



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**  
OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE CALDEROS,  
MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN DEL COMBUSTIBLE FUEL OIL #06  
POR GLP EN EMPRESA - MANTA.

**AUTOR**

Sela Lapo Ariel Olger

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del grado académico en  
MAGÍSTER EN PETRÓLEOS

**TUTORA**

Ing. GUTIÉRREZ HINESTROZA MARLLELIS DEL VALLE, PhD.

Santa Elena, Ecuador

Año 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Econ. Álvarez Acosta Roxana, PhD.  
COORDINADORA DEL  
PROGRAMA**

---

**Ing. Gutiérrez Hinestroza Marllelis, PhD.  
TUTORA**

---

**Ing. Portilla Lazo Carlos, Mgtr.  
DOCENTE  
ESPECIALISTA 1**

---

**Ing. Iturralde Kure Armando, Mgtr.  
DOCENTE  
ESPECIALISTA 2**

---

**Ab. Rivera González María, Mgtr.  
SECRETARIA GENERAL  
UPSE**



**UPSE**  
**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA**  
**DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por Ariel Olger Sela Lapo, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Petróleos.

**TUTORA**

---

**Ing. Gutiérrez Hínestroza Marllelis Del**  
**Valle, PhD.**

**25 días del mes de agosto del año 2025**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Ariel Olger Sela Lapo**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de Titulación, **OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE CALDEROS, MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN DEL COMBUSTIBLE FUEL OIL #06 POR GLP EN EMPRESA - MANTA** previo a la obtención del título en Magister en Petróleos, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, a los 25 días del mes de AGOSTO del año 2025

**EL AUTOR**

---

**Sela Lapo Ariel Olger**



UPSE

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSTGRADO

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado **OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE CALDEROS, MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN DEL COMBUSTIBLE FUEL OIL #06 POR GLP EN EMPRESA – MANTA**, presentado por el estudiante, Sela Lapo Ariel Olger fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 6%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

TUTORA

**INFORME DE ANÁLISIS**  
magister

**SELA LAPO ARIEL OLGER.**

**6%**  
Textos sospechosos

**8% Similitudes**  
0% similitudes entre comillas (ignorado)  
3% entre las fuentes mencionadas (ignorado)  
4% Idiomas no reconocidos (ignorado)  
21% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: SELA LAPO ARIEL OLGER.docx ID del documento: a370f20678a5df2755ce7ff912791d6bda0f7fd Tamaño del documento original: 8,17 MB	Depositante: MARLLEIS DEL VALLE GUTIERREZ HINESTROZA Fecha de depósito: 26/8/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 26/8/2025	Número de palabras: 5125 Número de caracteres: 35.265
---	--	--

Ubicación de las similitudes en el documento:

**Ing. Gutiérrez Hinestroza Marlleis Del Valle, PhD.**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Ariel Olger Sela Lapo**

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de informe de investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este artículo académico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Santa Elena, a los 25 días del mes de Agosto del año 2025

**EL AUTOR**

---

**Sela Lapo Ariel Olger**

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de investigación se lo dedico principalmente a Dios, por ser mi guía constante, y a mi querida madre, mi inspiración, que me enseñó que la perseverancia es la clave del éxito. A mi padre y a mi familia, quienes han sido mi sólido respaldo a lo largo de mi travesía universitaria.

Gracias a todas las personas extraordinarias que compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas de manera generosa, contribuyendo significativamente a mi desarrollo tanto profesional como humano. Su incondicional apoyo ha dejado una huella imborrable en esta etapa de mi vida.

*Ariel Olger, Sela Lapo*

## DEDICATORIA

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a lo largo de este proceso de investigación. En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza necesaria para avanzar.

Agradezco también a mi docente por su apoyo incondicional y orientación. A mi tutor de tesis, le agradezco por compartir su conocimiento y guiarme a lo largo de este proceso.

A mi querida madre, mi mayor inspiración, y a mi padre, por su constante apoyo. Este logro no solo es mío, sino también de aquellos que me rodean. Quiero agradecer a todos por ser parte de este viaje académico y contribuir para el éxito de este proyecto.

*Ariel Olger, Sela Lapo*

## ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO .....	V
AUTORIZACIÓN .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
DEDICATORIA .....	VIII
ÍNDICE GENERAL .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
RESUMEN .....	XV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	10
1.1. Revisión de literatura .....	10
1.2. Desarrollo teórico y conceptual .....	23
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA .....	48
2.1. Contexto de la investigación .....	48
2.2. Diseño y alcance de la investigación .....	49
2.3. Tipo y métodos de investigación.....	49
2.4. Población y muestra .....	50
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	50
2.6. Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información. ....	51

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	61
CONCLUSIONES .....	99
RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS.....	101
ANEXOS .....	106

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Producción y Consumo 2022 y 2023 Ecuador.	25
Tabla 2 Velocidad del gas en tuberías	36
Tabla 3 Materiales aceptados por NFPA 58 para el transporte de GLP	36
Tabla 4 Accesibilidad de artefacto de gas.	40
Tabla 5 Potencia Típicas de equipos de GLP.	41
Tabla 6 . Presión y tiempos de prueba según la MOP	42
Tabla 7 Consumo de Equipos Empresa Manta	53
Tabla 8 Consumo diario	55
Tabla 9 Distancias mínimas de seguridad GLP.	55
Tabla 10 Referencia del almacenamiento de GLP	56
Tabla 11 Método Nodos-Empresa Manta	56
Tabla 12 Datos de producción de vapor	59
Tabla 13 Propiedades del GLP	61
Tabla 14 Situación Actual; Bunker 90% - Diesel 10%.	62
Tabla 15 Situación Actual; Bunker 55% - Diesel 45%.	62
Tabla 16 Situación Actual; Diesel 100%.	62
Tabla 17 Consumo (Kg/mes).	63
Tabla 18 Análisis Económico 90% Bunker-10% Diésel vs GLP.	63
Tabla 19 Análisis Económico 55% Bunker-45% Diésel vs GLP.	64
Tabla 20 Análisis Económico 100% Diesel vs GLP.	64
Tabla 21 Relación Diesel-Bunker-GLP	64
Tabla 22 Punto de Equilibrio	65
Tabla 23 Caudal simultáneo requerido de los equipos	68
Tabla 24 Consumo total	70
Tabla 25 Carga de depósitos en Kg de acuerdo con la capacidad útil	70
Tabla 26 Propiedades de tanque Talud 20 m3	72
Tabla 27 E-2 Tanques Semienterrados-Distancias de Seguridad	73
Tabla 28 Sección A-B	77
Tabla 29 Sección (C-D)	79
Tabla 30 Sección E-F y GH	81
Tabla 31 Sección I-J	83
Tabla 32 Sección K-M	85
Tabla 33 Diámetros de tuberías	87
Tabla 34 Velocidades de los nodos	89

<i>Tabla 35 Longitud de tuberías.</i>	90
<i>Tabla 36 Filtros</i>	90
<i>Tabla 37 Manómetros</i>	91
<i>Tabla 38 Liquid Trap</i>	91
<i>Tabla 39 Reguladores de presión</i>	91
<i>Tabla 40 Actuadores</i>	91
<i>Tabla 41 Datos empresa-Manta</i>	96
<i>Tabla 42 Consumo actual.</i>	96
<i>Tabla 43 Consumo de la propuesta.</i>	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1 Consumo Energico.....</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 2 Consumo energético por habitante (BEP/hab.).....</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 3 Evolución de la demanda de energía por sector (kBEP).....</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 4 Demanda de energía por sector (%).....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 5 Evolución de la demanda de energía por fuente (kBEP).....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 6 Demanda de energía por fuente (% .....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 7 Consumo de energía por sector (%) .....</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 8 Despacho de hidrocarburos por provincia (KBEP) .....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 9 Ventas de GLP por provincia (miles de KG) .....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 10 Empresas ecuatorianas de atún en conserva .....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 11 Comportamiento energético total ( TJ) .....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 12 Combustibles Fuentes no renovables .....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 13 Consumo de Energia (en GJ) en GCG por país y flota durante 2021 y 2022. ....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 14 Energia total consumida en (GJ) en GCG. ....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 15 Consumo de energía por sector GLP (%) .....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 16 Esquema general de un sistema de GLP.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 17 Diagrama de instalación industrial del G.L.P .....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 18 Diferencia entre tanques y cilindros. ....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 19 Componentes de los tanques de almacenamiento de GLP.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 20 Instalación de recipientes en terrazas.....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 21 Ubicación de recipientes enterrados. ....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 22 Distancias mínimas de seguridad.....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 23 Factores de selección de tuberías de GLP.....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 24 Reguladores de presion .....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 25 Selección de regulador de primera etapa.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 26 Selección de regulador de Segunda etapa .....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 27 válvula de bola .....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 28 Basket Strainer .....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 29 Tren de gases .....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 30 Tabla de metodo de evaluacion de eficiencia calderos .....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 31 Metodo Indirecto.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 32 Poblacion.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 33 Metodología propuesta para el diseño e instalación de GLP .....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 34 Identificación del problema.....</i>	<i>53</i>

<i>Ilustración 35 Flujometro de caudal</i> .....	54
<i>Ilustración 36 Autodesk Autocad Plant</i> .....	57
<i>Ilustración 37 Lectura de Plano-Petróleos</i> .....	58
<i>Ilustración 38 Disposición de espacio en Empresa Manta</i> .....	71
<i>Ilustración 39 Área de Almacenamiento de tanques GLP</i> .....	72
<i>Ilustración 40 Bosquejo final, distancia de seguridad GLP</i> .....	74
<i>Ilustración 41 Bosquejo final, distancia de seguridad GLP</i> .....	75
<i>Ilustración 42 Toma de descarga de GLP</i> .....	76
<i>Ilustración 43 Toma de descarga de GLP</i> .....	76
<i>Ilustración 44 Tanques de almacenamiento de GLP</i> .....	92
<i>Ilustración 45 Filtro Canastilla</i> .....	93
<i>Ilustración 46 Regulador de primera etapa</i> .....	93
<i>Ilustración 47 Caudalímetro GLP</i> .....	94
<i>Ilustración 48 Liquid Trap</i> .....	94
<i>Ilustración 49 Regulador de segunda etapa</i> .....	95
<i>Ilustración 50 Tren de gases</i> .....	95

## RESUMEN

Actualmente los sistemas térmicos con tecnología antigua reducen la competitividad de las industrias y generan efectos negativos tanto en el consumo energético como en el ambiente. Este proyecto, tiene como título “*Optimización de la eficiencia energética de calderos, mediante la sustitución del combustible Fuel Oil #6 por GLP en empresa - Manta*”, propone reemplazar el uso de búnker (Fuel Oil #6) por gas licuado de petróleo (GLP) en calderas piro tubulares de una empresa ubicada en Manta, Manabí – Ecuador. El objetivo es evaluar la eficiencia de calderos, mediante la sustitución del combustible Fuel Oil #6 por GLP en una empresa en la ciudad de Manta-Ecuador.

La metodología aplicada se estructuró en tres etapas: primero, se realizó un diagnóstico del consumo y las condiciones operativas actuales; en segundo lugar, se desarrolló el diseño conceptual y técnico del nuevo sistema; y finalmente, se evaluó la eficiencia mediante el método directo. Como resultado, se evidenció un aumento en la eficiencia térmica, pasando del 69 % al 76 %. Asimismo, se comprobó que el uso de G.L.P. constituye una alternativa más limpia en comparación con el diésel y el fuel oil (búnker), logrando una reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> del 17 % y 27 %, respectivamente. Esta disminución tiene un impacto positivo en el desempeño ambiental del sistema, contribuyendo al cumplimiento de metas de sostenibilidad y eficiencia energética.

Se concluye que el uso de GLP no solo mejora el rendimiento energético y reduce significativamente los costos operativos, sino que también ofrece una solución sostenible, viable y alineada con los objetivos de desarrollo industrial responsable.

**Palabras claves:** Eficiencia Energética, caldera piro tubulares, energía mecánica, mantenimiento de calderas, Combustible GLP y Bunker.

## **ABSTRACT**

Currently, thermal systems using outdated technology reduce the competitiveness of industries and generate negative impacts on both energy consumption and the environment. This project, entitled "Optimizing the Energy Efficiency of Boilers by Replacing Fuel Oil #6 with LPG in a Company - Manta," proposes replacing the use of bunker fuel (Fuel Oil #6) with liquefied petroleum gas (LPG) in firetube boilers at a company located in Manta, Manabí, Ecuador. The objective is to evaluate the efficiency of boilers by replacing Fuel Oil #6 with LPG at a company in the city of Manta, Ecuador.

The methodology applied was structured in three stages: first, a diagnosis of consumption and current operating conditions was performed; second, the conceptual and technical design of the new system was developed; and finally, efficiency was evaluated using the direct method. The result was an increase in thermal efficiency, from 69% to 76%. Furthermore, it was proven that the use of LPG is a cleaner alternative compared to diesel and fuel oil (bunker), achieving a reduction in CO<sub>2</sub> emissions of 17% and 27%, respectively. This reduction has a positive impact on the system's environmental performance, contributing to the achievement of sustainability and energy efficiency goals. It is concluded that the use of LPG not only improves energy efficiency and significantly reduces operating costs, but also offers a sustainable and viable solution aligned with responsible industrial development objectives.

**Keywords:** Energy efficiency, pyrotube boiler, mechanical energy, boiler maintenance, LPG fuel, and bunker fuel.

## INTRODUCCIÓN

La demanda mundial de energía sigue creciendo debido al aumento de la población, los cambios en los estilos de vida y la industrialización. En 2019, el consumo global fue de 418 EJ, y se espera que aumente un 23% para 2040, alcanzando 516 EJ. Más del 80% de esta energía proviene de combustibles fósiles, siendo el petróleo, carbón y gas natural los principales. El gas licuado de petróleo (GLP), aunque es un combustible fósil, es ampliamente utilizado por su versatilidad y se considera una opción más limpia, ya que no emite dióxido de azufre (SOX) durante su combustión (Venegas-Vásconez et al., 2024).

Las empresas buscan el ahorro energético no solo para reducir costos, sino también para optimizar procesos y contribuir a la sostenibilidad ambiental (OIT, 2022). El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es uno de los derivados del petróleo y se destaca por ser una opción limpia y eficiente, con un alto poder calorífico y fácil transporte, lo que lo hace sostenible (Abdul Darawajkar, 2023; Coyla, 2023; Venegas-Vásconez et al., 2024a). Por otro lado, combustibles como bunker son más contaminante debido a su alto contenido de impurezas (Rodríguez et al., 2015).

A nivel global, la situación actual respecto a los gases de efecto invernadero, particularmente el carbono, refleja una preocupación creciente debido a su impacto en el cambio climático. La huella de carbono, que representa el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero generados por actividades humanas, se ha consolidado como un indicador clave para medir y mitigar estas emisiones. Países como Francia, Reino Unido, Alemania y Japón han desarrollado iniciativas para medir y reportar la huella de carbono, promoviendo estándares y metodologías armonizadas. Sin embargo, las emisiones siguen aumentando, destacando la necesidad de medidas más efectivas para reducirlas y adoptar modelos de producción y consumo sostenible (Schneider & Samaniego, 2010).

En Ecuador, el uso del combustible bunker sigue siendo común en diversas industrias, pese a sus impactos negativos en eficiencia energética y medio ambiente. Según (Rodríguez et al., 2015) aunque las calderas pueden operar con eficiencia aceptable, el bunker genera altas emisiones de NOx, contaminación, incrustaciones y hollín corrosivo. Cuando este hollín se mezcla con agua, forma ácido sulfúrico, dañando equipos y reduciendo su eficiencia (Jing et al., 2020). Frente a esto, el GLP surge como

una alternativa más limpia y eficiente, con menor impacto ambiental (López, 2021; MAE, 2017)

El monitoreo de la eficiencia energética y emisiones gaseosas en Ecuador sigue siendo limitado, lo que genera una brecha significativa en la gestión ambiental y energética bajo las normas ISO 14001 e ISO 50001. Para 2025, las empresas de mayor consumo energético deberán certificar bajo esta última (ENERGIA/MINAS, 2023). Muchas empresas ya han estado migrando a fuentes más limpias e implementando nuevas tecnologías, promoviendo sistemas de gestión energética para reducir costos operativos, minimizar la huella de carbono y lograr ahorros de hasta un 40% mediante la modernización de equipos (*Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca*, 2023). La norma ISO 50001 proporciona un marco para optimizar el uso eficiente de recursos (Servio & González, 2010).

Varias investigaciones, se han realizado en la zona costera de Ecuador con respecto al efecto de los gases de escape de calderos. En Manta, investigaciones sobre industrias atuneras revelan un alto impacto ambiental en zonas densamente pobladas. El autor, (López, 2021) identificaron que el 85.4% de los habitantes perciben alta contaminación por gases como SO<sub>2</sub> y material particulado, mientras el 33.6% considera insoportables los olores emitidos. Además, el 54% señala que la normativa ambiental solo se aplica tras denuncias, evidenciando deficiencias en la gestión ambiental.

Por otro lado, el autor (Roldan, 2015) El estudio evalúa el cumplimiento de la normativa ambiental en las empresas pesqueras de Manta (2012-2013), identificando problemas de contaminación y cumplimiento parcial de las leyes ambientales. Propone un Plan de Manejo Ambiental para fortalecer la regularización y reducir impactos negativos, promoviendo un desarrollo sostenible en el sector.

En Nigeria, se diseñó un quemador de GLP optimizado para calderas de refinerías, priorizando eficiencia térmica y menor consumo de combustible. Se definieron parámetros clave como el diámetro de la boquilla (1.9 mm), la ranura de entrada de aire (137.61 mm) y el índice de Wobbe (83,285.7 kJ/m<sup>3</sup>), logrando una combustión eficiente. Además, su posicionamiento y reducción del aire en exceso mejoran el rendimiento térmico y reducen costos, destacando frente a quemadores de biogás en eficiencia y sostenibilidad (Kinigoma & Ani, 2020).

En Ecuador, estudios en la industria atunera evaluaron tecnologías como turbinas a gas, turbinas a vapor y motores de combustión interna, utilizando mediciones de consumo energético y parámetros técnicos como la relación calor/potencia y el coeficiente  $\beta$ . Los autores (Arteaga et al., 2016) obtuvieron resultados que concluyen que las turbinas a gas son la alternativa más viable técnica y económicamente, permitiendo reducir emisiones de CO<sub>2</sub> y mejorar la eficiencia energética, lo que refuerza su potencial para ser replicada en otros sectores productivos.

Manta ha implementado normas estrictas para regular emisiones y fomentar prácticas sostenibles. Además, con la iniciativa “Pacto Verde por el Futuro de Manta”, busca modernizar la industria pesquera, proteger playas y reducir contaminación en sectores críticos como Tarqui y Los Esteros, promoviendo un desarrollo sostenible (Manta, 2022)

Por tal motivo, el estudio se enfoca en la transición de un sistema de calderas alimentadas con diésel a un sistema más eficiente y sostenible, reemplazando los quemadores de diésel por quemadores de G.L.P. Este cambio no solo reduce los costos de mantenimiento, sino que también disminuye la generación de residuos. El proyecto incluye el diseño de una red mecánica industrial de G.L.P., asegurando un suministro adecuado a las calderas de G.L.P., lo que contribuye a la mejora de los procesos industriales y a la protección del medio ambiente.

### **Justificación del problema.**

Ecuador enfrenta el reto de diversificar sus fuentes de energía para promover el desarrollo social y económico, especialmente en sectores clave como la industria atunera, que tiene un alto consumo energético. Este sector ha impactado positivamente la provincia de Manabí, y el Estado fomenta la certificación de empresas de alto consumo de energía bajo normativas internacionales como la ISO 50001 e ISO 14001, para optimizar el uso de recursos y mejorar la eficiencia energética. La implementación de gas licuado de petróleo (GLP) como alternativa energética es una opción eficiente y sostenible que reduce las emisiones contaminantes y tiene diversas aplicaciones en el ámbito industrial.

El proyecto justifica la necesidad de diseñar una instalación de GLP para alimentar calderas en la industria, lo que contribuiría a mejorar la eficiencia energética, y disminuir

el impacto ambiental. Al adoptar GLP, las empresas podrán optimizar sus procesos, mejorar su competitividad y alinearse con las políticas ambientales del país, generando beneficios tanto económicos, ambientales y energéticos.

Este estudio tiene relevancia social al contribuir al desarrollo económico de la provincia y a la sostenibilidad del sector. Además, tiene implicaciones prácticas al resolver problemas energéticos y ambientales en la industria, y valor teórico al aportar al conocimiento sobre la eficiencia energética en sectores industriales. La metodología aplicada también puede servir como guía para futuras investigaciones o proyectos similares en otras industrias que busquen soluciones energéticas sostenibles.

### **Formulación del problema de investigación**

¿El combustible GLP incide en la eficiencia energética en comparación al combustible bunker de las calderas piro tubulares?

### **Objetivo General**

Evaluar la eficiencia energética de calderos, mediante la sustitución del combustible Fuel Oil #6 por GLP en una empresa en la ciudad de Manta-Ecuador.

### **Objetivos Específicos (mínimo 3)**

- Caracterizar las propiedades del GLP como combustible para generación de energía térmica en calderos de forma sustentable y sostenible.
- Analizar las fases del diseño para la selección de la instrumentación industrial en el sistema de GLP mediante normas nacionales o internacionales.
- Diseñar los planos P&ID en CAD 3D, detallando la instalación y componentes mecánicos del sistema de GLP en una empresa de la ciudad de Manta.
- Evaluar la eficiencia de los calderos, utilizando el método directo.

### **Planteamiento hipotético**

El combustible gas licuado de petróleo (GLP) garantiza mayor eficiencia de la caldera en relación con el uso del combustible bunker utilizado en la industria de manera sostenible y sustentable.

## **CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

### **Propiedades del GLP como combustible para generación de energía térmica en calderos.**

El propósito de este capítulo es llevar a cabo una revisión bibliográfica sobre los aspectos fundamentales de las propiedades del GLP como combustible para calderos. Se abordarán diferentes conceptos, herramientas y principios teóricos que respalden y permitan explicar el objeto de estudio. Por lo tanto, se discutirán aspectos tales como sus propiedades físicas y químicas, así como los procesos de obtención, tratamiento y otras características relevantes para su aplicación en sistemas térmicos industriales.

