térmica

El GLP se expande cuando se calienta. Este factor de expansión térmica debe ser considerado al llenar los tanques, ya que un aumento en la temperatura ambiental puede llevar a un aumento en el volumen del gas, lo que podría exceder la capacidad segura del tanque y aumentar el riesgo de sobrepresión.

Compatibilidad Material

Los materiales del tanque deben ser compatibles con el GLP para resistir la corrosión y otros efectos adversos. Si los materiales no son adecuados, la integridad del tanque puede verse comprometida, afectando su capacidad de almacenamiento y seguridad.

Mencionar los Estándares de Seguridad con los que deben Cumplir los Tanques Portátiles Cisternas que Transportan GLP en Colombia

De acuerdo a la información consultada se menciona a continuación los principales estándares de seguridad en la tabla No 2

Tabla 2

Estándares de Seguridad

Norma/Estándar	Descripción	Ámbito de Aplicación
Resolución 180522 de 2010 (Ministerio de Minas y Energía)	Define los requisitos técnicos, operativos y de seguridad para el transporte, distribución y almacenamiento de GLP en el país. Incluye la construcción, uso y mantenimiento de recipientes a presión.	Aplicable a todas las empresas que transportan, distribuyen o almacenan GLP en Colombia. Cubre los requisitos de seguridad para los tanques portátiles y cisternas durante el transporte y almacenamiento del gas licuado de petróleo.
NTC 3853 (Norma Técnica Colombiana)	Establece los lineamientos de diseño, fabricación, inspección, prueba y operación de recipientes a presión transportables, como los cilindros y tanques de GLP.	Aplica a los recipientes a presión transportables utilizados en el transporte de GLP en Colombia. Establece requisitos específicos para la construcción y pruebas que garanticen la seguridad de los tanques en condiciones de transporte.
Código ASME Sección VIII	Regula el diseño, fabricación, inspección y pruebas de recipientes a presión, asegurando que	Estándar internacional aplicable a tanques de GLP. Asegura que los recipientes a presión cumplan con estrictos requisitos de seguridad y

	puedan soportar las presiones internas y externas a las que están sometidos durante el transporte.	resistencia mecánica, aplicados en la fabricación de tanques portátiles y cisternas.
Reglamento de Transporte de Mercancías Peligrosas (Ministerio de Transporte)	Regula el transporte seguro de mercancías peligrosas, como el GLP, por carretera. Incluye medidas sobre el mantenimiento, señalización, y condiciones de los vehículos que transportan GLP.	Aplica a todas las empresas y transportistas de mercancías peligrosas en Colombia. Regula aspectos de seguridad vial, condiciones de los vehículos, señalización adecuada y el comportamiento durante emergencias en el transporte de GLP.
Norma NFPA 58 (National Fire Protection Association)	Establece los requisitos para la manipulación, almacenamiento, distribución y transporte seguro de GLP. Proporciona directrices para prevenir incendios y explosiones en operaciones con GLP.	Adoptada como referencia internacional en Colombia. Regula la seguridad contra incendios en la manipulación de GLP en instalaciones de almacenamiento y transporte, incluyendo procedimientos de emergencia y equipos de protección personal.
Norma UNE 60250:2002	Norma europea que regula la construcción, pruebas e inspección de recipientes a presión transportables para gases licuados como GLP.	Aunque es una norma europea, sus principios se aplican en la fabricación e inspección de tanques de GLP en Colombia, garantizando que los recipientes transportables cumplan con estándares internacionales de seguridad y calidad.
ADR (Acuerdo Europeo sobre Transporte)	Establece normas para el transporte seguro de mercancías peligrosas,	Es una normativa europea, pero sus principios son adoptados internacionalmente, incluyendo

Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera)	incluyendo GLP, por carretera. Contiene lineamientos específicos sobre el transporte seguro de gases licuados.	Colombia, en temas relacionados con el transporte seguro por carretera de GLP, asegurando la prevención de accidentes y medidas de emergencia.
DOT 4BA/4BW (Department of Transportation - EE.UU.)	Normas del Departamento de Transporte de EE.UU. para la fabricación, prueba y mantenimiento de recipientes a presión transportables, como cilindros y tanques de GLP.	Aunque son normas de EE.UU., muchos fabricantes en Colombia siguen estos estándares para asegurar la seguridad y resistencia de los recipientes a presión utilizados en el transporte de GLP. Asegura su resistencia y capacidad bajo presión.
ISO 9001:2015	Norma de gestión de calidad que asegura que los procesos de diseño y fabricación de tanques portátiles y cisternas sigan procedimientos rigurosos y estandarizados.	Aplica a la fabricación y gestión de calidad de los recipientes a presión y tanques portátiles de GLP, asegurando que cumplan con altos estándares de calidad y seguridad durante todo el proceso de producción, almacenamiento y transporte.
ISO 11119	Estándar internacional que regula la fabricación de cilindros compuestos para el almacenamiento y transporte de gases licuados, como el GLP, asegurando su resistencia y durabilidad.	Aplicado a recipientes compuestos de materiales ligeros y resistentes, como los utilizados para GLP. Asegura que los cilindros cumplan con los requisitos de seguridad para soportar las condiciones de presión y transporte sin fallos estructurales.
OSHA (Occupational Safety and Health Administration - EE.UU.)	Regula la seguridad de los trabajadores que manipulan recipientes a presión y sistemas de GLP en el lugar	Aunque es una normativa de EE.UU., sus principios se adoptan para garantizar la seguridad de los operarios en Colombia, cubriendo la

	de trabajo, garantizando medidas de protección personal y procedimientos de emergencia.	manipulación segura de GLP en entornos industriales, incluyendo tanques portátiles y cisternas.
Norma ICONTEC 3859-1:2009	Establece requisitos para los sistemas de distribución de GLP, que incluyen especificaciones de seguridad en la instalación, operación y transporte de los recipientes a presión de GLP.	Aplica a las empresas que distribuyen GLP en Colombia, regulando la instalación, operación y transporte de tanques portátiles y cisternas de GLP. Establece los criterios para su diseño, pruebas y mantenimiento preventivo.
ISO 11625:2007	Estándar internacional que establece los requisitos de seguridad para la manipulación, transporte y almacenamiento de cilindros de gases licuados, como el GLP.	Aplica a la manipulación y transporte de recipientes de GLP, asegurando procedimientos seguros para su transporte y manejo. Establece directrices sobre etiquetado, llenado y precauciones durante el transporte.
ISO 24431:2006	Proporciona requisitos detallados para la inspección, prueba y mantenimiento de cilindros y tanques de gases licuados a presión, como el GLP	Aplica a la inspección periódica y mantenimiento de tanques de GLP, asegurando que los recipientes sigan siendo seguros después de su fabricación, durante su vida útil, y cumplan con los requisitos de inspección y pruebas periódicas.

Nota. Elaboración Propia

Resolución 180522 de 2010 (Ministerio de Minas y Energía)

Esta resolución define los procedimientos operativos y técnicos que deben seguirse para el transporte seguro de GLP, incluyendo la certificación de los equipos, la formación del personal encargado y las medidas de emergencia en caso de accidentes o fugas. Además, regula el mantenimiento preventivo y la inspección periódica de los tanques y cisternas.

NTC 3853 (Norma Técnica Colombiana)

Detalla el tipo de materiales que deben utilizarse en la fabricación de recipientes a presión transportables, los métodos de soldadura, pruebas hidrostáticas, pruebas de presión interna y externa, y procedimientos de inspección visual.

Código ASME Sección VIII

Los tanques fabricados bajo este código deben someterse a estrictas pruebas de presión antes de su puesta en servicio. Este código incluye requisitos detallados sobre los espesores mínimos de las paredes de los recipientes, pruebas de resistencia a la fatiga y criterios para la reparación de tanques.

Reglamento de Transporte de Mercancías Peligrosas

Este reglamento establece las medidas de seguridad vial que deben adoptarse al transportar GLP, incluyendo la capacitación de conductores, el etiquetado y la señalización de los vehículos, y los requisitos para los equipos de emergencia a bordo.

Norma NFPA 58

Proporciona lineamientos detallados sobre cómo deben diseñarse, mantenerse y operarse los sistemas de GLP en vehículos cisterna para minimizar el riesgo de explosiones e incendios. Además, exige el uso de válvulas de seguridad y dispositivos de alivio de presión en los recipientes.

ISO 9001:2015

Aunque es una norma general de gestión de calidad, garantiza que los fabricantes de recipientes de GLP sigan procedimientos rigurosos de control de calidad durante la producción, reduciendo la posibilidad de defectos en los tanques.