#### **1.1. Revisión de literatura**

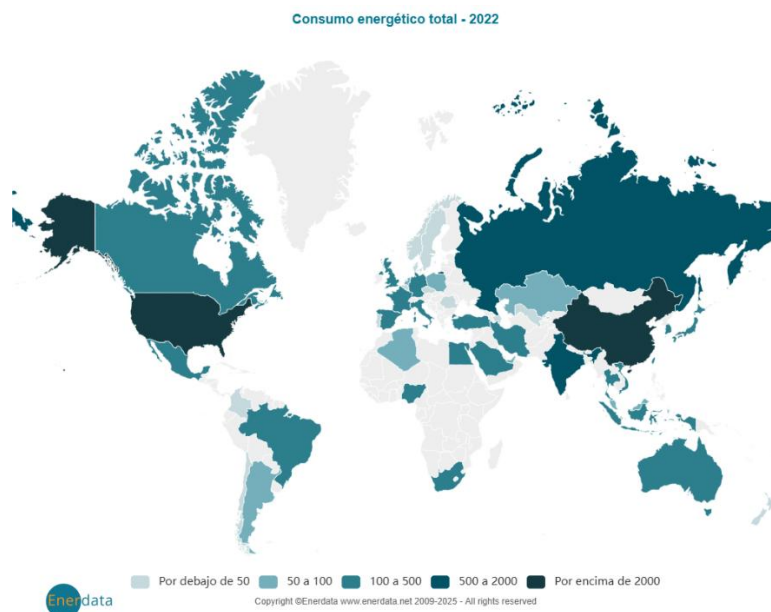
##### **1.1.1 Energía.**

###### **Energía en el mundo.**

La energía constituye un recurso esencial para el progreso de las sociedades contemporáneas, ya que posibilita el desarrollo de actividades productivas, comerciales y de servicios, además de ser clave para mantener una buena calidad de vida (Posso, 2002).

En la actualidad, el consumo de energía a nivel mundial muestra una tendencia de crecimiento rápido. Datos recientes indican que en 2023 el consumo energético global aumentó un 2,2%, superando el promedio histórico anual del 1,5% registrado entre 2010 y 2019, impulsado principalmente por economías emergentes como China, India y Brasil. Para representar la distribución del consumo mundial de energía, se incluye una ilustración 1 del año 2022, en el que los países están clasificados en diferentes rangos de consumo mediante distintas tonalidades de color. El consumo se mide en millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep). En el gráfico, se destacan grandes economías como China, Estados Unidos e India, con consumos que superan los 2000 Mtep, mientras que otros países muestran niveles de consumo mucho más bajos. Esta distribución evidencia las desigualdades en el acceso, uso y demanda de energía en el mundo, aspectos fundamentales para comprender las dinámicas energéticas actuales (Enerdata, 2023).

Ilustración 1 Consumo Energético.



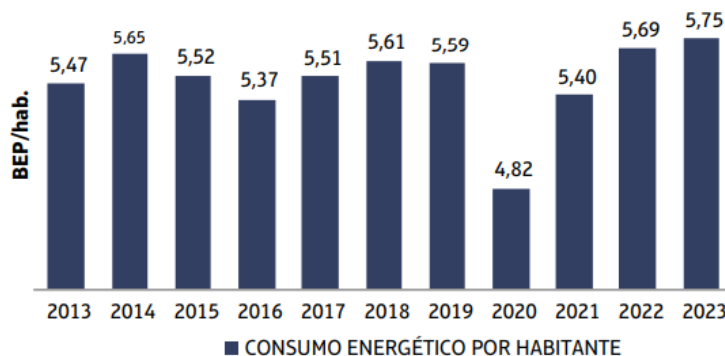
Recuperado de: (Enerdata, 2023)

### **Energía en Ecuador**

La energía desempeña un rol fundamental en la economía, el medio ambiente y la calidad de vida de la sociedad, constituyéndose en un pilar clave para el desarrollo del Ecuador. En el ámbito industrial, su relevancia se evidencia en la necesidad de disponer de fuentes de energía seguras y eficientes que sostengan la actividad productiva. En el balance energético de 2023 se destacan los siguientes datos: entre 2013 y 2023, la población del país creció de 15,7 millones a 17,8 millones de habitantes, lo que representa un incremento del 13,4 %. Durante ese mismo periodo, el Producto Interno Bruto (PIB) aumentó en un 20,4 %, al pasar de 96.857 millones de dólares constantes en 2013 a 116.618 millones en 2023(BEC, 2023).

Asimismo, el consumo de energía por habitante experimentó un alza del 5,1 %, creciendo de 5,47 BEP/hab. a 5,75 BEP/hab. En 2023, el consumo energético per cápita continuó recuperándose respecto a los niveles de 2020, tras la fuerte caída registrada por las medidas de contención aplicadas durante la pandemia de Covid-19, como se observa en la ilustración 1.2.

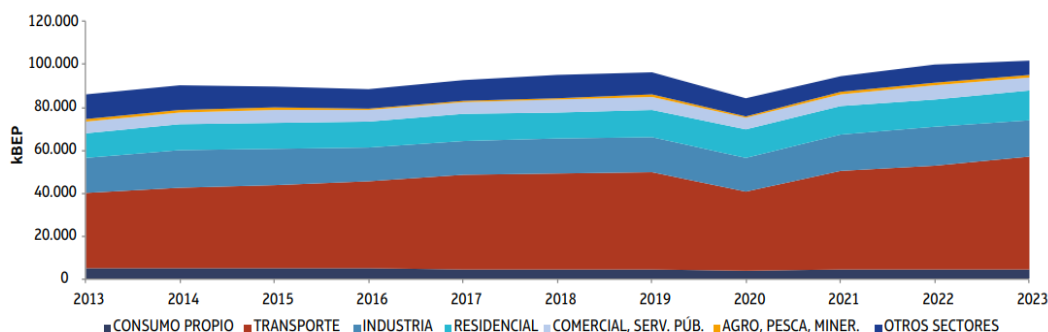
Ilustración 2 Consumo energético por habitante (BEP/hab.)



Fuente: (BEC, 2023)

Con respecto al consumo de energía en el país se incrementó 18,3 % durante el período de análisis, pasando de 86,2 millones de BEP en el año 2013 a 102 millones de BEP en 2023. Acorde con la tendencia histórica, el sector transporte es el mayor demandante de energía, con un valor promedio de 42,7 millones de BEP en los últimos once años. Seguido por el sector industrial con un valor promedio de 16,8 millones de BEP en este mismo período. Finalmente, la tercera mayor demanda de energía del país proviene del sector residencial, con un promedio de 12,5 millones de BEP, como se puede observar en Figura 1.14. Para el año 2023 la demanda energética en el país mostró un crecimiento de 1,8 % con respecto al 2022, pasando de 100,2 millones de BEP a 102 millones de BEP en el 2023. El sector transporte incrementó 9,5 %, seguido del sector residencial con 5,6 %, mientras que la demanda del sector industrial decreció en 6,8 % con respecto al 2022.

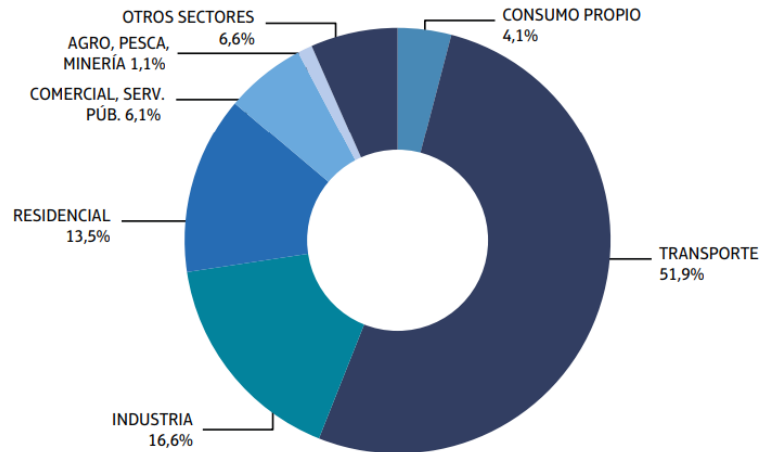
Ilustración 3 Evolución de la demanda de energía por sector (kBEP)



Fuente: (BEC, 2023)

En el año 2023, 51,9 % de la demanda de energía provino del sector transporte, mientras que 16,6 % provino del sector industrial y 13,5 % del sector residencial, tal como se indica en la ilustración 4.

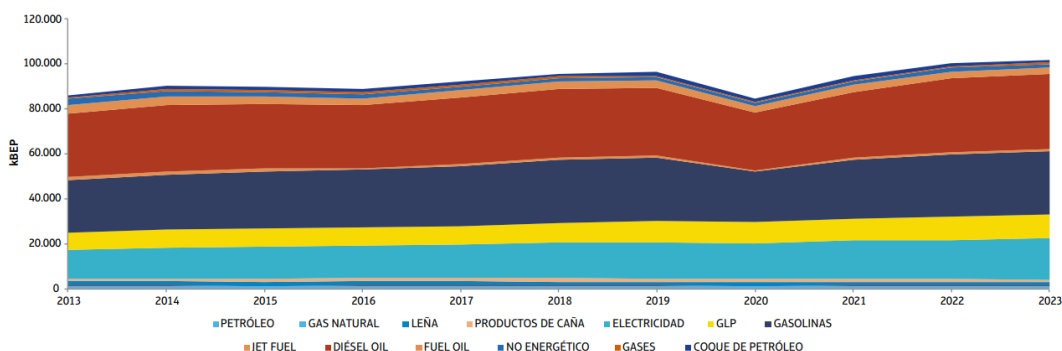
Ilustración 4 Demanda de energía por sector (%)



Fuente: (BEC, 2023)

En la ilustración 6 se puede apreciar la evolución de la demanda de energía por fuente en Ecuador. Los combustibles fósiles han sido los energéticos de mayor requerimiento en el país, con una participación promedio de 79,9 % entre 2013 y 2023. El diésel oil y la gasolina son las fuentes de mayor demanda, mostrando un incremento entre 2013 y 2023 de 16,6 % y 20,7 %, respectivamente. Por su parte, la demanda de energía eléctrica durante el período de estudio tuvo un crecimiento de 45,4 %, mientras que el gas licuado de petróleo (GLP), principal energético consumido para la cocción de alimentos, tuvo un crecimiento durante el mismo período de 35,9 %. En el año 2023 la demanda de gas natural decreció 20,9 % al igual que el coque de petróleo con 7,9 % respecto al 2022. Sin embargo, la demanda de productos de caña de azúcar incrementó 10,9 %, al igual que la demanda de petróleo con 3,8 %, gasolinas con 1,9 %, diésel oil con 1,3 %, electricidad con 5,7 % y GLP con 1,8 % respecto al 2022.

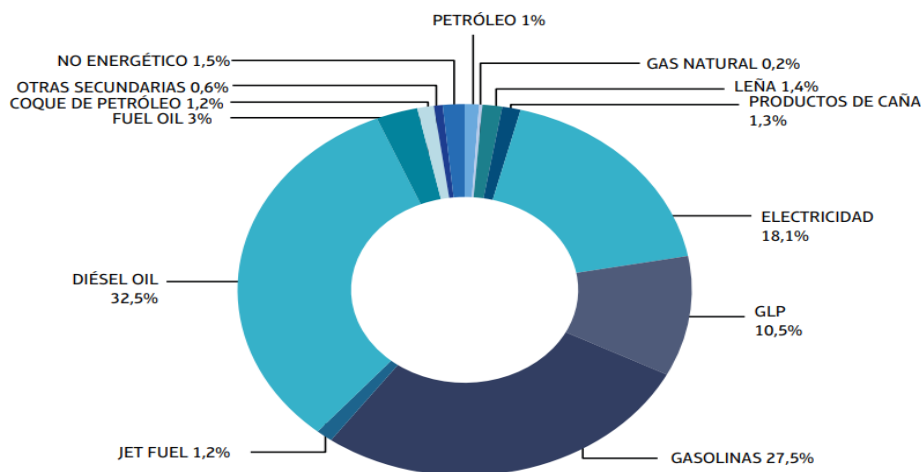
Ilustración 5 Evolución de la demanda de energía por fuente (kBEP)



Fuente: (BEC, 2023)

En 2023 el diésel oil representó 32,5 % del total de energía consumida en el país, mientras que las gasolinas significaron 27,5 %, la electricidad 18,1% y el GLP 10,5 %, tal como se puede observar en la ilustración 6.

Ilustración 6 Demanda de energía por fuente (%)

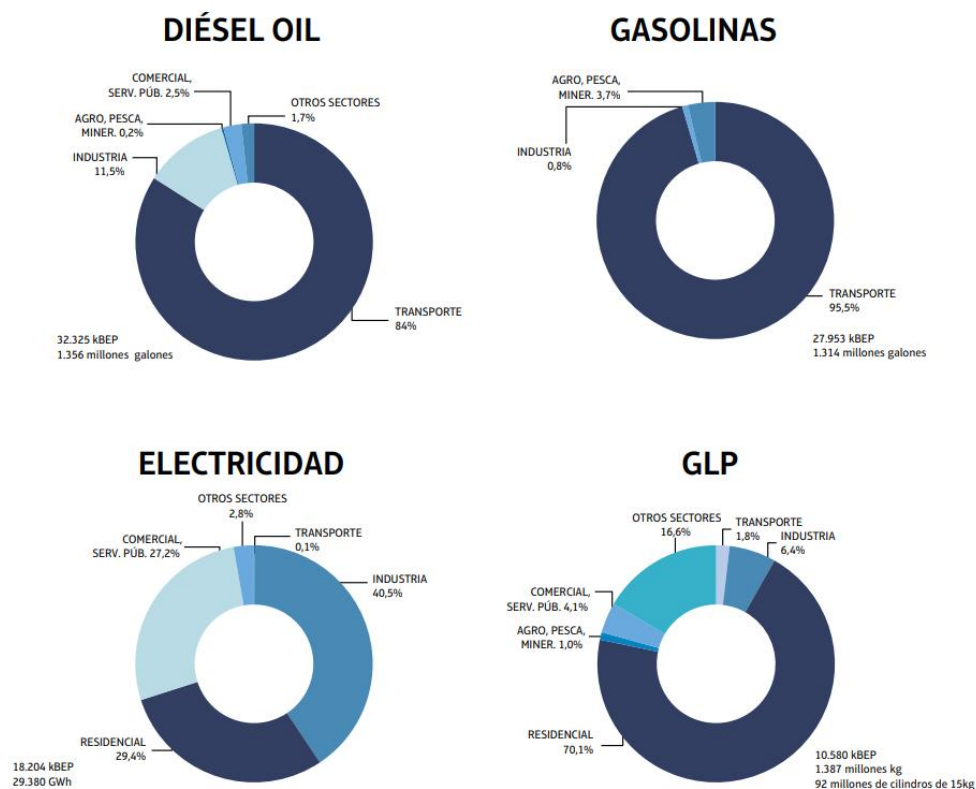


102 MILLONES DE BEP

Fuente: (BEC, 2023)

En 2023, los energéticos de mayor demanda en el país se distribuyeron principalmente entre el transporte, la industria y el sector residencial. El 84 % del diésel oil y el 95,5 % de la gasolina fueron consumidos por el transporte. La electricidad se concentró en los sectores industrial y residencial, que representaron el 69,9 % del consumo total, mientras que el sector residencial fue el mayor consumidor de GLP, con un 70,1 % del total, tal como se muestra en la ilustración 7.

Ilustración 7 Consumo de energía por sector (%)



Fuente: (BEC, 2023)

### Consumo de energía en Empresas Manta-Manabí-Ecuador.

Dentro del informe de balance energético (2023), se muestra la ilustración 8 muestra el despacho de hidrocarburos en el país, desagregado por provincia y tipo de combustible, expresado en kBEP.

En Manabí, el consumo total es de 6.789 kBEP (9% del total nacional), destacando las gasolinas (2.314 kBEP), el diésel (3.169 kBEP) y el fuel oil (1.307 kBEP) como los principales energéticos (BEC, 2023).

Ilustración 8 Despacho de hidrocarburos por provincia (KBEP)

**Tabla 4.28:** Despacho de hidrocarburos por provincia (KBEP)

PROVINCIAS	GAS NATURAL	GASOLINAS	DIÉSEL	FUEL OIL	JET FUEL	RESIDUO(1)	NO ENERGÉTICO	Total	Estructura %
<b>REGIÓN SIERRA</b>	-	11.846	13.076	522	2.375	1.072	49	28.941	38,3
AZUAY	-	1.352	1.368	156	16	-	21	2.913	3,9
BOLÍVAR	-	212	280	-	-	-	-	492	0,7
CAÑAR	-	339	585	30	-	16	-	970	1,3
CARCHI	-	211	217	-	-	-	-	428	0,6
CHIMBORAZO	-	703	833	1	-	14	-	1.551	2,1
COTOPAXI	-	732	989	68	-	11	-	1.800	2,4
IMBABURA	-	673	890	-	-	485	-	2.049	2,7
LOJA	-	606	939	-	-	-	-	1.545	2,0
PICHINCHA	-	5.283	4.948	247	2.359	545	28	13.411	17,7
STO. DGO. TSÁCHILAS	-	694	1.078	1	-	-	-	1.774	2,3
TUNGURAHUA	-	1.042	949	18	-	-	-	2.009	2,7
<b>REGIÓN COSTA</b>	945	11.951	18.873	5.941	136	914	91	38.852	51,4
EL ORO	945	1.177	2.527	35	13	-	-	4.697	6,2
ESMERALDAS	-	880	529	14	-	623	-	2.046	2,7
GUAYAS	-	6.140	10.603	3.573	94	171	90	20.671	27,3
LOS RÍOS	-	877	1.282	122	29	119	-	2.429	3,2
MANABÍ	-	2.314	3.169	1.307	1	-	-	6.789	9,0
SANTA ELENA	-	565	763	890	-	-	2	2.219	2,9
<b>REGIÓN ORIENTAL</b>	-	1.106	5.558	-	77	639	-	7.380	9,8
MORONA	-	198	329	-	-	-	-	527	0,7
NAPO	-	138	302	-	-	-	-	440	0,6
ORELLANA	-	223	2.346	-	1	406	-	2.977	3,9
PASTAZA	-	153	212	-	75	-	-	440	0,6
SUCUMBÍOS	-	270	1.425	-	1	233	-	1.929	2,6
ZAMORA CHINCHIPE	-	123	945	-	-	-	-	1.067	1,4
<b>REGIÓN INSULAR</b>	-	78	344	-	1	-	-	422	0,6
GALÁPAGOS	-	78	344	-	1	-	-	422	0,6
<b>TOTAL</b>	<b>945</b>	<b>24.981</b>	<b>37.851</b>	<b>6.463</b>	<b>2.588</b>	<b>2.625</b>	<b>141</b>	<b>75.594</b>	<b>100,0</b>

(1) En la matriz de balance el residuo forma parte del Fuel Oil.

Fuente: (BEC, 2023)

La ilustración 9 muestra las ventas de GLP por provincia en miles de kilogramos, diferenciadas por uso agrícola, doméstico, industrial y vehicular. En Manabí, el consumo total asciende a 98.741 miles kg, siendo el doméstico (93.272 miles kg) el de mayor participación, seguido por el agrícola (1.313 miles kg), el industrial (2.861 miles kg) y el vehicular (1.295 miles kg).

Ilustración 9 Ventas de GLP por provincia (miles de KG)

**Tabla 4.29:** Ventas de GLP por provincia (miles kg)

PROVINCIA	Agrícola	Doméstico	Industrial	Vehicular	Total
AZUAY	17	102.865	9.556	-	112.438
BOLÍVAR	164	15.898	11	-	16.072
CAÑAR	108	13.756	26	-	13.890
CARCHI	3	13.244	450	-	13.697
CHIMBORAZO	-	35.249	1.725	-	36.974
COTOPAXI	6	26.124	5.442	-	31.571
EL ORO	174	51.266	863	-	52.304
ESMERALDAS	357	33.997	149	-	34.503
GALÁPAGOS	-	1.951	282	-	2.233
GUAYAS	5.179	250.352	34.039	23.892	313.462
IMBABURA	-	33.949	2.057	-	36.005
LOJA	478	35.431	526	-	36.436
LOS RÍOS	5.364	66.607	1.579	-	73.550
MANABÍ	1.313	93.272	2.861	1.295	98.741
MORONA SANTIAGO	-	6.958	7	-	6.965
NAPO	-	30.367	96	-	30.463
ORELLANA	154	10.973	72	-	11.198
PASTAZA	-	6.929	17	-	6.946
PICHINCHA	118	233.836	24.309	-	258.264
SANTA ELENA	56	27.768	803	263	28.890
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	686	42.155	1.539	-	44.380
SUCUMBIOS	-	14.913	124	-	15.038
TUNGURAHUA	51	54.634	1.598	-	56.283
ZAMORA CHINCHIPE	-	1.263	83	-	1.345
<b>Total</b>	<b>14.226</b>	<b>1.203.758</b>	<b>88.214</b>	<b>25.450</b>	<b>1.331.648</b>

Fuente:(BEC, 2023)

En el cantón Manta, es uno de los cantones más importante de esta provincia, posee un puerto por estar ubicado en la costa y una de sus principales actividades económicas es el pesquero a la par de otras actividades como la manufactura, Café, industrias atuneras entre otras (Augusto Baque Cantos et al., 2018)

Según (AportuariaManta, 2018) La ciudad de Manta, reconocida como la “Capital Mundial del Atún”, se consolida como el principal puerto pesquero del Ecuador gracias a su alta participación en captura, descarga y procesamiento de este recurso. Según Jessika Guadamud, presidenta del Directorio de la Autoridad Portuaria de Manta, la industria atunera constituye un pilar de la economía nacional, generando empleo en Manabí y millones de dólares en exportaciones. Este sector cuenta con una flota de gran capacidad y más de veinte plantas procesadoras equipadas con tecnología avanzada, fortaleciendo la seguridad alimentaria y el desarrollo económico. En el año 2022, la Autoridad Portuaria de Manta movilizó 1´194.535,87 toneladas métricas de pesca, distribuidas entre 1´122.060 TM en el Terminal Portuario Internacional y 72.475,87 TM en el Terminal Pesquero y de Cabotaje.

Las empresas conserveras de atún se localizan en 3 provincias del litoral: Guayas, Manabí y Santa Elena. Alrededor del 60% de la oferta exportable de la industria se concentra en la provincia de Manabí (Tabla Nro. 1). La capacidad de producción (procesamiento y envasado) es de alrededor de 500.000 toneladas de atún en crudo. La pesca artesanal aporta al total de capturas con, aproximadamente, 3.000 toneladas métricas al año (Ministerio de Comercio Exterior, 2017).

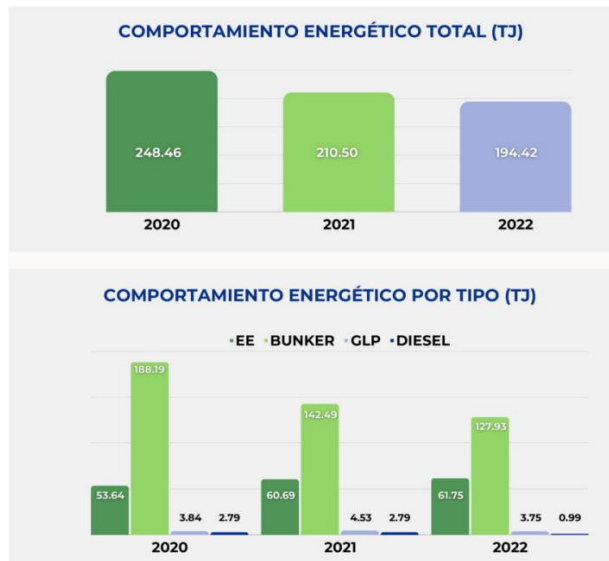
*Ilustración 10 Empresas ecuatorianas de atún en conserva*

<b>Empresas Ecuatorianas de Atún en Conserva</b>			
<b>Empresa</b>	<b>Ubicación</b>		<b>Tipo de Producto</b>
A SISERVY S.A.	Jaramijó	Manabí	Lomos y conservas
BILBOSA S.A.	Montecristi	Manabí	Lomos
EUROFISH S.A.	Manta	Manabí	Lomos y conservas
GALAPESCA S.A.	Guayaquil	Guayas	Conservas
IDEAL CIA. LTDA.	Manta	Manabí	Lomos y conservas
INEPACA	Manta	Manabí	Conservas
CONSERVA ISABEL ECUATORIANA S.A.	Manta	Manabí	Conservas
MARBELIZE S.A.	Manta	Manabí	Lomos y conservas
NEGOCIOS INDUSTRIALES REAL N.I.R.S.A. S.A.	Posorja	Guayas	Lomos y conservas
PESPESCA	Montecristi	Manabí	Lomos
SALICA DEL ECUADOR S.A.	Posorja	Guayas	Lomos y conservas
SEAFMAN SOCIEDAD ECUATORIANA DE ALIMENTOS Y FRIGORIFICOS MANTA CA	Manta	Manabí	Lomos y conservas
TECNICA Y COMERCIO DE LA PESCA C.A. TECOPESCA	Manta	Manabí	Lomos y conservas
SERVITERRA S.A.	Monteverde	Santa Elena	Lomos, conservas y pouch
ENVASUR S.A.	Valdivia	Santa Elena	Conservas
INCOPE S CIA LTDA	Guayaquil	Guayas	Conservas
OLIMAR	Manta	Manabí	Conservas
CONSERVERA TROPICAL	Manta	Manabí	Lomos
CELDEMAR ELABORADOS DEL MAR S.A.	Santa Elena	Santa Elena	Enlatados

Fuente:(Ministerio de Comercio Exterior, 2017)

En cuanto a las empresas, en Eurofish, Los diversos tipos de energías que utiliza la empresa son esenciales para la operación ya que todo el proceso productivo necesita de alguna de ellas. La organización usa los diferentes tipos de energía: eléctrica, térmica o diésel, bunker o GLP. En la ilustración 11, el consumo energético total muestra una tendencia decreciente entre 2020 y 2022, pasando de 248,46 TJ a 194,42 TJ. Por tipo de energía, el bunker es el de mayor participación, seguido de la electricidad (EE), mientras que el GLP y diésel mantienen valores bajos y estables.

Ilustración 11 Comportamiento energético total ( TJ)



Fuente:(Eurofish, 2022)

En la empresa Eurofish, el consumo de combustibles no renovables muestra una reducción sostenida en el uso de búnker, pasando de 1,283,246.77 gal en 2020 a 872,344.04 gal en 2022. Asimismo, el diésel disminuyó considerablemente, mientras que el uso de GLP se mantuvo estable en el periodo analizado.

Ilustración 12 Combustibles Fuentes no renovables



Fuente: (Eurofish, 2022)

En empresas atuneras del Grupo Bolton - Conservas Isabel Ecuatoriana S.A alrededor del mundo, los estados financieros reflejan que, en 2021, el consumo de energía proveniente de Fuel Oil (bunker) fue de 8,448.42 GJ en España, 59,359.12 GJ en Ecuador y 21,287.00 GJ en Marruecos. Para el año 2022, gracias a la implementación de varios proyectos energéticos, el consumo de este combustible disminuyó significativamente, siendo de 55,273.84 GJ en Ecuador y 5,634.55 GJ en España.

En base al reporte de estados financieros, se muestran cifras de empresa atuneras en Manta, Marruecos y España del total de consumo, ilustración 8.

*Ilustración 13 Consumo de Energía (en GJ) en GCG por país y flota durante 2021 y 2022.*

	ESPAÑA		ECUADOR		MARRUECOS		FLOTA	
	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021
Electricidad	-	-	8.486,63	9.086,13	8.325,14	7.382,00	-	-
Electricidad verde	20.512,89	21.073,72	25.459,89	27.258,39	-	-	-	-
Gas natural	58.297,61	68.118,02	-	-	-	-	-	-
Diesel	-	-	13.615,41	5.893,47	1.171,07	864,00	-	-
GLP	-	-	3.925,81	3.873,38	-	-	-	-
Fuel Oil	5.634,55	8.448,42	55.273,84	59.359,12	26.476,56	21.287,00	-	-
Diesel marino - Búnker (buques)	-	-	-	-	-	-	567.823,7	504.062,72
Gasolina (buques)	-	-	-	-	-	-	-	-
Biogás	-	-	9.891,19	16.126,34	-	-	-	-
Total de energía	84.445,05	97.640,16	116.652,77	121.596,83	35.972,77	29.533,00	567.823,7	504.062,72

Figura 3. Fuente: Reporte financiero (Food, 2022)

El consumo total de energía de Bolton Food se distribuye en diversas fuentes según las operaciones en España, Ecuador, Marruecos y su flota. En 2021, el consumo total de Fuel Oil (bunker) alcanzó 89,094.54 GCG, disminuyendo a 87,384.94 GCG en 2022 gracias a medidas de eficiencia energética. Además, aunque el consumo de GLP es menor, fue de 3,873.38 GCG en 2021 y aumentó ligeramente a 3,925.81 GCG en 2022. Estas fuentes de energía se utilizan para electricidad, refrigeración, calderas y combustibles auxiliares en las plantas y buques, destacándose también el uso de biogás como alternativa renovable en Ecuador para reducir emisiones, ilustración 9.

Ilustración 14 Energía total consumida en (GJ) en GCG.

TOTAL GCG (en GJ)	2022	2021
Electricidad	16.778,97	16.468,13
Energía renovable (electricidad verde)	45.874,40	48.332,11
Gas natural	58.297,61	68.118,02
Diesel	14.786,49	6.757,47
GLP	3.925,81	3.873,38
Fuel Oil	87.384,92	89.094,54
Diesel marino - Búnker (buques)	567.823,70	504.062,72
Gasolina (buques)	-	-
Biogás	9.891,18	16.126,34
Total de energía	804.763,08	752.832,71

Figura 4. Fuente: Reporte financiero (Food, 2022)

### **Antecedentes.**

Diversos estudios han abordado el uso del GLP como alternativa energética en sectores industriales del Ecuador. A continuación, se presentan algunos antecedentes relevantes que demuestran su viabilidad sostenible.

En el Ecuador, los autores (Martínez Lozano et al., 2024), diseñaron una instalación de GLP para el sector camaronero en la ciudad de Santa Elena- Ecuador, utilizó 3 fases con 18 actividades, como resultado se obtuvo, que la combustión del G.L.P, es limpia y en caso de fuga este se evapora y disipa de manera fácil y rápida a la atmósfera, por lo que no contamina el suelo ni los acuíferos, su combustión generará 16% menos emisiones de Co2 en comparación a las de diésel, por lo que se concluye y evidencia que sería un sistema más eficiente que el anterior, además de que su combustión es baja en carbono, y por lo tanto su uso ayuda a mejorar la calidad 70 del aire y así reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los autores (Arguello et al., 2023), quienes diseñaron y analizaron la factibilidad de una red de distribución de GLP para un condominio de cuatro departamentos. Su objetivo fue garantizar un suministro seguro y eficiente, considerando los riesgos asociados a la manipulación de cilindros individuales. Para ello, aplicaron principios de ingeniería, normas técnicas locales (INEN 2260) y mecánica de fluidos para dimensionar las tuberías y seleccionar los accesorios adecuados. El sistema diseñado alcanzó una capacidad máxima de 102 kW, cumpliendo con los estándares de seguridad. Entre los

resultados más relevantes se destaca un ahorro del 30 % en la inversión inicial en comparación con un tanque centralizado, y un 37 % por cada reposición, evidenciando tanto su viabilidad técnica como económica.

Por otro lado (Ortiz, 2018), los autores diseñaron, una instalación centralizada de Gas Licuado de Petróleo (GLP) para la Hostería-SPA Miramelindo en Baños de Agua Santa, objetivo de optimizar el suministro del combustible y garantizar una presión constante en los puntos de consumo. La implementación trajo beneficios significativos, como la reducción de desperdicio de GLP, seguridad en las instalaciones, mayor eficiencia en el abastecimiento.

Segovia & Carrasco (2018), diseñaron una red de distribución de GLP para una urbanización de 480 viviendas, aplicando metodología exploratoria en 5 fases, se obtuvo una instalación funcional y segura de GLP, con abastecimiento continuo, ahorro económico mensual (~\$1590) y retorno de inversión estimado en 3 años.

El autor (Escobar, 2016), realizó un análisis comparativo sobre el uso de gas licuado de petróleo (GLP) en calderas piro tubulares, sustituyendo al diésel como combustible. Este estudio tuvo como propósito principal demostrar que el GLP permite generar vapor con igual eficiencia que el diésel, pero con menores costos operativos y un impacto ambiental reducido. La investigación utilizó metodologías teóricas y prácticas para evaluar el comportamiento del GLP en aspectos como almacenamiento, consumo, eficiencia y costos. Los resultados mostraron una eficiencia térmica del 69 % con diésel y 74 % con GLP. Además, el GLP resultó ser menos contaminante al no contener plomo ni azufre, evitando la generación de hollín y humos. La tasa de retorno fue del 72,4 %, con un valor actual neto de \$482,5 mil y una recuperación de la inversión en 1,4 años.

### **Normativas, códigos y aspectos legales**

El uso adecuado de los sistemas de GLP, demanda el cumplimiento de regulaciones específicas que controlan tanto su instalación como su comercialización. En Ecuador, la implementación y operación de sistemas centralizados de GLP están sujetas a disposiciones legales y normativas técnicas bajo la supervisión de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH). Esta institución se encarga de controlar el sector hidrocarburífero y de aprobar el funcionamiento de dichas instalaciones mediante un proceso que requiere la presentación de documentación técnica, como la

memoria del proyecto y certificados que acrediten el cumplimiento de las normativas técnicas vigentes (Darawajkar, 2023).

Para su uso, los sistemas de GLP deben contar con componentes destinados al almacenamiento, distribución, regulación y control del gas, los cuales deben instalarse conforme a normas técnicas internacionales, como la NFPA 58, y a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2260:2010. Estas regulaciones buscan reducir los riesgos asociados a la manipulación del combustible, asegurando condiciones de seguridad adecuadas.

### **Obtención de permisos.**

Para operar instalaciones de GLP en Ecuador, es indispensable cumplir con las normativas legales y técnicas exigidas por el Cuerpo de Bomberos y la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH).

El proceso comienza con la entrega de los planos de instalación, la memoria técnica y una solicitud de servicio al Cuerpo de Bomberos de la zona correspondiente, quien realiza una inspección de factibilidad en el lugar. Posteriormente, verifica que los planos y el diseño cumplan con las normativas y códigos aplicables; si todo es conforme, se otorga la aprobación para proceder con la instalación.

Una vez completada, los bomberos realizan una inspección final para garantizar que se han cumplido todos los requisitos, emitiendo así el permiso definitivo. Finalmente, la comercializadora de GLP debe registrar el proyecto en la ARCH, quien otorgará la autorización de operación. Cabe destacar que cada Cuerpo de Bomberos tiene requisitos específicos según su jurisdicción, como es el caso de los bomberos de Manta en este proyecto. Este proceso asegura la viabilidad y seguridad de las instalaciones antes de su funcionamiento (Ramírez, 2019).

## **1.2. Desarrollo teórico y conceptual**

### **Gas Licuado de Petróleo.**

El Gas licuado de petróleo (GLP) es un combustible fósil utilizado en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales. Se compone principalmente de propano y butano, y se almacena en forma líquida a baja temperatura o alta presión. El GLP es eficiente, versátil y se usa para calefacción, cocina y generación de energía (Venegas-Vásquez et al., 2024).

## **Propiedades del GLP.**

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es un producto del refinamiento del petróleo que, bajo condiciones atmosféricas normales, se encuentra en estado de vapor, pero al comprimirse se convierte en líquido para su almacenamiento y transporte. Está compuesto por propano y butano, cuya proporción varía según la legislación de cada país. En Ecuador, el GLP contiene un 70% de propano y un 30% de butano (Ortiz, 2018).

Los autores (Venegas-Vásquez et al., 2024b); (Cuasquer Cuasapud & Pineda Maigua, 2022) destacan la importancia del GLP. Del análisis de estos trabajos, se puede resumir que sus propiedades son las siguientes:

- El GLP normalmente se encuentra presurizado, y se lo almacena y transporta por encima de su punto de ebullición. Después de su liberación, se evapora rápidamente y, como es más pesado que el aire (peso específico relativo con respecto al aire es 1,53; se acumula en lugares bajos y cerca del suelo, y en presencia de una fuente de ignición, puede causar una explosión y un incendio de manera repentina.
- El vapor de GLP en concentraciones entre 2 % y 10 % forma un compuesto explosivo.
- Lo conforman principalmente el butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) y el propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), con una pequeña cantidad de compuestos más ligeros y pesados, como etano y pentano, y se produce como un subproducto de los procesos de refinación y producción de gas natural y petróleo crudo.
- Alto poder calorífico comparado con otras fuentes de energía, (poder calorífico superior del GLP es aproximadamente 50.3 MJ/m<sup>3</sup> o 12 000 kcal/m<sup>3</sup> [8]).
- En condiciones ambientales (1 atm y 25 °C) se encuentra en estado gaseoso.
- El peso específico del GLP en estado líquido es 0.55 kg/m<sup>3</sup>.

Entre sus ventajas, señaladas en los mismos estudios, se destacan las siguientes:

Al comparar el GLP con otras fuentes de energía como el diésel, la gasolina, el carbón o la leña, se identifican diversas ventajas, entre las cuales se destacan las siguientes:

- Genera bajas emisiones contaminantes, ya que durante su combustión no se producen óxidos de azufre (SOx), debido a la ausencia de este elemento en su composición.
- No es tóxico ni venenoso para los seres humanos; sin embargo, puede representar un riesgo si desplaza el oxígeno en espacios cerrados, provocando anoxia.
- Es un combustible altamente versátil, empleado en múltiples aplicaciones como la cocción de alimentos, calentamiento de agua, secado de productos agrícolas, crianza avícola, combustible para vehículos, montacargas, hornos industriales y calderas, entre otros.
- Tiene un amplio rango de uso, tanto en contextos residenciales como comerciales e industriales.
- Su combustión es completa, lo que impide la formación de residuos carbonosos o de hollín.
- Su bajo costo, accesibilidad y beneficios ambientales han llevado a diversos gobiernos —como los de India, Indonesia, Burkina Faso, Ghana, Sudáfrica, México, Brasil, Ecuador, y Perú— a implementar políticas de subsidio para fomentar su uso generalizado entre la población.

### **Demanda y consumo de energía de GLP.**

Se procede a realizar una tabla comparativa de consumo y producción de 3 fuentes de combustibles Diesel, GLP Y Fuel Oil. Obtenido del balance energético Nacional 2023. Obteniendo lo siguiente.

*Tabla 1 Producción y Consumo 2022 y 2023 Ecuador.*

Energía.	Unidades	2022	2023
Producción de Diesel	kBEP	13.037	11.785
	miles gal	546.735	494.242
Producción de GLP.	kBEP	1.435	1.363
	miles kg	188.039	178.580
<b>Consumo de Energía.</b>			
Consumo de Diesel	kBEP	31.906	32.325
	miles gal	1.338.037	1.355.636
Consumo de GLP	kBEP	10.378	10.580
	miles gal	1.360.221	1.386.676
Consumo de Fuel Oil.	kBEP	1.935	1.832
	miles gal	78.890	74.681

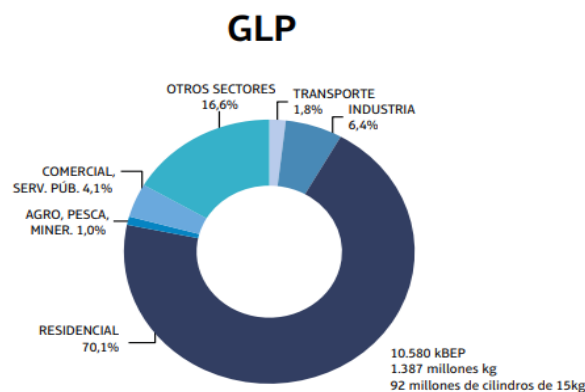
Fuente: (BEC, 2023)

### Aplicaciones de GLP.

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es una fuente de energía flexible con aplicaciones en múltiples sectores económicos. De acuerdo con el Balance Energético Nacional 2023, su uso predominante en el país se da en el ámbito residencial, que abarca el 70,1% del consumo total. Esto pone de manifiesto su fuerte presencia en tareas domésticas como cocinar, calefaccionar espacios y calentar agua.

Además del uso residencial, el GLP también se emplea en los sectores comercial y de servicios públicos (4,1%), industrial (6,4%), transporte (1,8%) y en actividades agropecuarias, pesqueras y mineras (1,0%). Otro 16,6% del consumo corresponde a sectores no especificados. En términos cuantitativos, el consumo total alcanzó los 10.580 kBEP, equivalentes a 1.387 millones de kilogramos, lo que equivale a unos 92 millones de cilindros de 15 kg.

Ilustración 15 Consumo de energía por sector GLP (%)



Fuente: (BEC, 2023)

### Elemento de un sistema de GLP.

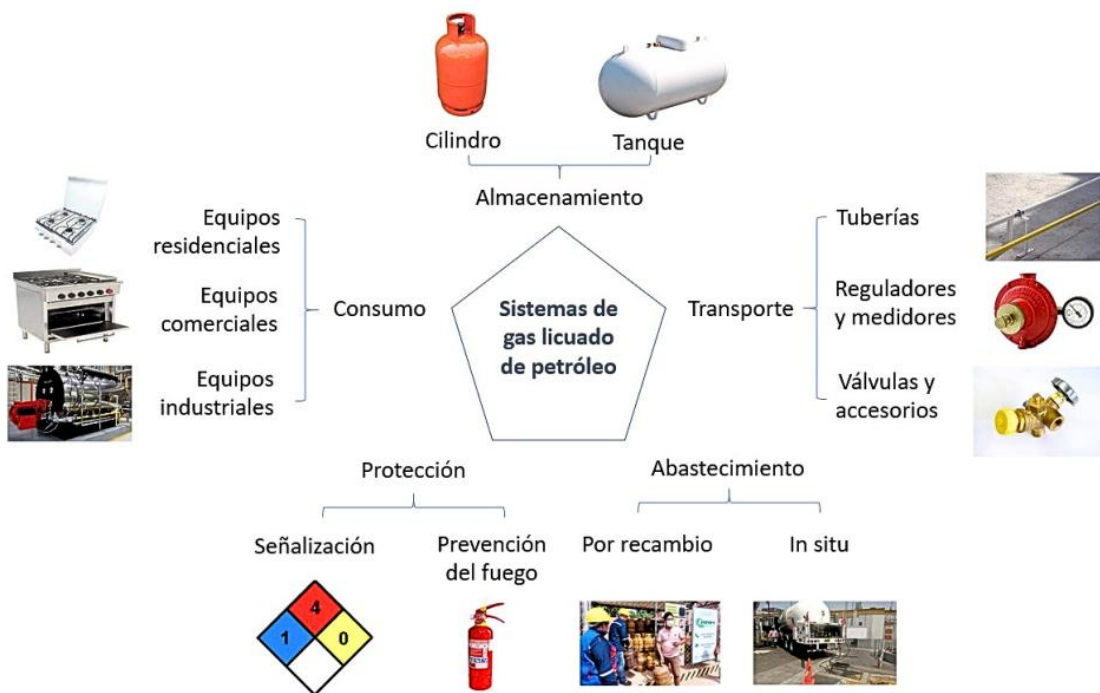
Los elementos de un sistema de GLP se pueden ver en la ilustración 11 e ilustración 12, entre los cuales se pueden citar:

- El almacenamiento. Corresponde a los recipientes en los que se envasa el combustible GLP, pudiendo ser cilindros (por su peso pueden transportarse fácilmente por un ser humano y se utilizan por recambio) y tanques (aquellos que

se ubican fijos en una instalación y para su funcionamiento deben ser abastecidos desde tanques cisterna por medio de mangueras).

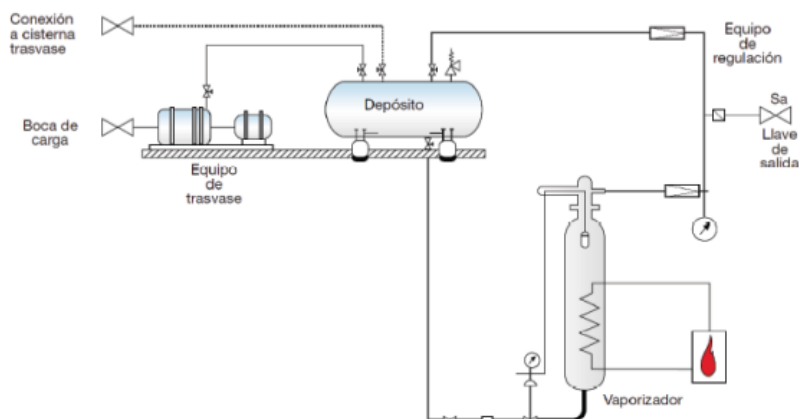
- El transporte. Hace referencia a las tuberías o cañerías de distribución, elementos de control como válvulas, elementos de regulación o reguladores de presión, elementos de medición o contadores.
- Equipos de consumo. Pertenecen los artefactos que utilizan el GLP para satisfacer una necesidad por parte del ser humano. Por su capacidad de generar energía o por su aplicación, estos pueden ser residenciales, comerciales e industriales.
- Sistemas de protección o prevención. Tanto para los recipientes, tuberías como equipos de consumo, ubicados con el fin de prevenir accidentes y minimizar riesgos por el manejo del combustible.