Determinar Mejoras en el Proceso de Control de Cargue de Gas Licuado del Petróleo (GLP) en Tanques Portátiles o Cisternas en Colombia

Para determinar mejoras en el proceso de control de cargue de gas licuado del petróleo (GLP) en tanques portátiles o cisternas en Colombia, es crucial identificar los puntos clave en las operaciones actuales, los riesgos y las áreas de ineficiencia. Aquí presento una serie de mejoras estructuradas en varias áreas clave:

Automatización de Procesos

Mejora: Implementar sistemas automáticos de llenado que monitoreen en tiempo real la cantidad de GLP cargada en cada tanque o cisterna, con alertas automáticas en caso de sobrellenado o fallos.

Beneficios: Mejora la precisión en el llenado, reduce los errores humanos y aumenta la seguridad al evitar sobrepresurización.

Tecnología: Sensores de peso y sistemas de válvulas automáticas controladas por PLC (controladores lógicos programables), que regulan el flujo de GLP según el peso detectado.

Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real

Mejora: Incorporar sistemas de monitoreo de presión y temperatura en los tanques portátiles y cisternas durante el cargue para asegurar que se mantienen dentro de los parámetros de seguridad.

Beneficios: Mejora la seguridad al detectar variaciones peligrosas en presión o temperatura que podrían generar situaciones críticas.

Tecnología: Integración de sensores de presión y temperatura conectados a un sistema SCADA (Supervisor y Control and Data Acquisition) que permita monitorear el proceso desde una sala de control.

Capacitación del Personal Operativo

Mejora: Fortalecer la formación continua de los operadores encargados del cargue en normativas de seguridad actualizadas, uso de equipos de protección personal (EPP) y procedimientos de emergencia.

Beneficios: Mejora la respuesta ante situaciones de riesgo, aumenta la seguridad general del proceso, y reduce la probabilidad de accidentes por errores humanos.

Metodología: Implementación de simulaciones prácticas y cursos certificados.

Implementación de Normas Internacionales y Mejores Prácticas

Mejora: Adoptar de manera más estricta normas internacionales como la NFPA 58 (sobre manipulación de GLP) o el ADR (para transporte de mercancías peligrosas por carretera).

Beneficios: Alineación con estándares internacionales de seguridad, lo que asegura una operación más robusta y con menos riesgos.

Proceso: Realizar auditorías periódicas para verificar el cumplimiento de las normativas y mejores prácticas en los procedimientos de cargue.

Uso de Tecnología

Mejora: Instalar dispositivos en los tanques portátiles y cisternas para enviar datos en tiempo real a una plataforma central que monitoree el estado del cargue, la seguridad de los equipos y los parámetros operativos.

Beneficios: Permite una visibilidad total del proceso desde cualquier ubicación, facilita la toma de decisiones en tiempo real y ayuda a prevenir incidentes relacionados con fallos en el equipo o errores humanos.

Tecnología: Dispositivos de rastreo y sensores conectados a plataformas de monitoreo en la nube que alerten de posibles problemas antes de que se conviertan en incidentes.

Inspección y Mantenimiento Preventivo

Mejora: Establecer un sistema riguroso de mantenimiento preventivo y revisión periódica de los tanques y cisternas para asegurar que están en óptimas condiciones para el transporte de GLP.

Beneficios: Disminuye el riesgo de fugas y accidentes causados por desgaste o fallos en los equipos. También reduce los tiempos de inactividad debido a reparaciones imprevistas.

Proceso: Crear un cronograma de mantenimiento detallado basado en las horas de uso y las recomendaciones del fabricante de los tanques.

Mejora en la Gestión de Documentación y Registros

Mejora: Digitalizar los registros de control de cargue, mantenimiento y transporte de GLP para tener acceso rápido a información histórica y mejorar la trazabilidad de las operaciones.

Beneficios: Facilita las auditorías, mejora la organización, y asegura que toda la documentación cumpla con las normativas vigentes. Ayuda a realizar análisis predictivos sobre fallos potenciales en los equipos.

Implementación de Protocolos de Seguridad Avanzados

Mejora: Crear protocolos de seguridad que incluyan simulacros regulares de respuesta ante emergencias, como fugas o incendios durante el cargue.

Beneficios: Prepara mejor al personal para situaciones de emergencia, reduciendo el tiempo de respuesta y minimizando los daños potenciales en caso de incidentes.

Metodología: Planificación de simulacros junto con autoridades locales y cuerpos de emergencia para optimizar los tiempos de respuesta y coordinación.

Optimización de la Logística de Transporte

Mejora: Utilizar sistemas de optimización logística para programar las rutas y tiempos de transporte del GLP, asegurando que se minimicen los tiempos de tránsito y los riesgos asociados.

Beneficios: Disminuye los riesgos de accidentes durante el transporte al optimizar las rutas y reduce los costos operativos.