*Ilustración 16 Esquema general de un sistema de GLP*



Fuente:(Venegas-Vásconez et al., 2024b)

Ilustración 17 Diagrama de instalación industrial del G.L.P

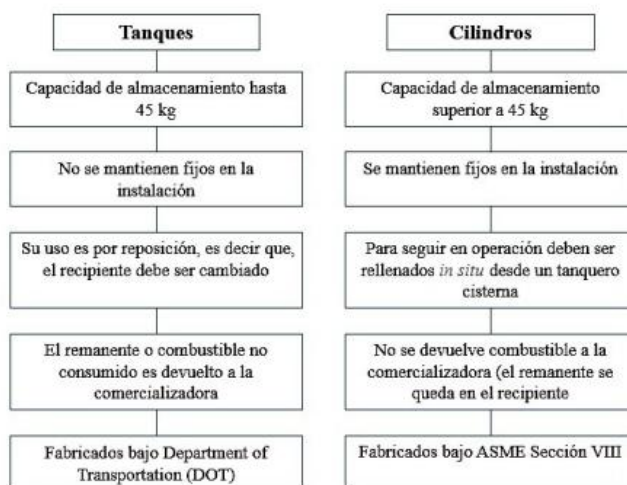


Fuente:(Venegas-Vásconez et al., 2024b)

### Almacenamiento de GLP.

El almacenamiento se realiza en recipientes o contenedores del combustible en fase líquida. El GLP normalmente es utilizado en fase gaseosa, por lo que previo al consumo se produce un fenómeno de vaporización natural, fenómeno que se produce al interior de los recipientes. Los recipientes se pueden clasificar por su tamaño en recipientes portátiles (cilindros) o recipientes estacionarios (tanques). Cada uno de ellos tiene varias características que difieren uno del otro en cuanto a su uso y aplicación, como se pueden ver en la ilustración 13.

Ilustración 18 Diferencia entre tanques y cilindros.



Fuente: (Venegas-Vásconez et al., 2024)

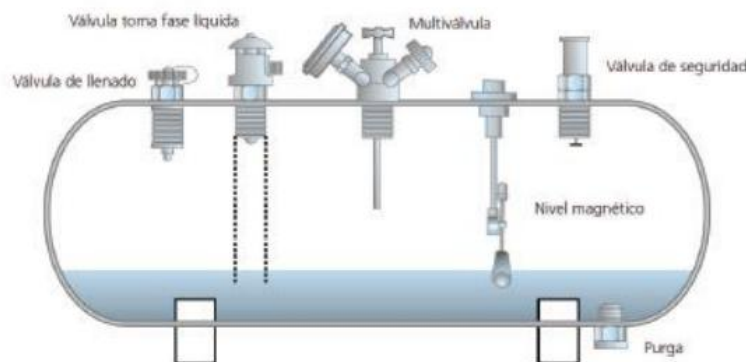
Para el dimensionamiento de tanques o cilindros en un sistema de GLP, es fundamental considerar la demanda de combustible de los equipos de consumo, así como las horas de máxima exigencia. En el caso de los tanques, se debe calcular la capacidad de almacenamiento requerida en función de estos parámetros. Por otro lado, los cilindros se comercializan en capacidades estándar de 5, 11, 15 y 45 kg, siendo los de 15 kg y 45 kg los más comunes para aplicaciones residenciales y comerciales, respectivamente. Una manera de estimar la cantidad necesaria de cilindros es mediante el análisis de la razón de vaporización, según se indica en la ecuación (1).

$$N = \frac{P_{it}}{R_v} \quad (\text{Ecu 1.1})$$

### **Componentes de los tanques de almacenamiento de GLP.**

En cuanto a los recipientes por lo general se tiene la siguiente configuración de componentes de los tanques como se aprecia en la ilustración 14.

*Ilustración 19 Componentes de los tanques de almacenamiento de GLP.*



Fuente: (Ramírez, 2019b).

Entre sus componentes se tiene:

- Válvula de llenado: Conecta el autotank al tanque de GLP para llenarlo, con una válvula antirretorno que impide fugas.
- Indicador de nivel: Muestra el nivel del líquido en el tanque mediante un flotador y tecnología magnética o rotativa.
- Válvula de alivio: Libera presión excesiva para evitar accidentes, ajustándose al tamaño del tanque.

- d) Multiválvulas: Controla el llenado, extrae GLP en fase gaseosa, permite retorno de vapor y mide la presión interna del tanque.
- e) Válvula check lock: Extrae GLP en fase líquida desde el fondo del tanque mediante un tubo interno.
- f) Purga: Retira líquido del tanque para mantenimiento o vaporización, con control de flujo para evitar accidentes.

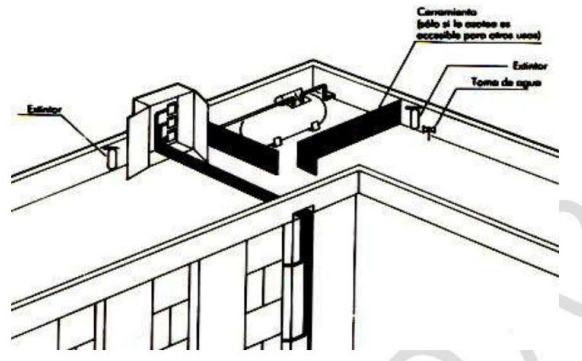
Por otro lado, los recipientes destinados al almacenamiento de gas licuado de petróleo (GLP) deben situarse fuera de las edificaciones, ya sea instalados de forma superficial o enterrados. Si se colocan sobre la superficie, deben estar en espacios abiertos y bien ventilados, además de contar con protección adecuada y señalización visible. En el caso específico de Ecuador, esta instalación debe cumplir con lo establecido en la norma INEN 2260 y las disposiciones del Benemérito Cuerpo de Bomberos (Arguello et al., 2023).

### **Instalación de recipientes en terrazas**

La instalación superficial de recipientes en terrazas es un caso particular que debe cumplir con ciertos requisitos establecidos por la norma INEN 2260, entre ellos:

- Verificar previamente que la estructura de la azotea soporte el peso del recipiente lleno de agua, considerando que posteriormente se deben realizar trabajos de mantenimiento, como la prueba hidrostática.
- Instalar un sistema de pararrayos que cubra el área donde se almacena el GLP.
- Asegurar que la conexión a tierra del recipiente sea independiente del sistema de puesta a tierra del edificio.
- Contemplar la instalación de una Boca de Incendio Equipada (BIE) en un punto accesible de la terraza.
- Mantener operativa una toma de agua para efectuar la prueba hidrostática del recipiente.

Ilustración 20 Instalación de recipientes en terrazas



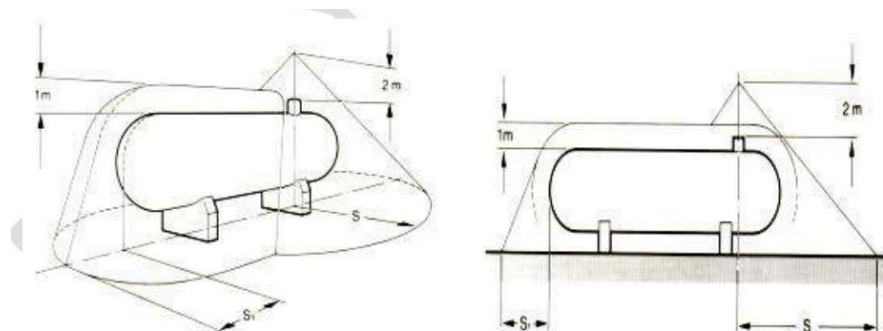
Fuente: (INEN 2260, 2015)

### Ubicación de recipientes enterrados

La instalación de recipientes enterrados para almacenamiento de GLP requiere considerar varios factores importantes, entre los cuales destacan:

- Evaluar las condiciones del terreno donde se realizará la instalación, con el fin de incorporar sistemas de protección eléctrica mediante ánodos o cátodos de sacrificio.
- Asegurar que los recipientes estén fijados sobre una base sólida y nivelada, para evitar que se desplacen o emerjan en caso de inundaciones.
- Utilizar únicamente recipientes diseñados y acondicionados de fábrica para ser enterrados, los cuales deben contar con recubrimiento protector, zonas habilitadas para control y llenado, así como acceso externo.

Ilustración 21 Ubicación de recipientes enterrados.



Fuente: (INEN 2260, 2015)

## Distancias de seguridad para recipientes

Las normativas técnicas aplicables a las instalaciones de GLP, como la NFPA 58 y la INEN 2260, establecen distancias mínimas obligatorias entre los tanques y las zonas cercanas, con el propósito de proteger la seguridad de las personas. Estas distancias dependen del volumen de gas almacenado y de si el tanque está enterrado o en la superficie. Aunque las distancias exactas pueden variar, los criterios utilizados para definir las siguen los principios mostrados en la ilustración 17.

Ilustración 22 Distancias mínimas de seguridad.

Clasificación	Instalaciones sobre nivel del terreno							Instalaciones enterradas											
	A-A		A-0		A-1		A-2		A-3		A-4		A-5		E-E	E-0	E-1	E-2	E-3
	0.11 < V		1 < V		5 < V		30 < V		20 < V		100 < V		500 < V		0.11 < V	1 < V	5 < V	10 < V	20 < V
Volumen V m <sup>3</sup>																			
Distancias (S o S1)	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1					
Referencia 1	-	-	-	0,6	-	0,6	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	2,0	-	0,8	0,8	0,8	0,8
Referencia 2	-	-	-	1,3	-	1,3	-	1,3	-	2,0	-	5,0	-	15,0	-	1,5	2,5	5,0	7,5
Referencia 3	-	-	-	0,6	-	0,6	-	1,0	-	5,0	-	5,0	-	10,0	-	0,8	1,0	2,5	5,0
Referencia 4	3,0	-	3,0	2,0	5,0	3,0	7,5	5,0	10,0	7,5	15,0	10,0	30,0	20,0	3,0	3,0	4,0	5,0	10,0
Referencia 5	6,0	-	6,0	-	10,0	-	15,0	-	20,0	-	30,0	-	60,0	-	6,0	6,0	8,0	10,0	20,0
Referencia 6	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

S: Distancia desde válvula de alivio de presión del tanque.  
S1: Distancia desde las paredes del tanque (s).

Referencia 1. Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito.  
Referencia 2. Distancia al cerramiento de la estación.  
Referencia 3. Distancia a muros o paredes ciegas (RF-120).  
Referencia 4. Distancias al lindero de la propiedad, aberturas de inmuebles, focos fijos de inflamación, motores de explosión, vías públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas aéreas de alta tensión, equipos eléctricos no protegidos, sótanos, alcantarillas y desagües.  
Referencia 5. Distancias a aberturas de edificios para uso docente, sanitario, hospedaje, culto, esparcimiento o espectáculo, acuartelamientos, centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos. Estaciones de Servicios (Bocas de almacenamiento y puntos de distribución).  
Referencia 6. Distancia de la boca de carga al tanque cisterna.

Fuente: (INEN 2260, 2015)

## Transporte de GLP

Las tuberías en los sistemas de instalación de GLP cumplen la función de conducir el gas licuado de petróleo desde los recipientes de almacenamiento hasta los equipos de consumo, tal como lo establece la Norma (INEN 2260, 2015) garantizan un flujo continuo, seguro y con la presión adecuada.

## Condiciones mínimas para la selección e instalación de tuberías

Según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2260:2010, se deben cumplir los siguientes criterios mínimos para la instalación de tuberías:

- Las tuberías pueden ser metálicas o plásticas, siempre que sean resistentes tanto a la acción del gas combustible como a las condiciones del entorno. Deben contar con un sistema de protección adecuado según el tipo de material.
- El espesor de las paredes de las tuberías debe ser suficiente para soportar las pruebas de presión requeridas en estas instalaciones, así como poseer una resistencia mecánica conforme con las normas de fabricación correspondientes a cada tipo de tubería.
- Las tuberías expuestas deben estar señalizadas e identificadas con los colores establecidos por la norma ASME A13.1: amarillo ocre para conducción de gas en fase gaseosa y blanco para conducción en fase líquida. En el caso de tuberías ocultas (embebidas, enterradas o canalizadas), se requiere una señalización adecuada.
- Deben ser capaces de conducir el caudal necesario para el funcionamiento eficiente de los equipos de consumo.
- Para transporte de GLP en estado líquido, se permite el uso de tuberías de acero ASTM A53 B y acero inoxidable ASTM A312 (304L o 316L), ambas con un espesor mínimo de cédula 40 y sin costura. En el caso de conexiones roscadas (excepto codos, tees, uniones universales y reducciones), se requiere tubería sin costura con espesor mínimo de cédula 80.

### **Dimensionamiento de tuberías.**

Dependiendo de la ubicación de las tuberías con respecto a los reguladores de presión, estas se clasifican en: de media presión y de baja presión.

#### **Tuberías de media presión**

Son aquellas ubicadas a la salida de los recipientes de almacenamiento, entre el regulador de primera y el de segunda etapa. En la literatura se encuentran varias publicaciones donde se indican criterios de dimensionamiento de tuberías de GLP. En la ecuación (2) se muestra uno de los más utilizados según Renouard (Martínez Lozano et al., 2024).

$$p_1^1 - p_2^2 = 4810 LdQ_s^{1.82} \cdot D^{-4.82} \quad (\text{Ecu 1.2})$$

*Donde se tiene:*

- $Q_s$  es el caudal volumétrico del gas en condiciones estándar, expresado en m<sup>3</sup>/s.
- Des el diámetro interno de la tubería, en metros (m).
- $p_1^1 - p_2^2$  son las presiones absolutas de entrada y salida en la tubería, respectivamente, en pascales (Pa).
- des la densidad relativa del gas (en este caso, d=1,5)
- L representa la longitud equivalente de la tubería, en metros (m).

La variable L en la ecuación (1.2) corresponde a la longitud equivalente de la tubería, la cual toma en cuenta las pérdidas de carga ocasionadas por el paso del gas a través de la red. Esta longitud equivalente se detalla en la ecuación siguiente.

$$L_{eq} = 1,2 L. \text{ (Ecu 1.3)}$$

Donde:

- L es la longitud de tubería en m
- $L_{eq}$  es la longitud equivalente en m.

En la Ecuación (1.2),  $P_1$  es la presión absoluta a la salida del regulador de primera etapa, la cual depende de la presión atmosférica. Es conocido que la presión atmosférica depende de la altitud sobre el nivel del mar del sitio donde se vaya a ubicar el sistema. En la ecuación (1.4) se muestra la corrección de la presión atmosférica conforme la altitud de una ciudad sobre el nivel del mar.

$$p = 1,013(1 - 0.0000225577.H) \text{ (Ecu 1.4)}$$

Donde:

- $p$  = presión en función de la altura en bar y H altura de la ciudad sobre el nivel del mar en metros.

### **Tuberías de baja presión.**

Estas tuberías se encuentran ubicadas después del regulador de segunda etapa. Uno de los métodos más comúnmente empleados para calcular el tamaño adecuado de tuberías de baja presión es la fórmula propuesta por Pole, la cual se muestra en la ecuación (1.5)

$$Q_s = c * \left( \frac{D^5(p_1 - p_2)}{L \cdot d} \right)^{0.2} \quad (\text{Ecu 1.5})$$

Donde:

- $Q_s$  es el flujo volumétrico a condiciones estándar en  $m^3/s$ -
- $C = 4.635$ .
- $D$  es el diámetro interno de tubería en m.
- $p_1$  es la presión absoluta de entrada a la tubería en Pa,
- $p_2$  es la presión absoluta de salida en la tubería en Pa,
- $d$  es la densidad relativa del gas  $d = 1.5$
- $L$  es la longitud equivalente de tubería en metros.

A partir de lo indicado en la ecuación (1.5), se considera la diferencia de presión entre el inicio y el final del tramo de tubería —es decir, entre el regulador de segunda etapa y la entrada de los equipos de consumo—. En este caso, la presión utilizada en los criterios es la manométrica, a diferencia de los criterios de media presión, donde se emplea la presión absoluta. Por lo tanto, la altitud de la ciudad sobre el nivel del mar no influye en el cálculo. Además, se acepta un valor de 150 Pa como la caída de presión admisible en tramos de baja presión (Venegas-Vásconez et al., 2024b).

### **Ubicación de tuberías**

Por facilidad de inspección, mantenimiento y reparación en caso de fugas, se recomienda que las tuberías que conducen GLP sean instaladas vistas, sin embargo, por cuestión de estética, los usuarios prefieren que las tuberías sean ocultas. En la Figura 4 se muestran las formas aceptadas para instalar tuberías para GLP:

### **Velocidad del gas en tuberías.**

La velocidad del gas se obtiene al dividir el caudal entre el área de la sección del conducto y puede influir significativamente en la elección óptima del diámetro de las tuberías, debido al ruido que puede generar el flujo del gas. Para determinar esta velocidad, se utiliza la ecuación 1.6.

$$v = 360 \frac{Q}{D^2} \quad (\text{Ecu 1.6})$$

Donde:

- $v$  es la velocidad del gas, en m/s.
- $Q$  es el caudal en m<sup>3</sup>/h.
- $D$  es el diámetro en milímetros.

En la Tabla 2 se muestran los valores máximos establecidos de velocidades permitidas para el gas, según la zona por la que discurren las conducciones, a fin de que el ruido que pudiera producirse no llegue a ser molesto.

*Tabla 2 Velocidad del gas en tuberías*

Velocidad	Ubicación de tubería
30	Red general de distribución y acometidas, conducciones enterradas
20	Red general de distribución y acometidas, conducciones aéreas
10	Instalación común en edificios e instalación individual

Recuperado de: (Venegas-Vásconez et al., 2024b)

### **Materiales de las tuberías.**

Existen diversos materiales permitidos para las tuberías utilizadas en la conducción de GLP. La Tabla 3 presenta los materiales aprobados por la norma NFPA 58, junto con los métodos de unión más comúnmente utilizados. Además, otras normativas respaldan el uso de tuberías de polietileno-aluminio-polietileno (P-Al-P) en instalaciones de sistemas de gas (Cuasquer Cuasapud & Pineda Maigua, 2022)

*Tabla 3 Materiales aceptados por NFPA 58 para el transporte de GLP*

Material	Norma de fabricación	Procedimiento de unión
Acero	ASTM A 53 ; ASTM A106	SMAW
Acero inoxidable	ANSI/CSA 6.26	Pressing fit
Cobre	ASTM B 88; ASTM B 280	Oxiacetileno
Polietileno	ASTM D 2513-09	Termofusión Electrofundición

Fuente: (NFPA 58, 2014)

Las tuberías que no son aceptadas para conducción de GLP son:

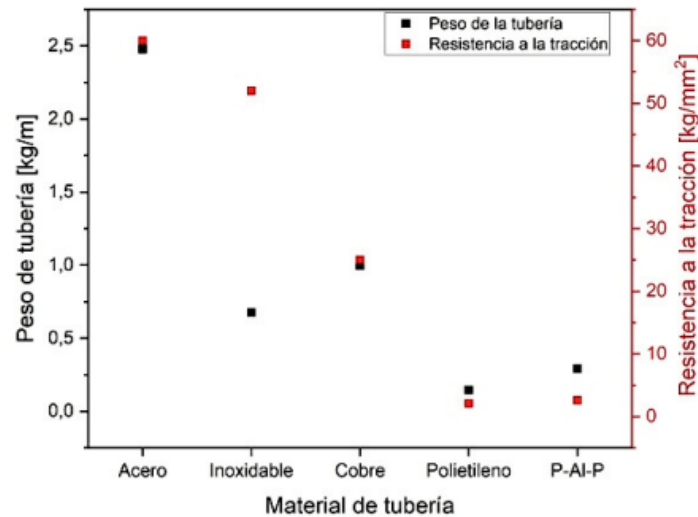
- Tubería de hierro fundido. • Tubería de plomo.

### **Criterio de selección de tuberías.**

Es importante tener en cuenta varios aspectos al seleccionar una tubería para servicio de GLP que pueden marcar la diferencia en el costo total de un sistema, o hacer

inviabile el montaje del mismo. En la ilustración 18 se muestran dos de los criterios utilizados al seleccionar tuberías de GLP. El peso por unidad de longitud de tubería es importante, sobre todo, en instalaciones en altura (edificios), o cuando se deban considerar trayectos largos. La resistencia a la tracción debe considerarse como un factor importante cuando la tubería se va a instalar en zonas con alta probabilidad de golpes.

Ilustración 23 Factores de selección de tuberías de GLP.



Fuente: (Venegas-Vásquez et al., 2024b)

Existen factores adicionales que marcan la diferencia al momento de seleccionar tuberías, tales como:

- Contar con el stock suficiente de material para cubrir las necesidades de un proyecto.
- Tener disponibilidad de personal apto para realizar la unión de tuberías con accesorios.
- Disponer de la energía requerida en los equipos de unión de tubería con accesorios.

### **Vaporizadores.**

Cuando el caudal de GLP en fase gaseosa suministrado por vaporización natural desde los recipientes no es suficiente para cubrir la demanda de la instalación, es necesario recurrir a un sistema de vaporización forzada mediante el uso de un vaporizador. Este equipo recibe GLP en fase líquida desde el recipiente y lo transforma en fase gaseosa, la cual se dirige hacia el sistema de consumo (Segovia Loaiza & Carrasco Moran, 2022)

La selección del vaporizador adecuado se realiza utilizando la ecuación (1.7):

$$Q = \frac{S \times k \times q \times (T_e - T_i)}{C_v} \left( \frac{kg}{h} \right) \quad (Ecu 1.7)$$

Donde:

- S es la superficie total del depósito, obtenido mediante fichas técnicas de fabricantes.
- K es un factor que permite determinar aproximadamente la superficie mojada en función del porcentaje de llenado.
- Q es un valor experimental del calor transmitido desde el ambiente.
- Te es la temperatura ambiente promedio de la zona, el proyecto se encuentra ubicado en Santa Elena, cuya temperatura promedio es de 23°C.
- Ti es la temperatura del G.L.P, en el interior del depósito, será la temperatura de ebullición que corresponde a la presión de servicio de la red y al tipo de mezcla del G.L.P,

### **Reguladores de Presión.**

Un regulador de presión es un dispositivo mecánico que reduce y mantiene constante la presión del gas, pese a variaciones en el caudal. Puede ser fijo o ajustable y funcionar en sistemas de una o dos etapas. Es fundamental en instalaciones de GLP porque estabiliza la presión para garantizar un suministro seguro y eficiente. (Venegas-Vásquez et al., 2024).

*Ilustración 24 Reguladores de presión*



Fuente: (Martínez Lozano et al., 2024)

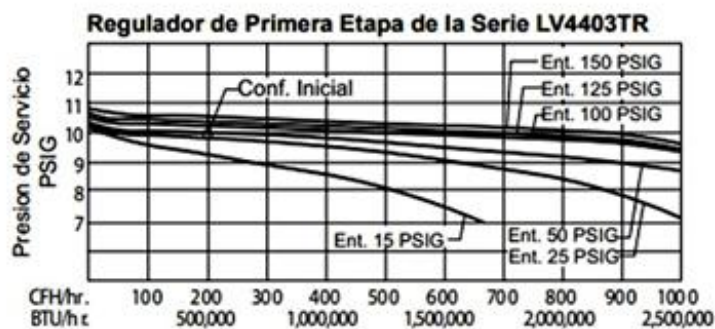
### **Ubicación de reguladores de presión.**

Los reguladores de media presión deben instalarse preferentemente en zonas al aire libre y accesibles desde áreas comunes o el exterior tal como establece la norma (NFPA 58, 2014). Pueden ubicarse en interiores solo si hay ventilación adecuada. Si se instalan en armarios dentro de la edificación, estos deben ser estancos y ventilados directamente al exterior. Los reguladores de una sola etapa deben colocarse fuera de las edificaciones; solo se permiten en interiores si tienen válvula de alivio integrada con desfogue hacia el exterior.

### Selección de reguladores de presión.

La ilustración 20, presenta las curvas que permiten seleccionar un regulador de presión de primera etapa según la demanda energética requerida. Para interpretar la gráfica, es necesario partir de un valor específico de consumo y de presión de servicio. A partir de estos parámetros, se debe tener en cuenta una presión mínima en el recipiente y, con base en la información del catálogo del fabricante, se elige el modelo que cumpla con dichos requisitos.

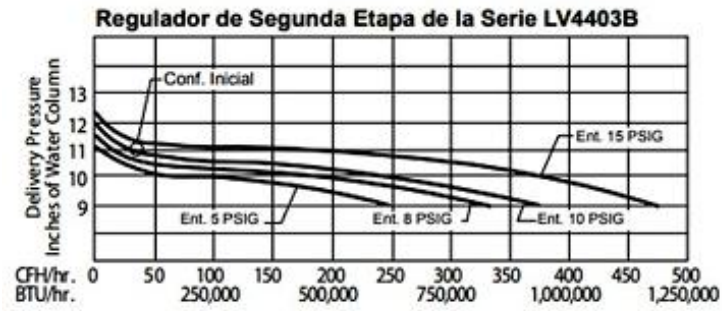
Ilustración 25 Selección de regulador de primera etapa.



Fuente: (Venegas-Vásconez et al., 2024)

En la ilustración 20 se muestran las curvas de selección de reguladores de segunda etapa. La lectura y selección de estos reguladores es similar a lo indicado para los reguladores de primera etapa.

Ilustración 26 Selección de regulador de Segunda etapa



Fuente: (Venegas-Vásconez et al., 2024b)

### Equipos de Consumo.

Los autores (PACHO & COAYLA, 2023) menciona que son aquellos elementos que requieren del combustible para satisfacer la necesidad de un usuario.

Estos equipos deben cumplir con ciertas características, entre ella.

- Estar diseñados para operar con gas combustible (GLP).
- Ser compatibles y resistentes a la acción del gas.
- Resistir las condiciones del ambiente exterior en el que se instalarán.

### Accesibilidad de equipos de consumo

Una parte importante de los aparatos de consumo de GLP es que cuenten con “accesibilidad”; es decir, que estén al alcance de los usuarios para su manipulación y control. Existen tres grados de accesibilidad, los cuales se detallan en la Tabla 4

Tabla 4 Accesibilidad de artefacto de gas.

Grado de accesibilidad	Característica
1	Se considera que un aparato es accesible cuando su manipulación puede realizarse sin necesidad de abrir cerraduras ni utilizar escaleras u otros medios mecánicos.
2	Cuando el aparato está protegido por un armario, un registro practicable o una puerta con cerradura normalizada, y su acceso no requiere el uso de escaleras ni medios mecánicos.
3	Cuando para su manipulación se necesiten escaleras, medios mecánicos especiales o se deba acceder por una zona privada, que, aunque sea de uso común, sea de acceso restringido.

Fuente: (Venegas-Vásconez et al., 2024)

### Potencias de equipos de consumo.

El dimensionamiento de un sistema de GLP se basa en la potencia requerida por los equipos de consumo, la cual debe ser satisfecha mediante la vaporización natural de los recipientes. Los equipos pueden clasificarse en domésticos e industriales. La Tabla 5 presenta potencias típicas de consumo para estos equipos.

Tabla 5 Potencia Típicas de equipos de GLP.

Artefacto	Potencia [Kcal/ h]	Artefacto	Potencia [Kcal/ h]
Termotanque		Calefón	
80 l	6000	5 l/min	10000
150 l	8000	10 l/min	20000
200 l	8200	13 l/min	26400
260 l	8200	16 l/min	31400
Cocina domestica	8000	Anafe	8000
Cocina semiindustrial	24000	Freidora	9300
Secador de ropa	12700	Calefactor	3000

Fuente: (Venegas-Vásconez et al., 2024)

Así mismo los autores (Martínez Lozano et al., 2024), mencionan que para determinar la potencia total de un sistema de GLP, se deben sumar las potencias de consumo de cada equipo. En redes domésticas multifamiliares (como edificios), esta potencia total debe ajustarse mediante un factor de simultaneidad. La ecuación (1.8) representa esta relación en sistemas residenciales multifamiliares.

$$Q_{sc} = \sum Q_{si} * S_{1-2} \text{ (Ecu 1.8)}$$

Donde:

- $Q_{sc}$  Caudal máximo probable.
- $Q_{si}$  Caudal máximo de cada uno de los equipos de consumo
- $S_{1-2}$  es el factor de simultaneidad según el número de usuarios,

### Puesta en marcha de los sistemas.

Con el fin de garantizar el funcionamiento óptimo del sistema de GLP, previo al suministro del combustible y encendido de los equipos de consumo, es necesario llevar a cabo una serie de pruebas y verificaciones (PACHO & COAYLA, 2023).

### **Prueba de hermeticidad.**

La prueba de hermeticidad o estanqueidad es fundamental en todos los sistemas de tuberías antes de su puesta en operación. Debe realizarse a una presión superior a la máxima presión de operación (MPO), según lo indicado en la Tabla 6.

*Tabla 6 . Presión y tiempos de prueba según la MOP*

Presión de operación [Kpa]	Presión de prueba [Kpa]	Tiempo de prueba
200<MOP<500	>1.50. MOP	60
10<MOP<200	>1.75. MOP	30
MOP<10	>2.50. MOP	15

Fuente: (Venegas-Vásconez et al., 2024)

La prueba de hermeticidad debe aplicarse a todos los tramos de tubería, pudiendo hacerse por secciones. El resultado será satisfactorio si no hay caída de presión durante el tiempo mínimo establecido. Se debe elaborar un acta con los datos de la prueba, firmada por el profesional responsable y un representante del usuario. Si la prueba falla, debe localizarse y repararse la fuga antes de continuar.

### **Purga.**

El autor (Martínez Lozano et al., 2024) Con el fin de limpiar escombros y basura que pudieran ingresar a la tubería durante la fase de montaje, incluso escoria de la soldadura utilizada es necesario realizar un barrido o purga de la red antes de la puesta en marcha. Así se elimina esta basura, y no permitir el taponamiento o bloqueo de los reguladores o los quemadores de los equipos de consumo.

### **Señalización y Protecciones.**

Con el fin de advertir a personas ajenas al sistema de GLP (almacenamiento, tuberías, equipos), y proteger de cualquier riesgo, se debe considerar la instalación de letreros de seguridad que alerten sobre el peligro asociado al manejo del gas combustible. Estos letreros deberán estar en lugares visibles y tendrán las dimensiones adecuadas para poder ser distinguidos por los usuarios (Martínez Lozano et al., 2024)

Los sistemas de GLP deben protegerse de la acción de terceros. El peor fenómeno que puede suceder con un sistema de GLP en el almacenamiento es la formación de la BLEVE por sus siglas en inglés (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). Este fenómeno es un caso especial de estallido catastrófico de un recipiente a presión en el que

ocurre un escape súbito a la atmósfera de una gran masa de líquido o gas licuado a presión sobrecalentados. Se hace necesario en el almacenamiento colocar sistemas de enfriamiento a base de agua, los cuales tienen la función de retardar, en caso de fuego alrededor de los recipientes, la formación de este fenómeno, hasta que el fuego pueda ser controlado por parte de la autoridad competente (Pacho & Coayla, 2023)

### **Instrumentación industrial.**

**Válvula de Bola:** Dispositivo mecánico de apertura y cierre rápido que permite controlar manualmente el flujo de GLP, facilitando un corte sin estrangulamiento.

*Ilustración 27 válvula de bola*



Fuente: (Gutierrez & Iturralde, 2017)

**Separador de líquidos para gas LP (Liquid trap):** Filtro separador que elimina gotas de líquido, aceites y partículas arrastradas por el vapor de GLP, protegiendo reguladores, quemadores y evitando el paso de residuos o partículas metálicas a la segunda etapa.

**Los Filtros tipo canasta:** Representan una solución para remover partículas suspendidas en tuberías de conducción de agua y son utilizados para el acondicionamiento y la filtración del fluido.

*Ilustración 28 Basket Strainer*



Fuente: (Martínez Lozano et al., 2024)

**Filtro de gas:** Elemento que retiene partículas sólidas presentes en el GLP para proteger reguladores y válvulas.

**Regulador de presión:** Equipo que reduce la presión de GLP a un valor seguro y constante para su uso en calderas.

**Manómetro:** Instrumento que mide la presión del GLP en distintos puntos de la instalación para control y seguridad.

**Válvula solenoide de seguridad:** Válvula normalmente cerrada que abre solo con señal eléctrica autorizada, cortando el GLP en caso de falla.

**Trampa de condensados:** Recipiente que separa y retira líquidos o impurezas condensadas del GLP antes de la combustión.

**Slam shut (corte por sobrepresión):** Válvula que cierra automáticamente el paso de GLP si la presión supera el límite establecido.

**Brida:** Elemento de unión mecánica que permite conectar o desmontar tramos de tubería y equipos en la línea de GLP.

**Tubería:** Conducto que transporta GLP desde la fuente de suministro hasta los equipos consumidores.

**Bypass:** Línea alternativa paralela que permite mantener el flujo de GLP cuando el equipo principal está en mantenimiento, evitando paradas totales.

**Tren de gas:** Conjunto de elementos (filtros, reguladores, manómetros, válvulas de corte y seguridad) que acondicionan y controlan el GLP antes de la combustión.

*Ilustración 29 Tren de gases*



Fuente: (Martínez Lozano et al., 2024)

## Eficiencia de Calderos.

Para la obtención de la eficiencia de calderos, existen muchos métodos, pero en base a la referencia bibliográfica obtenida se tiene método indirecto y método directo.

En la investigación del autor (Jimenez et al., 2016), muestra dos métodos utilizados para evaluar el desempeño energético y el impacto ambiental del generador de vapor pirotubular. Con el empleo de técnicas de medición novedosas, se obtienen parámetros de trabajo en tiempo real que posibilitan determinar variables importantes en el cálculo de la eficiencia del sistema.

Ilustración 30 Tabla de metodo de evaluacion de eficiencia calderos

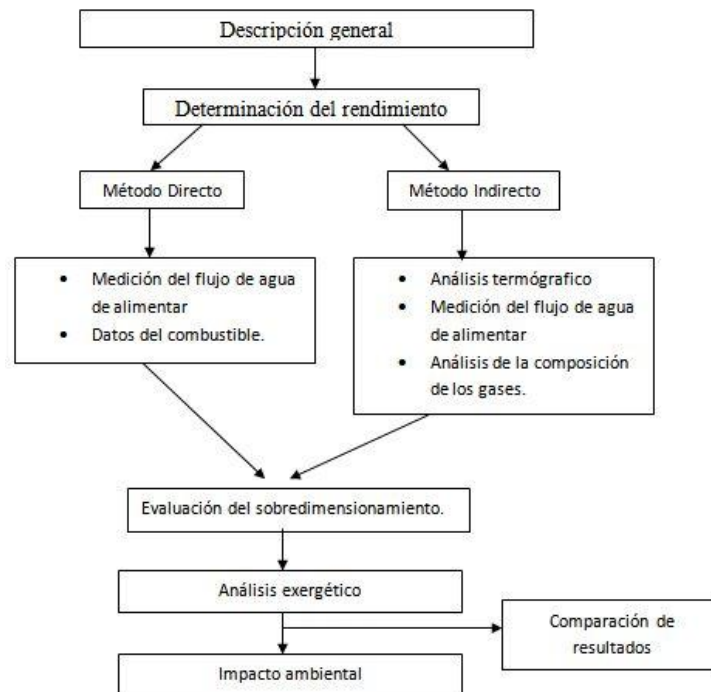


Fig. 1. Método para la evaluación del generador de vapor.

Fuente: (Jimenez et al., 2016)

## Método indirecto.

El método indirecto, se obtiene a partir de la diferencia del 100% la suma de los porcentajes de las distintas pérdidas de calor. Se utiliza ampliamente en las centrales térmicas para evaluar el rendimiento de las calderas y analizar las distintas pérdidas de calor, ecuación 1.9.

$$n = 100 - \sum q_2 - 6 \quad (\text{Ecu 1.9})$$

Ilustración 31 Metodo Indirecto

Fases	Componentes	Definiciones	Ecuación.
Fases	$q_2$ Perdida de energía por los gases de escape	El aumento de la temperatura de los gases de escape indica posibles averías en la caldera, ya que el calor no se transfiere eficientemente al agua, escapando por la chimenea y generando pérdidas económicas.	$q_2 = \frac{(I_{ge} - \alpha_{ge} I_{af})(100 - q_4)}{q_{TD}}$ <p>Donde:</p> <p><b>Entalpía teórica del aire.</b></p> $\dot{I}_a = V_a * (CQ)_{aire}$ <p><b>Entalpía de los gases de escape.</b></p> $I_{ge} = I_{ge} + (\alpha_{ge} - 1)I_a + I_{CTN}$ <p><b>Volumen real del vapor de agua.</b></p> $V_{h20} = V_{h20} + (0.0161(\alpha_h - 1)V_a$ <p>El volumen real de vapor agua, ingresa el coeficiente de exceso de aire en el hogar, esto es igual:</p> $\alpha_h = \alpha_{ge} + \Delta \text{infiltraciones}$ <p><b>Entalpía teórica de los gases de escape.</b></p> $I_{ge} = V_{ro2} * (Cq)_{co2} + VN_2 * (Cq)N_2 + V_{h20} * (Cq)H_2$
Fases	$q_3$ = perdida de energía por combustión química	La pérdida por combustión química ocurre por falta de oxígeno, generando monóxido de carbono e hidrógeno, con pérdidas de hasta un 2%.	$q_3 = (126.4 * CO + 358.2 Ch_4 + 108 H_2) \frac{VGS}{QTD}$ <p>Donde:</p> <p>Donde: <math>VGS = V\dot{G}S + (\alpha_{ge} - 1)\dot{V}_a</math></p> $V\dot{G}S = 0.01 (1.866C^t + 0.75S^t) + 0.79V_a + 0.028N^t_2$

Fases	$q_4$ = pérdida por incompleta combustión mecánica.	Se da por la geometría del quemador de la caldera, está pérdida por incompleta combustión mecánica, se da cuando existe olin, ceniza y escoria. Se da por un máximo del 2%.	$q_4 = \frac{M_{noquemado} \times PCL_{noquemado}}{M_{combustibletotal} \times PCL_{combustible}}$ <p>Donde:  <math>M_{noquemado}</math> = masa del carbono no quemado en las cenizas.  <math>PCL_{noquemado}</math> = poder calorífico inferior del carbono no quemado.  <math>M_{combustibletotal}</math> = masa total del combustible alimentado a la caldera  <math>PCL_{combustible}</math> = poder calorífico inferior del combustible total</p>
Fases	$q_5$ =pérdida por transferencia de calor.	Las pérdidas de calor ocurren por conducción, convección y radiación, y se determinan mediante diagramas.	Medio de cálculo por definición de cada ecuación.  -Ley de Fourier.  - Ley de enfriamiento de Newton.
Fases	$q_6$ = Combustibles sólidos como el bagazo de la caña de azúcar.	Al ser de análisis GLP O Bunker, este componente es cero.	

Fuente:(Jimenez et al., 2016)

- **Método Directo.**

Este método tiene en cuenta el calor útil, el calor disponible y el consumo de combustible, representa un valor de referencia sobre el cual se comporta el rendimiento de la caldera.

$$n = \frac{Q_u}{Q_d * B} \quad (1.10)$$

Donde:

- $n$  es el rendimiento de la caldera.
- $Q_u$  es el calor útil, es decir, el calor aprovechado en el proceso.
- $Q_d$  es el calor total disponible, que incluye tanto el calor útil como las pérdidas.
- $B$  es el consumo de combustible, que indica la cantidad de energía gastada para generar el calor disponible.

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

El presente capítulo tiene como objetivo proponer la metodología de diseño basándonos en los objetivos planteados, detallando las distintas etapas y actividades que se desarrollarán para el diseño de instalación mecánica de GLP para alimentación de calderos en empresa en la ciudad de Manta.

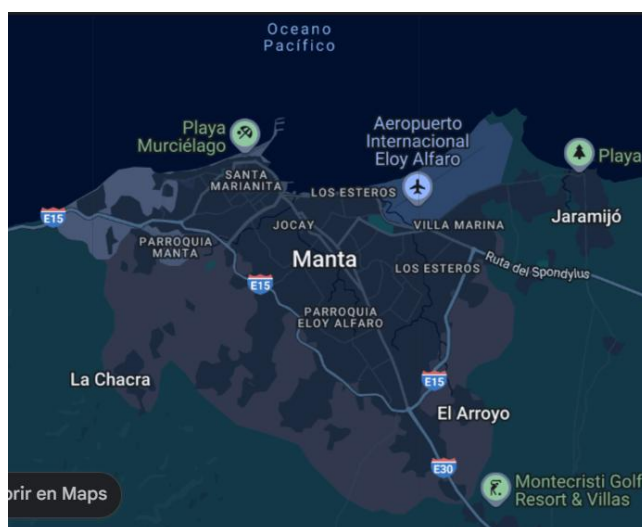
### 2.1. Contexto de la investigación

La presente investigación se desarrolla en el contexto de una empresa industrial ubicada en la ciudad de Manta, provincia de Manabí, Ecuador, dedicada a la producción y procesamiento dentro de la industria atunera, una de las más relevantes del país. Este sector demanda una elevada cantidad de energía térmica para procesos como cocción, esterilización y limpieza, los cuales tradicionalmente se han ejecutado mediante calderos alimentados con Fuel Oil #6 o Diesel.

La empresa cuenta con 2 calderos pirotubulares que originalmente operaban con quemadores a búnker y diésel. Actualmente, se encuentran en proceso de transición hacia el uso de quemadores a gas licuado de petróleo (GLP). Para esta conversión, se instalarán dos quemadores RIELLO RS5, con un rango de potencia de 160 a 330 kW.

En la sección de Apéndices A se adjuntan los catálogos técnicos de los quemadores seleccionados.

*Ilustración 32 Poblacion*



Fuente: Google Maps ( 2025).

## **2.2. Diseño y alcance de la investigación**

De acuerdo con (Babativa, 2017), la investigación cuantitativa se ajusta a concepciones emergentes del conocimiento, al buscar explicar la realidad desde una perspectiva compleja e integrada, considerando elementos como la complejidad, la organización y los sistemas. Estos conceptos, aunque derivados del funcionalismo, se orientan bajo principios éticos, naturales y ambientales, incorporando los valores del investigador en los procesos de innovación y descubrimiento.

En este estudio, se adopta un enfoque cuantitativo y experimental, ya que se manipula una variable independiente el tipo de combustible para analizar su efecto sobre la eficiencia energética de la caldera, considerada la variable dependiente. La investigación se basa en datos técnicos proporcionados por la empresa (planos, fichas técnicas, consumos, normativas) y en pruebas directas bajo condiciones reales o controladas.

Asimismo, bajo un enfoque descriptivo, se caracterizan las propiedades del GLP como combustible, se expone el diseño del sistema propuesto y se describe la instrumentación y la metodología aplicada para evaluar su eficiencia. Finalmente, se incorpora un enfoque exploratorio que plantea una solución tecnológica orientada a la sostenibilidad, con posibilidades de replicación en diferentes industrias tanto a nivel nacional como internacional.

## **2.3. Tipo y métodos de investigación**

El autor (Velasco M & Cienfuegos, 2016) que la investigación cuantitativa se basa en un enfoque estructurado y objetivo, que permite analizar fenómenos a través de datos numéricos, facilitando su evaluación y validación científica. El autor (Calle, 2023) manifiestan que un método ordenado que permite recoger y examinar datos cuantificables, con el propósito de evaluar variables, comprobar hipótesis y obtener resultados.

La investigación es de tipo cuantitativo, ya que se basa en el análisis de datos técnicos y cálculos para el diseño de un sistema de almacenamiento e instalación mecánica de GLP, así como la evaluación teórica de la eficiencia energética al sustituir Fuel Oil #6 por GLP en calderos industriales.

En cuanto a los métodos de investigación, se utilizan 2 enfoques, analítico y sintético. Como lo menciona el autor (Herszenbaun, 2018), el método analítico consiste en la desmembración de un todo descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, naturaleza y los efectos.

Bajo este contexto, esta investigación se emplea para descomponer el sistema en sus componentes principales, tales como tanques de almacenamiento, líneas de tuberías, válvulas y otros equipos necesarios para el sistema de GLP. Finalmente, el método sintético se usa para integrar estos componentes en un diseño coherente y funcional, a través de cálculos de eficiencia teórica y la elaboración de planos detallados, como los P&ID, que representan la estructura y el flujo de trabajo del sistema propuesto.

#### **2.4. Población y muestra.**

##### **Población de estudio.**

Dado la definición del autor (Gómez Jesus, 2016), siendo un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra que cumple con una serie de criterios predeterminados.

La población de esta investigación corresponde a la ciudad de Manta, ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador, reconocida por su actividad industrial y pesquera.

##### **Muestra**

La muestra está compuesta por las industrias atuneras de Manta, que según el autor (Cevallos, 2018) concentran cerca del 60% de la oferta exportable de atún del país. La ciudad cuenta con más de veinte plantas procesadoras y una importante infraestructura para el procesamiento y exportación de atún, siendo un referente nacional en el uso de calderos industriales.

#### **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La investigación que se enmarca en un enfoque cuantitativo, la recolección de datos se realiza a través de la técnica de revisión documental y el análisis de registros técnicos operativos (Calle, 2023).

Se utilizan como instrumentos planos de la planta, fichas técnicas del caldero, normativas técnicas aplicables al diseño de sistemas de GLP, y datos proporcionados por la empresa, tales como consumos energéticos, caudales y presiones. Esta información es

recolectada mediante instrumentos instalados en la planta, como medidores de flujo (caudalímetros), manómetros y termómetros.