Tecnología: Software de gestión de flotas y optimización de rutas basado en inteligencia artificial.

Mejora en el Control de Calidad del GLP

Mejora: Implementar controles de calidad adicionales en la planta antes del cargue para asegurar que el GLP cumple con todas las especificaciones técnicas y de seguridad.

Beneficios: Asegura que el producto transportado cumple con los requisitos necesarios para un transporte seguro y reduce el riesgo de incidentes durante el almacenamiento y uso del GLP.

Proceso: Integrar análisis químicos previos al cargue en el proceso operativo, asegurando que no haya impurezas ni riesgos de presión inadecuada en los tanques.

Conclusiones

La capacidad nominal de carga de Gas Licuado del Petróleo (GLP) en tanques portátiles o cisternas en Colombia está influenciada principalmente por factores físico-químicos como la presión, temperatura y densidad del gas, ya que el GLP es altamente sensible a las variaciones térmicas que pueden alterar su estado entre líquido y gas, afectando su volumen y almacenamiento seguro. El comportamiento de expansión térmica del GLP también es crucial, ya que a temperaturas más altas el gas se expande, reduciendo la capacidad de carga efectiva. Además, la composición del GLP, que varía entre propano y butano, así como la pureza del gas y la presencia de impurezas, impactan tanto su comportamiento físico como su eficiencia energética, lo que puede influir en la cantidad de gas que se puede transportar de manera segura. Por tanto, es fundamental que se respeten las condiciones de seguridad, el monitoreo continuo y las normativas nacionales e internacionales para garantizar la eficiencia y seguridad en el manejo de GLP en el país.

En conclusión, el manejo de Gas Licuado de Petróleo (GLP) está sujeto a estrictas normativas y estándares de seguridad tanto en Colombia como a nivel internacional debido a los riesgos asociados, como explosiones, intoxicaciones y quemaduras. Las normativas nacionales, como la Resolución 180522 de 2010 y el Decreto 1073 de 2015, junto con normas internacionales como la NFPA 58 y la ISO 22991, establecen directrices claras para la seguridad en la instalación, almacenamiento y manejo de GLP. Además, la capacitación del personal, el monitoreo continuo y el mantenimiento preventivo de las instalaciones son medidas clave para mitigar los riesgos. Cumplir con estos requisitos es esencial para garantizar la seguridad de las

personas, instalaciones y el medio ambiente, minimizando los peligros inherentes a la manipulación de GLP.

La mejora del proceso de control de cargue de gas licuado del petróleo (GLP) en tanques portátiles o cisternas en Colombia requiere una combinación de automatización tecnológica, capacitación del personal y cumplimiento estricto de normativas internacionales. Entre las principales acciones se destacan la automatización de procesos de llenado, monitoreo en tiempo real de parámetros críticos como la presión y temperatura, y la adopción de normas internacionales como NFPA 58 y el ADR.

Además, la capacitación continua del personal, la implementación de protocolos de seguridad avanzados y la digitalización de la gestión documental son esenciales para reducir errores humanos y mejorar la trazabilidad de las operaciones. La inspección y mantenimiento preventivo de los equipos minimizan riesgos asociados a fugas y accidentes, mientras que el uso de tecnología de monitoreo y rastreo facilita la toma de decisiones en tiempo real. Finalmente, la optimización logística y el control de calidad del GLP aseguran una operación eficiente y segura, garantizando la seguridad en el transporte y almacenamiento del producto.

Referencias Bibliográficas

Alonso, J. (2017). *El uso del GLP en áreas rurales: Ventajas y desafíos*. Energía y Sociedad, 15(2), 45-56. <https://www.energiaysociedad.org/articulo/glp-rural-ventajas-desafios>

Agencia Internacional de Energía. (2020). *LPG safety in transportation and storage*.

<https://www.iea.org/reports/lpg-safety>

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2022). *Normativas actuales sobre el manejo del GLP en Colombia*. <https://www.creg.gov.co/normativas-glp>

Cadena del Gas Licuado del Petróleo (GLP). (30 de Abril de 2017).

https://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Cadena_GLP_2017_30032017.pdf

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2022). *Normas técnicas para el manejo seguro del GLP*. <https://www.creg.gov.co/normas-seguridad-glp>

Eduardo, M. R. (2020). Análisis de la cadena de suministro de GLP en Colombia mediante dinámica de sistemas.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/28123/GalindoCentenoHamiltonSteve2020.pdf?sequence=1>

Energía, M. d. (26 de Julio de 2016). Resolución 40246 de 2016.
[https://www.minenergia.gov.co/documents/2616/36932-Resolucion-40246-](https://www.minenergia.gov.co/documents/2616/36932-Resolucion-40246-7Mar2016.pdf)

[7Mar2016.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/2616/36932-Resolucion-40246-7Mar2016.pdf)

Informe Anual GL. (s.f.). <https://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2021/12/InformeGLP2021vf.pdf>

ICONTEC. (2020). *NTC 3853: Transporte de Gases Licuados Bajo Presión*. Bogotá, Colombia:

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Recuperado de

<https://www.icontec.org/ntc-3853-glp>

Gómez, J. (2019). *Influencia de la temperatura en la presión interna de los tanques de GLP*.

Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

<https://bibliotecadigital.unal.edu.co/handle/unal/73604>

García, A., & Pineda, L. (2022). *Mantenimiento preventivo en el transporte de GLP: Un análisis de riesgos y soluciones*. Revista de Ingeniería y Energía, 10(2), 45-60. Recuperado de

<http://www.revingeneriaenergia.com/mantenimiento-glp-analisis>

García, S., & López, M. (2018). *Propiedades físico-químicas del GLP y su impacto en la seguridad*. Revista de Energía y Seguridad, 23(2), 45-59.

López, S., & Díaz, M. (2020). *Optimización de la capacidad de carga de cisternas de GLP*.

Ingeniería Química, 12(1), 67-78.

Lambert, Douglas M. y Terrance L. Pohlen. "Supply Chain Metrics" The International Journal of Logistics Management, Volume 12, Number 1 2001.

LaLonde, Bernard J. and James M. Masters. “Emerging Logistics Strategies: Blueprints for the Next Century”. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 24, No. 7, pp. 35- 47, 1994.

López, A., & Ramírez, M. (2020). *Efectos de la temperatura baja en la capacidad de almacenamiento de GLP*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Martínez, P. (2017). *El Gas Licuado del Petróleo (GLP): Uso, almacenamiento y transporte*. Bogotá: Editorial Energía.

Martínez, P., Rodríguez, J., & Pérez, F. (2020). *Composición y variabilidad del GLP en Colombia*. *Química y Energía*, 18(4), 34-49.

Ministerio de Minas y Energía. (2020). *Normas y regulaciones para el almacenamiento y transporte de GLP en Colombia*. <https://www.minminas.gov.co/normas-glp>

Ministerio de Minas y Energía. (2019). *Estadísticas de uso del GLP en Colombia*. <https://www.minminas.gov.co/estadisticas-glp>

Ministerio de Minas y Energía. (2009). *Resolución 180939 de 2009: Por la cual se establecen los requisitos para las inspecciones periódicas de los tanques de GLP*. Bogotá, Colombia: MME. <https://www.minenergia.gov.co/180939-glp-inspeccion>

Ministerio de Transporte. (2002). *Decreto 1609 de 2002: Manejo y Transporte Terrestre de Sustancias Peligrosas*. Bogotá, Colombia: Mintransporte. <https://www.mintransporte.gov.co/decreto-1609-sustancias-peligrosas>

Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Política Energética Nacional: Hacia un sector energético más sostenible*. Bogotá, Colombia: MME.

<https://www.minenergia.gov.co/politica-energetica-sostenible>

Ordoñez, P., Pérez, G., & Sánchez, R. (2022). *Evolución tecnológica en el transporte de GLP: Un análisis comparativo internacional*. *Revista de Energía y Medio Ambiente*, 12(1), 33-

47. <http://www.reverngiamedioambiente.com/evolucion-tecnologica-glp>

Rodríguez, S., & Hernández, F. (2021). *Materiales y diseño de tanques para el almacenamiento seguro de GLP*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Restrepo, L., & Martínez, S. (2021). *Capacitación en el manejo de GLP: Retos y oportunidades en la industria colombiana*. *Revista de Seguridad Industrial*, 9(4), 19-28.

<http://www.revseguridadindustrial.com/capacitacion-glp-colombia>

Ruiz, A., & Herrera, D. (2020). *Optimización logística en el transporte de GLP: Un estudio de caso en Colombia*. *Revista Colombiana de Logística*, 7(2), 55-70.

<http://www.revcolombianalogistica.com/optimizacion-glp-colombia>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2021). *Normativa aplicable al transporte y distribución de GLP en Colombia*. Bogotá, Colombia: SSPD.

<https://www.sspd.gov.co/normativa-glp-colombia>

Towil, D.R. et. al. "Industrial dynamics simulation models in the design the supply chain".

International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 1992