## **2.6. Procesamiento de la evaluación: Validez y confiabilidad de los instrumentos aplicados para el levantamiento de información.**

La información técnica necesaria para esta investigación se recopila a partir de datos cuantitativos disponibles en la planta, como los registros de consumo de vapor obtenidos mediante flujómetros, el número de equipos conectados, las horas promedio de operación diaria y las especificaciones del caldero industrial actualmente en uso.

Estos datos permiten calcular el consumo total de vapor diario, estimar la vaporización mínima requerida del combustible y determinar el volumen necesario de GLP en condiciones reales de operación. La validez de los datos se garantiza al estar basados en mediciones operativas utilizadas para el control interno de procesos, y su confiabilidad radica en que son parámetros técnicos estables que reflejan el comportamiento habitual del sistema bajo condiciones normales de funcionamiento.

Esta información será procesada mediante hojas de cálculo, herramientas de simulación y normativas técnicas aplicables, lo que permitirá sustentar el diseño teórico del sistema de alimentación con GLP de forma precisa y replicable.

## **2.7 Fases de investigación.**

Existen diversas metodologías para las fases de diseño mecánico, como las propuestas por Pahl et al. (2007), Pugh (1991), Ullman (2010) y la norma alemana VDI 2221 (1986), siendo esta última la más completa por su integración de metodologías previas, su influencia en métodos posteriores y su amplia aplicación en diversos sectores (Sianipar et al., 2013).

Se propuso la metodología para el diseño de instalación de GLP para alimentación de calderos que tiene como fundamento los lineamientos de metodologías del diseño de Pugh, (1991) y Pahl et al., (2007). Esta metodología está conformada por 3 fases etapas y con 8 actividades, estas etapas y actividades son cíclicas e interactivas que le dan una secuencia metodológica a la investigación como se muestra en la figura 25.

Ilustración 33 Metodología propuesta para el diseño e instalación de GLP



Fuente: Elaboración propia.

## 1. FASE 1

En esta fase se identifican las necesidades de la fábrica y se establecen los antecedentes técnicos del sistema a diseñar. Se analiza la situación actual del sistema energético y se recopila la información base, como planos de planta y consumo de equipos, que serán base para definir los requerimientos del sistema de G.L.P.

Se realiza en dos actividades.

### 1.1 Identificación del problema

En esta etapa se analiza las condiciones actuales del sistema energético de la planta procesadora de atún. Se identifica los principales problemas asociados al uso de bunker o diésel como combustible en los calderos, tales como la baja eficiencia, los altos costos operativos tanto para mantenimiento o producción y los gases de combustión.

Ilustración 34 Identificación del problema



Fuente: Empresa Manta (2025).

### 1.1.1 Análisis comparativo económico y ambiental.

Se realiza un análisis comparativo general entre el consumo de bunker y/o diésel y el consumo estimado de GLP. Este análisis permite identificar ahorros económicos, beneficios ambientales y ahorro energético asociados al cambio de combustible, considerando precios actuales, eficiencia y factores de gases de combustión. Además, esta evaluación se enmarca en los principios de la mejora continua y gestión de la energía promovidos por la norma ISO 50001, lo que refuerza el enfoque sustentable del proyecto.

### 1.2 Consumos de Equipos.

Se recopila la información mediante la data que entrega la fábrica consumo de combustible, relación entre los combustibles que se utilizan actualmente. Se determina la demanda total del sistema centralizado según la cantidad de equipos a GLP que vayan a estar destinados a operar en el proyecto en función de la potencia que necesiten para su funcionamiento Kg/h.

Po medio de una tabla que contiene información, se integran datos como equipos, cantidad, potencia unitaria y demanda total, descrita en la tabla 7.

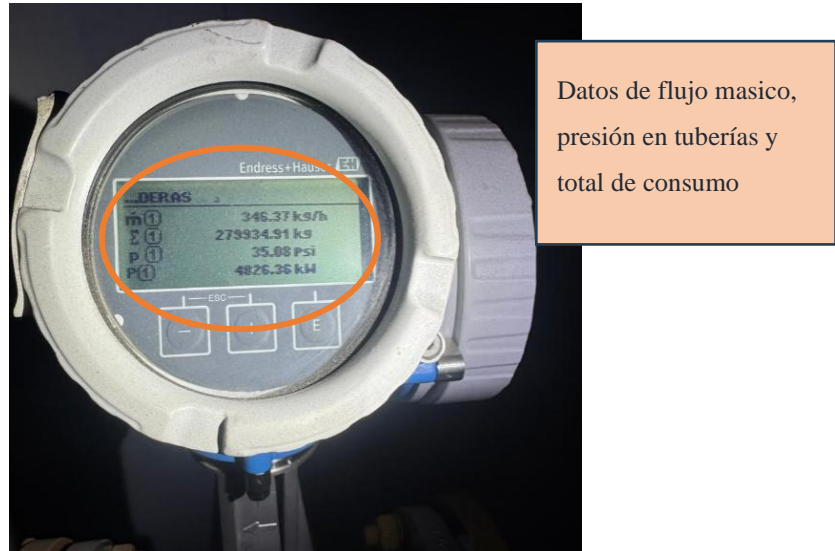
Tabla 7 Consumo de Equipos Empresa Manta

EQUIPOS A GLP	Cant.	Potencia Unitaria			Demanda Total
		Btu/h	Kcal/h	Kg/h	Kg/h
CALDERO INDUSTRIAL	-				

Fuente: Elaboración propia del autor.

Esta información que nos entregan los sensores se puede visualizar en el flujómetro instalado en la empresa.

*Ilustración 35 Flujómetro de caudal*



Fuente: Flujómetro-Empresa Manta (2025)

## 2. FASE 2

En esta fase se definen las especificaciones iniciales del proyecto, descrita en 4 actividades, descritas en lo siguiente:

### 2.1 Vaporización.

Se utiliza la ecuación 1.7, para obtener la ecuación de vaporización, para estimar si la vaporización natural es suficiente o si se requiere vaporización forzada, se aplica la ecuación, adicional permite determinar la cantidad de GLP que puede vaporizarse naturalmente, y con ello definir cuántos tanques son necesarios y si se requiere instalación de un vaporizador.

Una vez obtenido el caudal (Kh/h) simultáneo, se procede a obtener el consumo diario, descrito en la tabla 8, teniendo en cuenta que el funcionamiento del sistema en estos casos suele ser del 80%, por lo que están destinados a trabajar en el transcurso del día (Martínez Lozano et al., 2024).

Tabla 8 Consumo diario

VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO	Q = Kg/h	Factor Simultaniedad	Consumo Diario	Capacidad Util	Autonomía Días
Equipos a GLP					

Fuente: Elaboración propia del autor.

## 2.2 Diseño de distribución de equipos y zonas seguras.

La empresa proporcionó el plano general de la planta, en el cual se identifican las ubicaciones actuales de los calderos y la posible área destinada para la instalación del sistema de almacenamiento de GLP.

La fábrica ha destinado un área de 200 m<sup>2</sup> para esta instalación, compuesto por dos tanques semienterrados. En este espacio, se aplicarán los criterios de la normativa ecuatoriana INEN 2260:2010, incorporando todos los controles de seguridad requeridos para garantizar una instalación técnica, legal y operativamente segura.

Según (Venegas Vásquez et al., 2018), en Ecuador, las instalaciones de GLP deben cumplir con la norma técnica INEN 2260:2015, la cual establece los requisitos mínimos de seguridad y permite el uso de distintos materiales, tipos de uniones y métodos de instalación, brindando flexibilidad en el diseño y planificación del sistema.

Tabla 9 Distancias mínimas de seguridad GLP.

Clasificación	INSTALACIONES SOBRE NIVEL DEL TERRENO												INSTALACIONES ENTERRADAS							
	A-A		A-0		A-1		A-2		A-3		A-4		A-5		E-E	E-0	E-1	E-2	E-3	
Volumen V m <sup>3</sup>	0,11<V≤1	1<V≤5	5<V≤10	10<V≤20	20<V≤100	100<V≤500	500<V≤2000	0,11<V≤1	1<V≤5	5<V≤10	10<V≤20	20<V≤100	100<V≤500	500<V≤2000	0,11<V≤1	1<V≤5	5<V≤10	10<V≤20	20<V≤100	
Distancias (S o S1)	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1
Referencia 1	-	-	0,6	-	0,6	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	2,0	-	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Referencia 2	-	-	1,3	-	1,3	-	2,0	-	2,0	-	2,0	-	5,0	-	1,5	2,5	5,0	7,5	7,5	7,5
Referencia 3	-	-	0,6	-	0,6	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	2,0	-	0,8	1,0	2,5	5,0	5,0	5,0
Referencia 4	3,0	-	3,0	2,0	5,0	3,0	7,5	5,0	10,0	7,5	15,0	10,0	30,0	20,0	3,0	3,0	4,0	5,0	10,0	10,0
Referencia 5	6,0	-	6,0	-	10,0	-	15,0	-	20,0	-	30,0	-	100,0	-	6,0	6,0	8,0	10,0	20,0	20,0
Referencia 6	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

**S:** Distancia desde válvula de alivio de presión del tanque.  
**S1:** Distancia desde las paredes del tanque (s).

Referencia 1.- Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito.  
 Referencia 2.- Distancia al cerramiento de la estación.  
 Referencia 3.- Distancia a muros o paredes ciegas (RF-120).  
 Referencia 4.- Distancias al lindero de la propiedad, aberturas de inmuebles, focos fijos de inflamación, motores de explosión, vías públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas aéreas de alta tensión, equipos eléctricos no protegidos, sótanos, alcantarillas y desagües.  
 Referencia 5.- Distancias a aberturas de edificios para uso docente, sanitario, hospedaje, culto, esparcimiento o espectáculo, acuartelamientos, centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos. Estaciones de Servicios (Bocas de almacenamiento y puntos de distribución).  
 Referencia 6.- Distancia de la boca de carga al tanque cisterna.

Fuente: (INEN 2260, 2015)

Se da por la siguiente tabla, ya definiendo el tipo de tanque, instalaciones y áreas.

*Tabla 10 Referencia del almacenamiento de GLP*

Clasificación	Distancias.	
Referencia 1		
Referencia 2		
Referencia 3		
Referencia 4		
Referencia 5		
Referencia 6		

Fuente: (Elaboración propia del autor).

Finalmente, se obtiene el bosque de los tanques de almacenamiento, con sus distancias de seguridad para proceder a realizar el siguiente paso que es el diámetro de tuberías.

### **2.3 Diámetro de tuberías.**

En esta etapa se dimensionan los diámetros de las tuberías de la red de GLP, con base en la demanda total del sistema y las distancias entre los equipos a abastecer.

Para este cálculo se utilizó la ecuación de Renouard para alta presión (Ecuación 1.7), aplicando el método de nodos, que consiste en dividir la red en tramos o secciones entre puntos clave del sistema. Este análisis permite determinar los diámetros adecuados para cada tramo según su caudal y longitud, optimizando el diseño hidráulico de la instalación, se procede a obtener los datos y colocarlos en la tabla 10 diámetro de tuberías por medio de nodos.

*Tabla 11 Método Nodos-Empresa Manta*

Tramos / Sección	Caudal (BTU/H)	Diámetro Calculado	Diámetro Seleccionado		Vel Cal	Vel Sel
		(m)	(in)	(m)	(in)	(m/s)

Fuente: Elaboración propia.

## 2.4 Accesorios y partes.

En esta etapa se definen e incorporan los accesorios necesarios para el correcto funcionamiento del sistema, tales como válvulas de compuerta, válvulas de seguridad, filtros, medidores de presión, trampas de condensado (si aplica), y el tren de gas en caso de combustibles gaseosos.

La disposición y tipo de estos elementos se basará en normas técnicas de diseño de tuberías y sistemas de combustión, considerando criterios de seguridad, mantenimiento, operación eficiente y normativa vigente (por ejemplo, NFPA 54, ASME B31.1 o B31.3, según aplique).

No se abordará el diseño detallado de cada componente, pero se asegurará su inclusión conforme a prácticas estándar de ingeniería y recomendaciones de fabricantes.

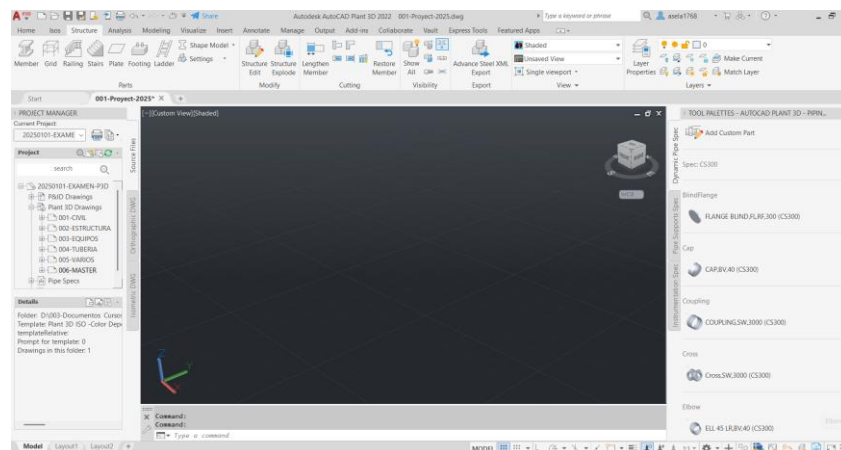
### Fase 3.

El objetivo de esta fase es definir las especificaciones para la construcción final, se da por medio de 3 actividades, descritas en lo siguiente.

### 3.1 Representación Cad del Sistema.

En esta etapa se realizará la modelación en software AutoCAD Plant 3D del sistema propuesto, incluyendo la red de tuberías, accesorios, equipos y estructuras complementarias. Se utilizarán criterios generales de diseño industrial y lineamientos de la metodología BIM (Building Information Modeling), que permiten integrar información civil, mecánica y de proceso para asegurar la coherencia técnica y espacial del sistema.

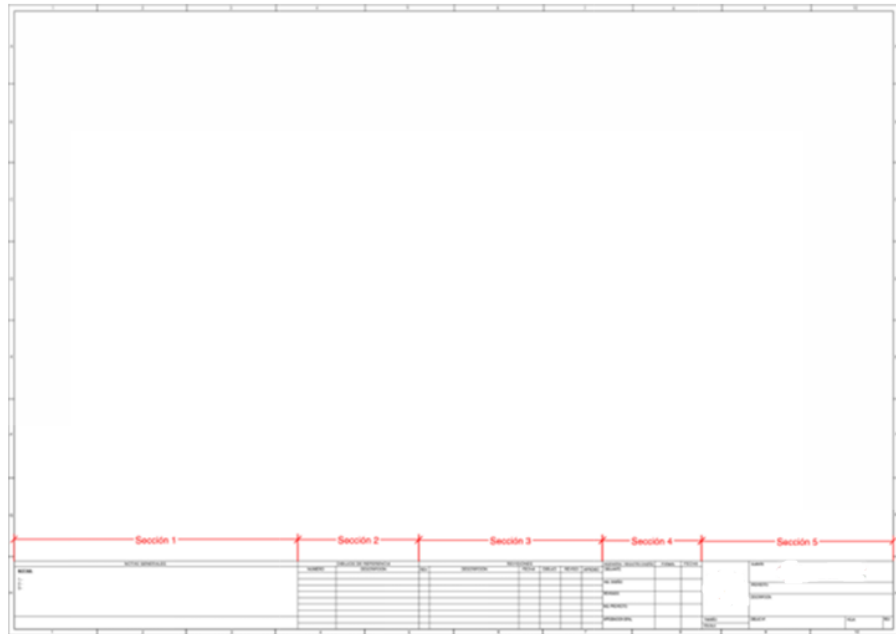
*Ilustración 36 Autodesk Autocad Plant*



Fuente: Elaboración propia del autor.

Finalmente, se elaboran los planos de presentación del sistema. En caso de que la fábrica cuente con un formato estandarizado de planos, se adapta el diseño a dicho modelo. De lo contrario, se emplea formato basado en los criterios de diseño de planos utilizados en la industria petrolera, descrito los autores (Chuquin et al., 2019).

*Ilustración 37 Lectura de Plano-Petróleos*



Fuente: (Chuquin et al., 2019)

### **3.2 Evaluación de la eficiencia de la caldera.**

Se realiza una estimación de la eficiencia de la caldera, comparando la cantidad de calor útil que entrega con la cantidad de combustible que consume. Esta evaluación permitirá tener una idea clara del nivel de eficiencia del sistema actual y del que se propone, con el fin de comprobar si realmente se logra un ahorro o mejora energética, se da baso en la ecuación 1.10. empleando el método directo.

Para la obtención de la eficiencia de la caldera se observa por la ecuación 1.10 que manifiesta

$$n = \frac{Q_u}{Q_d * B} \quad (1.10)$$

Donde:

- $n$  es la eficiencia de la caldera.
- $Q_u$  es el calor útil, es decir, el calor aprovechado en el proceso.
- $Q_d$  es el calor total disponible, que incluye tanto el calor útil como las pérdidas.
- $B$  es el consumo de combustible, que indica la cantidad de energía gastada para generar el calor disponible.

Para ello se procede a descomponer la ecuación dada:

$$n = \frac{m_{vapor} (H_{vapor} - H_{agua})}{m_{combustible} * PCI} * 100$$

Se tiene:

- $m_{vapor}$  = Caudal masico de vapor
- $H_{vapor}$  = Entalpia de vapor generado
- $H_{agua}$  = Entalpia de agua generado
- $m_{combustible}$  = Consumo de combustible
- PCI=Poder calorífico del combustible (kJ/kg)

Se da por la siguiente tabla, obtenido los datos del sistema para obtener la eficiencia de la caldera.

Tabla 12 Datos de producción de vapor

N°	Descripción	Valores	Unidades
Datos de producción de calor			
1	Cantidad de generación de vapor		
2	Presión de vapor		
3	Temperatura del vapor		
4	Entalpía del vapor ( seco y saturado)		
5	Temperatura del agua de alimentación		
6	Entalpía del agua de alimentación		
Datos de entrada de calor			
1	Cantidad de combustible consumido		
2	Valor calorífico bruto del combustible		
	Eficiencia de la caldera		
	Relación vapor-combustible		

Fuente: Elaboración propia del autor.

### **3.3 Resultados.**

Se presentan los resultados obtenidos del análisis técnico y energético, así como las conclusiones generales del proyecto. Se evalúa si la propuesta es viable técnica, económica y ambientalmente, y se analizan los beneficios esperados en términos de eficiencia energética, sostenibilidad y operatividad. Finalmente, se identifican posibles recomendaciones para su implementación y mejoras futuras.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo tiene por objetivo realizar el diseño de detalle, de la instalación mecánica de GLP para alimentación de calderos en correspondencia a la metodología planteada en el capítulo anterior.

### 3.1 Identificación del problema.

En la industria Manta, se identificó que el uso de combustibles líquidos pesados como el bunker y el diésel para la alimentación de calderas generaba bajos niveles de eficiencia, altos costos operativos y un impacto ambiental significativo. Ante esta situación, y considerando que Ecuador mantiene una elevada demanda de este tipo de combustibles en su matriz energética, se planteó la necesidad de evaluar alternativas más eficientes y limpias. Por ello, se desarrolló la metodología para el diseño mecánico de un sistema de alimentación con GLP, considerando parámetros técnicos, operativos y normativos. Este diseño buscó optimizar el rendimiento del sistema térmico, reducir las emisiones contaminantes y establecer una base técnica para una futura implementación que contribuya a la mejora energética en la planta industriales en la ciudad de Manta-Manabí- Ecuador.

### 3.2 Análisis comparativo ambiental y económico.

#### 3.2.1 Análisis comparativo económico.

Con la finalidad de demostrar la viabilidad económica de la propuesta, se ha desarrollado un análisis comparativo a través de tablas que muestran la transición desde el consumo actual de combustibles de la empresa hacia la implementación de un nuevo sistema de alimentación con GLP para los calderos.

*Tabla 13 Propiedades del GLP*

	Poder Calorífico	Densidad Kg/gal
GLP	47.223 BTU/ kg	2,11
Diesel	135.401 BTU / gal	3,22
Bunker	150.000 BTU/ gal	3,56

Fuente: Petro-Ecuador

Se elabora una tabla comparativa que presenta la situación actual de consumo de combustibles de la empresa frente a la propuesta de un nuevo sistema de alimentación con GLP para los calderos.

*Tabla 14 Situación Actual; Bunker 90% - Diesel 10%.*

	Consumo (gal/mes)	Servicio Comercial (USD/gal)	Precio actual de combustible (2024-USD/gal)
Bunker (90%)	34.500	0,05	1,68
Diesel (10%)	4.000	0,05	2,29

Fuente: Elaboración propia del autor.

*Tabla 15 Situación Actual; Bunker 55% - Diesel 45%.*

	Consumo (gal/mes)	Servicio Comercial (USD/gal)	Precio actual de combustible (2024-USD/gal)
Bunker (55%)	22. 000	0,05	1,68
Diesel (45%)	16. 500	0,05	2,29

Fuente: Elaboración propia del autor

*Tabla 16 Situación Actual; Diesel 100%.*

	Consumo (gal/mes)	Servicio Comercial (USD/gal)	Precio actual de combustible (2024-USD/gal)
Diesel (100%)	38 500	0,05	2,29

Fuente: Elaboración propia del autor.

Convirtiendo el total de galones por hora requeridos al total de kg/mensuales de G.L.P, se obtienen los siguientes datos:

Calcular la energía total mensual en BTU de los combustibles actuales 90% bunker y 10% diésel.

Usamos el poder calorífico de los combustibles, otorgados en el capítulo 1.

$$Bunker = 34500 \times 150\,000 \frac{BTU}{Galones} = 5,175 \times 10^9 BTU$$

$$Diesel = 4000 \times 135\,401 \frac{BTU}{Galones} = 541.604,000 BTU$$

$$Energia\ total: 5,175 \times 10^9 BTU + 541.604,000 BTU = 5.716.604,000 BTU/mes$$

Sabemos que cada kg de GLP entrega 47.223 BTU/kg, entonces:

Por ende:

$$\text{Consumo de GLP} = \frac{5.716.604,000 \frac{BTU}{mes}}{47.223 \frac{BTU}{Kg}} = 121.055 \frac{kg}{mensual}$$

Así mismo, Calcular la energía total mensual en BTU de los combustibles actuales 55% bunker y 45% diésel.

$$\text{Bunker} = 22.000 \times 150.000 \frac{BTU}{Galones} = 3.300.000,000 \text{ BTU}$$

$$\text{Diesel} = 16.500 \times 135.401 \frac{BTU}{Galones} = 2.234.116,500 \text{ BTU}$$

$$\begin{aligned} \text{Energía total: } & 3.300.000,000 \text{ BTU} + 2.223.116,500 \text{ BTU} \\ & = 5.534.116,500 \text{ BTU/mes} \end{aligned}$$

Sabemos que cada kg de GLP entrega 47.223 BTU/kg, entonces:

$$\text{Consumo de GLP} = \frac{5.449.357,100 \frac{BTU}{mes}}{47.223 \frac{BTU}{Kg}} = 117.191 \frac{kg}{mensual}$$

Propuesta.

Se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 17 Consumo (Kg/mes).

	Consumo (kg/ mes)	Servicio Comercial	Precio actual de combustible (2024)
GLP	120.000 kg / mensual	0,0325	0,80

Fuente: Elaboración propia del autor.

Se presenta una tabla comparativa de precios en dólares (USD), en la que se contrastan los combustibles actualmente empleados con la alternativa propuesta

Tabla 18 Análisis Económico 90% Bunker-10% Diésel vs GLP.

Comparativa precio promedio año 2024				
Mes	Consumo	Precio USD	Servicio Comercial	Total, USD
Bunker (gal) 90%	34.500	1,63	0,05	\$ 57.960,00
Diesel (gal) 10%	4.000	2,6	0,05	\$ 10.600,00
GLP (kg)	120.000	0,8	0,0325	\$ 99.900,00
Ahorro mes				\$ -31.340,00

Ahorro anual

\$ -376.080,00

Fuente: Elaboración propia del autor.

*Tabla 19 Análisis Económico 55% Bunker-45% Diésel vs GLP.*

Comparativa precio promedio año 2024				
Mes	Consumo	Precio USD	Servicio Comercial	Total, USD
Bunker (gal) 55%	22.000	1,63	0,05	\$ 36.960,00
Diesel (gal) 45%	16.500	2,6	0,05	\$ 43.725,00
GLP (kg)	117.176	0,8	0,0325	\$ 93.740,80
Ahorro mes				\$ -13.055,80
Ahorro anual				\$ -156.669,60

Fuente: Elaboración propia del autor.

*Tabla 20 Análisis Económico 100% Diesel vs GLP.*

Comparativa precio promedio año 2024				
Mes	Consumo	Precio USD	Servicio Comercial	Total, USD
Diesel (gal) 100%	38.500	2,6	0,05	\$ 102.025,00
GLP (kg)	110.432	0,8	0,0325	\$ 91.934,64
Ahorro mes				\$ 10.090,36
Ahorro anual				\$ 121.084,32

Fuente: Elaboración propia del autor.

Se comparan los costos mensuales actuales de la empresa bajo diferentes relaciones de consumo entre bunker y diésel, frente al costo equivalente si se implementara un sistema de alimentación con GLP.

*Tabla 21 Relación Diesel-Bunker-GLP*

Relación Bunker-Diésel	Costo Actual (USD)	Costo GLP (USD)	Ahorro Mensual (USD)	Ahorro Anual (USD aprox.)
90% Bunker - 10% Diésel	\$ 68.560,00	\$ 99.900,00	- No hay ahorro	-
55% Diésel - 45% Bunker	\$ 80.665,00	\$ 93.740,80	-No hay ahorro	
0% Diésel - 100% Bunker	\$ 64.680,00	\$ 99.900,00	-No hay ahorro	
100% Diésel - 0% Bunker	\$ 102.025,00	\$ 91.934,64	\$ 10.090,36	\$ 121.084,32

Fuente: Elaboración propia del autor.

- Cuando el consumo es principalmente Bunker (90%), el uso de GLP resulta más costoso.

- A medida que aumenta el uso de Diésel y se reduce el Bunker, el GLP comienza a ser más competitivo.
- Con un consumo 100% Diésel, el GLP genera un ahorro mensual aproximado de \$10.090,36 y un ahorro anual de alrededor de \$121.084,32

Al comparar los costos actuales de la empresa con la propuesta de uso de GLP, se observa que cuando el consumo se mantiene en un 90% de bunker y 10% diésel, no se generan ahorros, ya que el costo con GLP es más alto. Sin embargo, al aumentar el porcentaje de diésel a 45% y reducir el bunker al 55%, el costo con GLP se acerca al equilibrio. Finalmente, cuando el consumo es 100% diésel, el uso de GLP se vuelve claramente favorable, con un ahorro mensual aproximado de \$10.090,36 y anual de \$121.084,32. El punto de equilibrio se alcanza cuando el consumo de diésel supera el 85%, momento a partir del cual el GLP se convierte en una opción más económica.

Tabla 22 Punto de Equilibrio

Mes	Consumo	Precio USD	Servicio Comercial	Total, USD
Bunker (gal) 15%	6.000	1,63	0,05	\$ 10.080,00
Diesel (gal) 85%	32.500	2,6	0,05	\$ 86.125,00
GLP (kg)	120.000	0,8	0,0325	\$ 96.000,00
Ahorro mes				\$ 205,00
Ahorro anual				\$ 2.460,00

Fuente: Elaboración propia del autor.

### 3.1.2 Comparación de CO2-Ambiental.

Se realizó una comparación de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el uso de GLP, diésel y fuel oil (búnker), a partir del consumo energético mensual estimado para cada uno. Para ello, se utilizan factores de emisión específicos expresados en kg CO<sub>2</sub> por litro o por kilogramo de combustible consumido.

$$\text{Consumo energetico (GLP)} = (\text{Kg (GLP)})(\text{Horas})(\text{Dias})$$

$$\text{Consumo energetico (GLP)} = 492,87 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} (8 \text{ horas})(30 \text{ dias})$$

$$\text{Consumo energetico (GLP)} = 118.288,8 \frac{\text{kg}}{\text{mensual}}$$

Una vez obtenido el consumo energético de GLP al mes, procedemos a calcular su emisión de CO<sub>2</sub>, el factor de conversión tomado en consideración fue  $2,91 \frac{kg\ CO_2}{kg}$  (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

$$Emision\ de\ (GLP) = (Fa\ de\ emision\ (GLP))(Consumo\ energetico\ (GLP))$$

$$Emision\ de\ (GLP) = 2,91 \frac{kg\ CO_2}{kg} \times 118.288,8 \frac{kg}{mensual}$$

$$Emision\ de\ (GLP) = 344.220,40 \frac{kg\ CO_2}{Mensual}$$

El porcentaje de emisión del G.L.P con relación al trabajar al 100% diésel y trabajar 100% con bunker es el siguiente:

- **Diesel 100%.**

Para el cálculo de la emisión se procede a buscar el factor de emisión del Diesel que tiene un valor de  $2,68 \frac{kg\ CO_2}{lt}$  (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

$$(85\ GALONES \times 2) \times \frac{3,785\ litros}{1\ Galon}$$

$$(170\ GALONES) \times \frac{3,785\ litros}{1\ Galon} = 643,45\ litros\ de\ Diesel$$

$$Consumo\ energetico\ (Diesel) = (Litro\ (Diesel))(Horas)(Dias)$$

$$Consumo\ energetico\ (Diesel) = 643,45 \frac{Litro}{hora} (8\ horas)(30\ dias)$$

$$Consumo\ energetico\ (Diesel) = 154.428 \frac{litros}{mensual} de\ diesel$$

Se procede a obtener:

$$Emision\ de\ CO_2\ (Diesel) = (Fa\ de\ emision\ Diesel)(Consumo\ energetico\ (Diesel))$$

$$Emision\ de\ CO_2\ (Diesel) = 2,68 \frac{kg\ CO_2}{lt} \times 154.428 \frac{litros}{mensual}$$

$$Emision\ de\ CO_2\ (Diesel) = 413.867 \frac{kg\ CO_2}{Mensual}$$

En cuanto a emisiones, el porcentaje de emisión del G.L.P en relación con el diésel es el siguiente:

$$\%Emision = \frac{Emision\ de\ CO2\ (Diesel) - Emision\ de\ CO2\ (GLP)}{Emision\ de\ CO2\ (Diesel)}$$

$$\%Emision = \frac{413.867 \frac{kg\ CO2}{Mensual} - 344.220,40 \frac{kg\ CO2}{Mensual}}{413.867 \frac{kg\ CO2}{Mensual}}$$

$$\% Emision = 17 \%$$

Esto quiere decir que G.L.P. genera 17 % menos emisiones que el diésel

- **Bunker 100%.**

Para el cálculo de la emisión se procede a buscar el factor de emisión del Diesel que tiene un valor de  $3,05 \frac{kg\ CO2}{lt}$  (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

$$(85\ GALONES\ x\ 2) \times \frac{3,785\ litros}{1\ Galon}$$

$$(170\ GALONES) \times \frac{3,785\ litros}{1\ Galon} = 529\ litros\ de\ Diesel$$

$$Consumo\ energetico\ (Fuel\ Oil) = (Litro(Fuel\ Oil))(Horas)(Dias)$$

$$Consumo\ energetico\ (Fuel\ Oil) = 643,45 \frac{Litro}{hora} (8\ horas)(30\ dias)$$

$$Consumo\ energetico\ (Fuel\ Oil) = 154.428 \frac{litros}{mensual} de\ Fuel\ Oil$$

Se procede a obtener:

$$Emision\ de\ CO2\ (Fuel\ Oil) = (Fa\ de\ emision\ Fuel\ Oil)(Consumo\ energetico\ (Fuel\ Oil))$$

$$Emision\ de\ CO2(Fuel\ Oil) = 3,05 \frac{kg\ CO2}{lt} \times 154.428 \frac{litros}{mensual}$$

$$Emision\ de\ CO2\ (Fuel\ Oil) = 471.005 \frac{kg\ CO2}{Mensual}$$

En cuanto a emisiones, el porcentaje de emisión del G.L.P en relación con el diésel es el siguiente:

$$\%Emision = \frac{Emision\ de\ CO2\ (Diesel) - Emision\ de\ CO2\ (GLP)}{Emision\ de\ CO2\ (Diesel)}$$

$$\%Emision = \frac{471.005 \frac{kg\ CO2}{Mensual} - 344.220,40 \frac{kg\ CO2}{Mensual}}{471.005 \frac{kg\ CO2}{Mensual}}$$

$$\% Emision = 27 \%$$

Comparado con el diésel, el G.L.P. representa una disminución del 27 % en emisiones de CO<sub>2</sub>.

Los resultados obtenidos demuestran que el uso de G.L.P. representa una alternativa más limpia frente al diésel y al fuel oil (búnker), con una reducción estimada del 17 % y 27 % en emisiones de CO<sub>2</sub>, respectivamente. Esta disminución contribuye significativamente a mejorar el desempeño ambiental de la operación, alineándose con objetivos de sostenibilidad y eficiencia energética.

### 3.3 Consumo de equipos.

La empresa cuenta con 2 calderos piro tubulares de 250 BHP que originalmente operaban con quemadores a búnker y diésel. Actualmente, se encuentran en proceso de transición hacia el uso de quemadores a gas licuado de petróleo (GLP). Para esta conversión, se instalarán dos quemadores a GLP Baltur de 6.500 kW, A continuación, se presenta la tabla otorgada por la fábrica con respecto Caudal simultáneo requerido de los equipos.

Tabla 23 Caudal simultáneo requerido de los equipos

Equipos a GLP	Cantidad	Potencia Unitaria			Demanda Total (Kg/h)
		BTU/H	Kcal/ H	Kg/h	
Calderos Cleaver Brooks de 250 BHP	2	11.000,00	3.496,00	246,435	492,87

Fuente: Empresa Manta (2024).

## Fase 2.

### 3.3 Vaporización.

Para determinar la vaporización natural de los 3 tanques de 20 m<sup>3</sup>, hemos recurrido a la siguiente ecuación (1).

$$Q = p * S * K \frac{(T - T_g)}{CLV}$$

Se prevé la instalación de tres tanques cilíndricos horizontales de 20 m<sup>3</sup> cada uno, marca ACERO LOS ANDES (ver Anexo 1). Según especificaciones técnicas del fabricante, la superficie S es de 61,575 m<sup>2</sup>. De acuerdo con la norma INEN 2270, el volumen mínimo de llenado recomendado es del (20 -40), Se escoge un valor de 40% el cual corresponde a un coeficiente de vaporización estimado de 0,45 en la tabla 2.

El valor de K al ser depósitos semi enterrado se considera un valor de 12 Kcal/m<sup>2</sup> °C h y por último el calor latente de vaporización del propano 92 kcal/kg.

Con respecto a las temperaturas “Te”, es la temperatura ambiente promedio de la zona, el proyecto se encuentra ubicado en Manta, cuya temperatura promedio es de 23°C. “Ti”, es la temperatura del G.L.P, en el interior del depósito, será la temperatura de ebullición a la presión atmosférica siendo un valor de -24 °C.

Desarrollo:

$$Q = 0,45 * 184,725 m^2 * 12 \frac{Kcal}{m^2 \text{ } ^\circ C \text{ h}} * \frac{((25 - (-24)))^\circ C}{92 \frac{Kcal}{Kg}}$$

$$Q = 0,45 * 184,725 m^2 * 12 \frac{Kcal}{m^2 \text{ } ^\circ C \text{ h}} * \frac{(49^\circ C)}{92 \frac{Kcal}{Kg}} = 531,28 \frac{kg}{h}$$

Por lo tanto, de acuerdo con el cálculo realizado obtenemos que para 3 tanques de 20 m<sup>3</sup> de capacidad total, su vaporización natural es de 531,28 kg/h al 40% de llenado a una temperatura ambiente exterior de 25°C y con una presión de servicio de 1 bar Comparando el valor obtenido 492,87 kg/hora con el requerimiento de vaporización, los tres tanques podrán abastecer la demanda con su vaporización natural.

Una vez obtenido el caudal simultáneo determinamos el consumo diario, descrito en la tabla 4, teniendo en cuenta que el funcionamiento del sistema en base a la norma Inen 2270 recomienda un factor de simultaneidad del 80%, por lo que están destinados a trabajar en el transcurso del día.

El factor de simultaneidad del 80% significa que no todos los equipos funcionan al mismo tiempo ni al 100% de su capacidad. Por eso, se considera que en promedio solo se usa el 80% del consumo máximo posible para hacer una estimación más realista.

Tabla 24 Consumo total

Volumen del almacenamiento	Q = kg/hora	Factor Simultaneidad	Q corregido	Consumo diario
Equipos a GLP	492,87 kg/hora	0.80	394,296 Kg/hora	9.463,1 kg/día

Fuente: Elaboración propia del autor.

### Autonomía.

Autonomía se refiere al tiempo que puede operar el sistema con el GLP almacenado en los tanques sin necesidad de recargar.

Para determinar la capacidad almacenada en el depósito hay que considerar que como el depósito solo se llena al 85% como máximo, y de este volumen de gas licuado solo podemos considerar útil el 40% para dejar un margen mínimo del 45% como reserva, con lo que, tomando como densidad absoluta la de 510 kg/m<sup>3</sup> para el GLP obtendremos que para tres tanques de 20 m<sup>3</sup> se tendrá una capacidad útil de:

Tabla 25 Carga de depósitos en Kg de acuerdo con la capacidad útil

Capacidad en m <sup>3</sup>	Carga de los Depósitos (en Kg) de acuerdo con la capacidad útil		
	65%	45%	55%
60	9 537 kg	11 2171 kg	13 005 kg

Fuente: Elaboración propia del autor.

$$3 \times 20 \text{ m}^3 = 60 \text{ m}^3$$

Capacidad efectiva al 85%:

$$60 \times 0,85 = 51 \text{ m}^3$$

Capacidad útil al 45%:

$$51 \text{ m}^3 \times 0,45 = 22,95 \text{ m}^3$$

Y se tiene en kilogramos:

$$22,95 \text{ m}^3 \times 510 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 11.704,5 \text{ kg}$$

Se calcula la autonomía:

$$\text{Autonomía} = \frac{\text{Capacidad almacenada (kg)}}{\text{Consumo diario } \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right)}$$

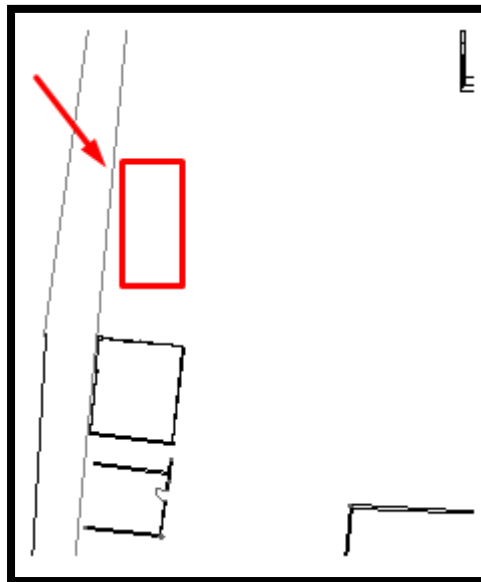
$$\text{Autonomía} = \frac{11.704,5 \text{ kg}}{3.943 \text{ kg/día}} = 3$$

La autonomía de 3 días indica que, con la capacidad útil disponible, el sistema puede operar sin recarga durante tres días continuos bajo las condiciones actuales de consumo.

### 3.2 Diseño de distribución de equipos y zonas seguras.

Se procede a verificar en plano la disposición de espacio para la colocación de los tanques seleccionados.

*Ilustración 38 Disposición de espacio en Empresa Manta*



Fuente: Elaboración propia del autor.

Se procede a obtener, los datos técnicos de los tanques Tipo Talud de 20 m<sup>3</sup> de la marca ACERO LOS ANDES, con una superficie de 61,575 m<sup>2</sup>, adicional se implementa lo siguientes controles en base a la NFPA 58 para tanques semienterrados.

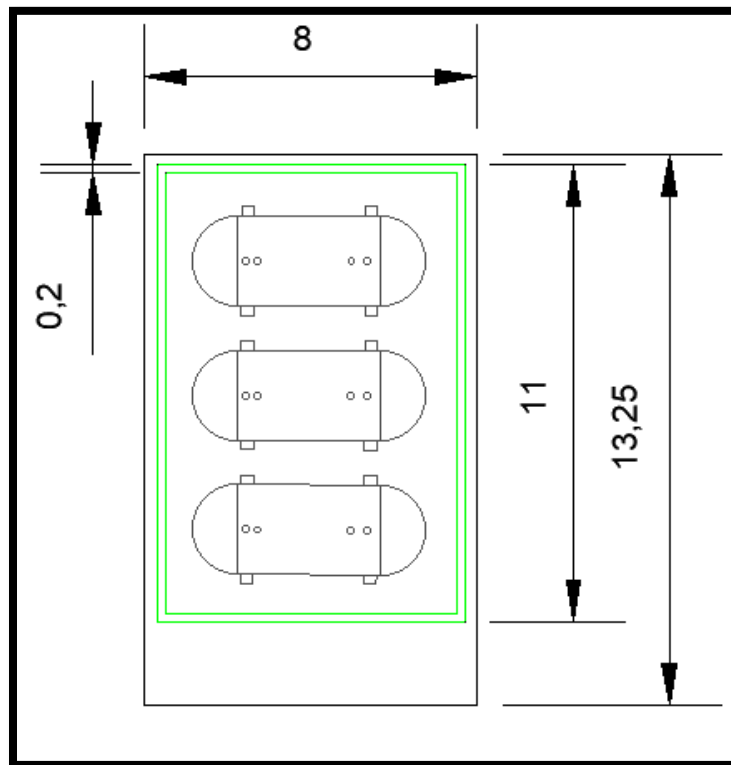
Tabla 26 Propiedades de tanque Talud 20 m<sup>3</sup>

Nombres	Medidas
Altura de las paredes	2 metros
Superficie del tanque	61,575
Espesor de la pared	20cm
Pared Corta Fuego	9.4 metros x 9.4 metros
Pared total del diseño	10 metros x 14 metros

Fuente: Elaboración propia del autor.

Se procede a obtener el siguiente diseño:

Ilustración 39 Área de Almacenamiento de tanques GLP



Fuente: Elaboración propia del autor.

Las distancias mínimas de seguridad fueron realizadas en base a la ilustración 18, Obteniendo el siguiente diseño que cumple con las distancias mínimas establecidas por la normativa NTE INEN 2260-(2015).

La normativa NTE INEN (2010) nos indica que el área de tanques está clasificada como “E-2” (volúmenes mayores que 10 m<sup>3</sup> y menores o iguales que 100 m<sup>3</sup>), debido a que la configuración de 2 tanques de 19 m<sup>3</sup> tienen un volumen total de 38 m<sup>3</sup>.

Se tiene las siguientes distancias mínimas, norma NTE INEN 2260. Al ser un tanque semienterrado, la distancia que se mide es S, medida desde distancia de válvula de alivio de presión del tanque.

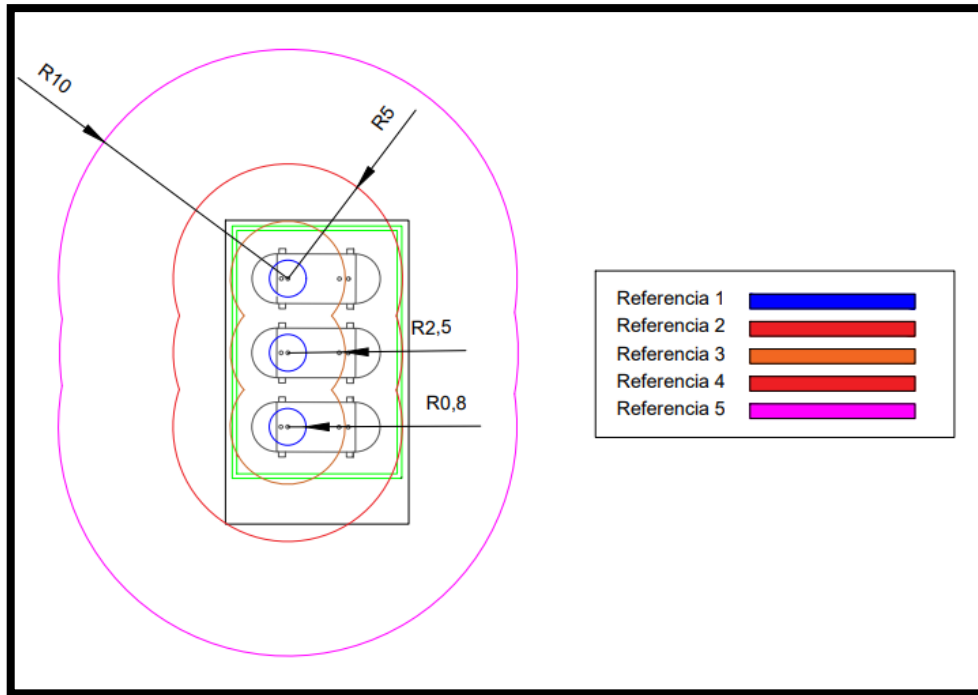
*Tabla 27 E-2 Tanques Semienterrados-Distancias de Seguridad*

Clasificación: E-2 tanques Semienterrados	Distancias.	10-100
Referencia 1	0.8 metros	Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito
Referencia 2	5 metros	Distancia al cerramiento de la estación
Referencia 3	2.5 metros	Distancia a muros (RF-120)
Referencia 4	5 metros	Distancia a al lindero de la propiedad, aberturas de inmuebles, focos fijos de inflamación, motores de explosión, vías públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas aéreas de alta tensión, equipos electrónicos no protegidos, sótanos, alcantarillas y desagües.
Referencia 5	10 metros	Distancias de abertura de edificios para uso docentes, sanitario, hospedaje, culto, esparcimiento, o espectáculo, acuartelamiento, centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de explosión públicas, estaciones de servicios (Boca de almacenamiento y puntos de ebullición)
Referencia 6	3 metros	Distancia de la boca de carga al tanque cisterna.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Se obtiene el bosquejo final de la distancia de seguridad.

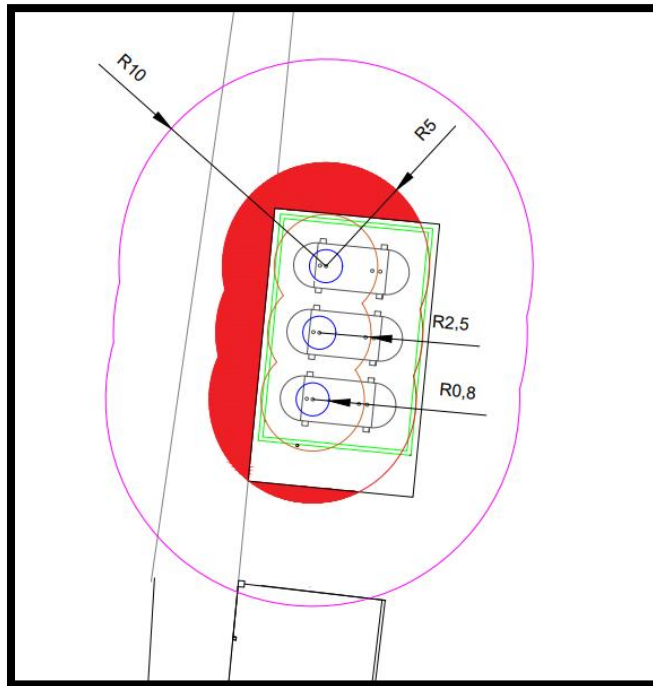
Ilustración 40 Bosquejo final, distancia de seguridad GLP



Fuente: Elaboración propia del autor.

Se procede a obtener el Bosquejo General en la fábrica Manta, quedando el siguiente tramo del plano, Ver anexo (1).

Ilustración 41 Bosquejo final, distancia de seguridad GLP



Fuente: Elaboración propia del autor.

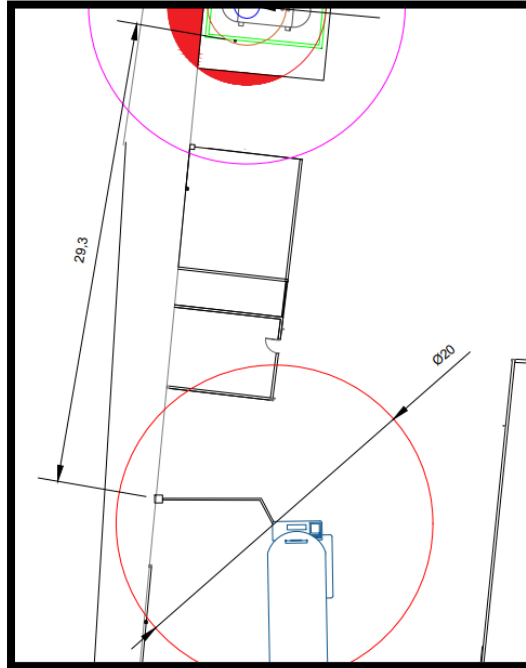
Como se observa en la ilustración, la referencia 4 indica la distancia mínima de seguridad que debe existir entre los tanques de almacenamiento de GLP (de 10 metros de diámetro) y diversos elementos, tales como: linderos de propiedad, aberturas de edificaciones, fuentes fijas de ignición, motores de combustión, vías públicas, férreas o fluviales, líneas aéreas de alta tensión, equipos electrónicos no protegidos, sótanos, alcantarillas y desagües. En la ubicación geográfica se verifica que no existe ninguno de estos elementos en las proximidades de los tanques.

Adicionalmente, se han implementado medidas de seguridad complementarias como: espesor de pared adecuado, pared corta fuego, pared perimetral total del diseño, y un recubrimiento de arena, ya que los tanques estarán semi-enterrados a una profundidad de 2 metros, cubriendo un área de 180 m<sup>2</sup>.

La referencia 6 establece una distancia mínima de 3 metros entre el tanque de almacenamiento y la boca de carga (cajetín de conexión), utilizada para la transferencia de GLP desde el camión cisterna, se consideró una ventanilla para ingreso manual de una manguera de carga para el llenado de cada tanque.

La distancia que entre el cajetín de la toma desfasa de GLP a los tanques de almacenamiento es de 32.71 metros.

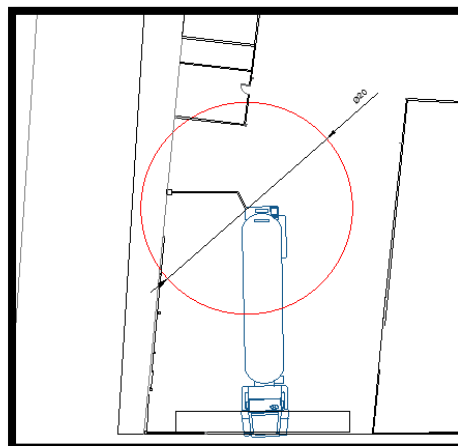
*Ilustración 42 Toma de descarga de GLP*



Fuente: Elaboración propia del autor.

Por otra parte, así mismo, con la referencia número 4, se tiene un radio de 10 metros, ingresando por la puerta de bodega de exportación.

*Ilustración 43 Toma de descarga de GLP*



Fuente: Elaboración propia del autor.

### 3.3 Diámetro de tuberías.

Para la obtención de los diámetros de tuberías se hizo uso de las ecuaciones de Renouard para altas presiones ecuación 7, se procedió a analizar el recorrido de tubería por tramos, llamado también método de “nodos”, seccionamos la red en varios puntos para analizarlo y obtener los diámetros por tramos.

$$P_1^2 - P_2^2 = 4088Q_{st}^{1.82}d^{0.82}D^{-4.82}$$

$$\frac{P_1^2 - P_2^2}{4088Q_{st}^{1.82}d^{0.82}} = \frac{1}{D^{4.82}}$$

$$D^{4.82} = \frac{4088Q_{st}^{1.82}d^{0.82}}{P_1^2 - P_2^2}$$

$$\sqrt[4.82]{D^{4.82}} = \sqrt[4.82]{\frac{4088Q_{st}^{1.82}d^{0.82}}{P_1^2 - P_2^2}}$$

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088Q_{st}^{1.82}d^{0.82}}{P_1^2 - P_2^2}}$$

Donde:

- $Q_{st}$  Caudal del gas a condiciones estándar (m<sup>3</sup>/s)
- L : Longitud de tubería (m)
- d: Densidad relativa del gas, adimensional.
- $P_1$ : Presión absoluta de la tubería en la entrada. (Pa)
- $P_2$ : Presión absoluta de la tubería en la entrada. (Pa)

**Se procede con la sección en nodos.**

Tabla 28 Sección A-B

Sección	Longitud	Nombre
A-B	26 metros	Desde la salida de los tanques hasta la primera regulación

Fuente: Elaboración propia del autor.

La norma NFPA 58, establece que la caída de presión se considera al 10% respecto a la presión de entrada. La presión de salida de los tanques a temperatura ambiente es de 80 Psi, es decir en el primer tramo antes del regulador de primera etapa.

Caudal.

$$Caudal = 550 \frac{kg}{h} \times 43.694 \frac{BTU}{kg} = 240.31700 BTU/hora$$

$$Q_{st} = 240.371,00 \frac{BTU}{H} * \left(\frac{1m^3}{43.443,27}\right) \left(\frac{1}{2,01}\right) \left(\frac{1 h}{3600s}\right)$$

$$Q_{st} = 0.0764 \frac{m^3}{s}$$

Longitud

El factor de eficiencia es usualmente 0.91 para las ecuaciones de Renouard, lo cual es equivalente a utilizar una “longitud” equivalente de 1.2 veces L, donde “L” en la longitud del tramo seleccionado.

$$L = 1.2 L = 1.2 (26 \text{ metros}) = 31.4 \text{ metros}$$

**Densidad relativa del glp**

$$D=2,01$$

**Presión de trabajo**

$$P = (\text{Presion de entrada} * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m})$$

$$P = 551.580,80 Pa$$

Se procede a obtener con la presión absoluta.

$$P = (\text{Presion de entrada} + 14.7PSI) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = (94.7) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = 652.933,80 Pa$$

La presión 2.

$$P_2 = P - (Px0,10)$$

$$P_2 = 80 - 8 = 72 Psi$$

Se procede a obtener con la presión absoluta.

$$P = (\text{Presion de entrada} + 14.7\text{PSI}) * 6.894,76 \frac{\text{Kg} * \text{in}^2}{\text{s}^2 \text{lb m}}$$

$$P = (72\text{Psi} + 14.7\text{Psi}) * 6.894,76 \frac{\text{Kg} * \text{in}^2}{\text{s}^2 \text{lb m}}$$

$$P = (86.7\text{Psi}) * 6.894,76 \frac{\text{Kg} * \text{in}^2}{\text{s}^2 \text{lb m}}$$

$$P = 597.776,80 \text{ Pa}$$

Procedemos a reemplazar los valores en la siguiente fórmula para poder calcular el diámetro de las tuberías.

Cálculo del diámetro de la tubería a 80 psi

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088 Q_{st}^{1.82} L d^{0.82}}{P_1^2 - P_2^2}}$$

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088(0.0764 \text{ m}^3/\text{s})^{1.82}(31.4\text{m})(2.01)^{0.82}}{(652.933,80)^2 - (597.776,80)^2}}$$

$$D = 0.03 \text{ m}$$

$$D = 0.03 \text{ m} * \frac{39.37 \text{ in}}{1 \text{ metro}} = 0.88 \text{ in}$$

- **Se procede con la sección C-D**

Tabla 29 Sección (C-D)

Sección	Longitud	Nombre
C-D	48 metros	Desde la salida de la primera regulación hacia la entrada de la segunda etapa de regulación

Para calcular los 30 Psi, que corresponde a la presión después del regulador de primera etapa, se tiene lo siguiente.

**Caudal del Gas:**

$$Q_{st} = 0.0764 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$L = 1.2 L = 1.2 (48 \text{ metros}) = 57.6 \text{ metros}$$

### Densidad relativa del glp

$$D = 2,01$$

Presión de trabajo 1.

Se procede a obtener con la presión absoluta.

$$P = (30\text{Psi} + 14.7\text{Psi}) * 6.894,76 \frac{\text{Kg} * \text{in}^2}{\text{s}^2\text{lb m}}$$

$$P = (44.7) * 6.894,76 \frac{\text{Kg} * \text{in}^2}{\text{s}^2\text{lb m}}$$

$$P = 308.195,77 \text{ Pa}$$

La presión 2.

La norma NFPA 58, establece que la caída de presión se considera al 10% respecto a la presión de entrada.

$$P_2 = P - (P * 0,10)$$

$$P_2 = 30 - 3 = 27 \text{ Psi}$$

Se procede a obtener con la presión absoluta.

$$P = (\text{Presion de entrada} + 14.7\text{PSI}) * 6.894,76 \frac{\text{Kg} * \text{in}^2}{\text{s}^2\text{lb m}}$$

$$P = (27\text{Psi} + 14.7\text{Psi}) * 6.894,76 \frac{\text{Kg} * \text{in}^2}{\text{s}^2\text{lb m}}$$

$$P = (41.7\text{Psi}) * 6.894,76 \frac{\text{Kg} * \text{in}^2}{\text{s}^2\text{lb m}}$$

$$P = 287.511,49 \text{ Pa}$$

Procedemos a reemplazar los valores en la siguiente fórmula para poder calcular el diámetro de las tuberías

Cálculo del diámetro de la tubería a 30 psi

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088 Q_{st}^{1.82} L d^{0.82}}{P_1^2 - P_2^2}}$$

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088(0.0764 \text{ m}^3/\text{s})^{1.82}(57.6\text{m})(2.01)^{0.82}}{(308.195,77)^2 - (287.511,49)^2}}$$

$$D = 0.04$$

$$D = 0.04\text{m} * \frac{39.37 \text{ in}}{1 \text{ metro}} = 1.5 \text{ in}$$

- **Se procede con la sección E-F y GH**

*Tabla 30 Sección E-F y GH*

Sección	Longitud	Nombre
C-D	55 metros	Desde la salida de la segunda etapa de regulación entrada a calderos

Fuente: Elaboración propia del autor.

Para calcular la sección por tramos hacia los calderos a una presión de 3 Psi la cual es la presión después de los reguladores de segunda etapa, se tiene lo siguiente, el caudal se reduce a la mitad, se distribuye en el caudal que requiere los calderos.

Caudal.

$$\text{Caudal} = 275 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 43.694 \frac{\text{BTU}}{\text{kg}} = 120.158,50 \text{ BTU/hora}$$

$$Q_{st} = 120.158,50 \frac{\text{BTU}}{\text{H}} * \left(\frac{1\text{m}^3}{43.443,27}\right) \left(\frac{1}{2,01}\right) \left(\frac{1 \text{ h}}{3600\text{s}}\right)$$

$$Q_{st} = 0.0003822 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Longitud

$$L = 1.2 L = 1.2 (55 \text{ metros}) = 66 \text{ metros}$$

**Densidad relativa del GLP.**

$$D = 2,01$$

Presión de trabajo 1.

Se procede a obtener con la presión absoluta.

$$P = (3\text{Psi} + 14,7\text{Psi}) * 6.894,76 \frac{\text{Kg} * \text{in}^2}{\text{s}^2 \text{lb m}}$$

$$P = (17,7) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = 122.090,35 Pa$$

La presión 2.

La norma NFPA 58, establece que la caída de presión se considera al 10% respecto a la presión de entrada.

$$P_2 = P - (Px0,10)$$

$$P_2 = 3 - 0,3 = 2,7Psi$$

Se procede a obtener con la presión absoluta.

$$P = (Presion de entrada + 14,7Psi) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = (2,7Psi + 14,7Psi) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = (17,4Psi) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = 119.968,82 Pa$$

Procedemos a reemplazar los valores en la siguiente fórmula para poder calcular el diámetro de las tuberías

Cálculo del diámetro de la tubería a 30 psi

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088Q_{st}^{1.82}L d^{0.82}}{P_1^2 - P_2^2}}$$

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088(0.0003822 m^3/s)^{1.82}(66m)(2.01)^{0.82}}{(122.090,35)^2 - (119.968,82)^2}}$$

$$D = 0.0120 m$$

$$D = 0.012 m * \frac{39.37 in}{1 metro} = 0.47 in$$

- **Se procede con la sección I-J**

*Tabla 31 Sección I-J*

Sección	Longitud	Nombre
C-D	78 metros	Desde la recepción de GLP hasta los tanques.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Caudal, en este caso nos fijamos en la tasa de descarga de la bomba, siendo la densidad de GLP en estado líquido 540 kg/m<sup>3</sup>.

$$Tasa\ de\ descarga = \frac{5.000 \frac{kg}{h}}{540 \frac{Kg}{m^3}}$$

$$Tasa\ de\ descarga = 9,5 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{st} = \left(9,5 \frac{m^3}{h}\right) \left(\frac{1 h}{3600s}\right) = 0.00263 m^3/s$$

$$Q_{st} = 0.00263 \frac{m^3}{s}$$

Longitud

El factor de eficiencia es usualmente 0.91 para las ecuaciones de Renouard, lo cual es equivalente a utilizar una “longitud” equivalente de 1.2 veces L, donde “L” en la longitud del tramo seleccionado.

$$L = 1.2 L = 1.2 (78 \text{ metros}) = 93.6 \text{ metros}$$

**Densidad relativa del GLP.**

D=2,01

**Presión de trabajo**

$$P = (Presion\ de\ entrada * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m})$$

$$P = 551.580,80 Pa$$

Se procede a obtener con la presión absoluta.

$$P = (Presion\ de\ entrada + 14.7PSI) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = (94.7) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = 652.933,80 Pa$$

La presión 2.

La caída de presión se considera al 10% respecto a la presión de entrada.

$$P_2 = P - (P * 0,10)$$

$$P_2 = 80 - 8 = 72 Psi$$

Se procede a obtener con la presión absoluta.

$$P = (Presion de entrada + 14.7Psi) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = (72Psi + 14.7Psi) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = (86.7Psi) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = 597.776,80 Pa$$

Procedemos a reemplazar los valores en la siguiente fórmula para poder calcular el diámetro de las tuberías

Cálculo del diámetro de la tubería a 80 psi

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088 Q_{st}^{1.82} L d^{0.82}}{P_1^2 - P_2^2}}$$

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088 (0,00263 m^3/s)^{1.82} (93,6m) (2.01)^{0.82}}{(652.933,80)^2 - (597.776,80)^2}}$$

$$D = 0.00970 m$$

$$D = 0,00970 m * \frac{39.37 in}{1 metro} = 0.35 in$$

- **Se procede con la sección K-M**

Tabla 32 Sección K-M

Sección	Longitud	Nombre
C-D	58 metros	De la salida de los tanques de almacenamiento hasta la recepción del GLP.

Fuente: Elaboración propia del autor.

El caudal por la línea de gas se aproxima al caudal de entrada de líquido, pero en fase vapor. En este caso, considerando la tasa de descarga de la bomba y una densidad de GLP gaseoso de  $5 \text{ kg/m}^3$ .

$$Q_{st} = 0,00263 \frac{m^3}{s}$$

Teniendo un flujo masico de:

$$\dot{m} = 0,00263 \frac{m^3}{s} * 5 \frac{kg}{m^3} = 0,1315 \frac{kg}{s}$$

Longitud

El factor de eficiencia es usualmente 0.91 para las ecuaciones de Renouard, lo cual es equivalente a utilizar una “longitud” equivalente de 1.2 veces L, donde “L” en la longitud del tramo seleccionado.

$$L = 1.2 L = 1.2 (58 \text{ metros}) = 69.6 \text{ metros}$$

**Densidad relativa del GLP.**

D=2,01

**Presión de trabajo**

$$P = (\text{Presion de entrada} * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m})$$

$$P = (140 \text{ Psi} * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m})$$

$$P = 965.266,40 \text{ Pa}$$

Se procede a obtener con la presión absoluta.

$$P = (140 + 14,7 \text{ PSI}) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = (154,7) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = 1.066.911,17 Pa$$

La presión 2.

La caída de presión se considera al 10% respecto a la presión de entrada.

$$P_2 = P - (P * 0,10)$$

$$P_2 = 140 - 14 = 126 Psi$$

Se procede a obtener con la presión absoluta.

$$P = (Presion de entrada + 14,7Psi) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = (126 Psi + 14,7Psi) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = (140,7 Psi) * 6.894,76 \frac{Kg * in^2}{s^2 lb m}$$

$$P = 970.092,73 Pa$$

Procedemos a reemplazar los valores en la siguiente fórmula para poder calcular el diámetro de las tuberías

Cálculo del diámetro de la tubería a 80 psi

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088 Q_{st}^{1.82} L d^{0.82}}{P_1^2 - P_2^2}}$$

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088 (0,00263 m^3/s)^{1.82} (69,6m) (2,01)^{0.82}}{(1.066.911,17)^2 - (970.092,73)^2}}$$

$$D = 0.00733 m$$

$$D = 0,00733 m * \frac{39.37 in}{1 metro} = 0.28 in$$

Una vez realizado, la selección de las tuberías se procede a colocar en la siguiente tabla.

*Tabla 33 Diámetros de tuberías*

Tramos / sección	Nombre	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Diámetro Calculado		Diámetro Seleccionado	
			(m)	(in)	(m)	(in)
1 A-B	Desde la salida de los tanques hasta la primera regulación	0.0764	0.03	0.88	0.0508	2"
2 C-D	Desde la salida de la primera regulación hacia la entrada de la segunda etapa de regulación	0.0764	0.04	1.57	0.0762	3"
3 E-F	Desde la salida de la segunda etapa de regulación entrada a calderos	0.0003822	0.0120	0.47	0.0508	2"
4 G-H	Desde la salida de la segunda etapa de regulación entrada a calderos	0.0003822	0.0120	0.47	0.0508	2"
5 I-J	Desde la recepción de GLP hasta los tanques.	0.00263	0.0097	0.35	0.0508	2"
6 K-M	De la salida de los tanques de almacenamiento hasta la recepción del GLP.	0.00263	0.00733	0.28	0.0254	1"

Fuente: Elaboración propia del autor.

### **Velocidad en tuberías.**

Al dimensionar tuberías, la velocidad del gas es clave, si es excesiva, provoca mayor caída de presión, vibraciones y ruido, afectando seguridad y eficiencia. Optar por un diámetro comercialmente mayor al calculado reduce la velocidad, minimiza la fricción y mantiene una presión más estable para una combustión óptima.

Una vez obtenido el diámetro comercial evaluamos este diámetro para obtener la velocidad en ese tramo, si bien la normativa NTE INEN 2260:2010 utilizada en el país no restringe la velocidad del gas en tuberías, tenemos en cuenta los siguientes valores límites recomendados en tramos de tuberías para transporte de gas (Martínez Lozano et al., 2024)

*Tabla 2 Velocidad del gas en tuberías*

Velocidad	Ubicación de tubería
30	Red general de distribución y acometidas, conducciones enterradas
20	Red general de distribución y acometidas, conducciones aéreas
10	Instalación común en edificios e instalación individual

Recuperado de: (Venegas-Vásquez et al., 2024b)

Para obtener la velocidad se necesita obtener el área del de la sección circular, se tiene:

Velocidad calculada.

$$A = \pi x \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$A = \pi x \left(\frac{0.022}{2}\right)^2 = 0,000380 \text{ m}^2$$

Se procede a obtener:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.0764 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.000380 \text{ m}^2} = 201,05 \text{ m/s}$$

Velocidad seleccionada.

$$A = \pi x \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$A = \pi x \left(\frac{0.0381}{2}\right)^2 = 0.00114 \text{ m}^2$$

Se procede a obtener:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.0764 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.00114 \text{ m}^2} = 67,01 \text{ m/s}$$

En base a estos datos, se obtiene una actualización de los diámetros seleccionados de la matriz con las velocidades de la parte obtenida y seleccionada.

Tabla 34 Velocidades de los nodos

Tramos / Seccion	Caudal (BTU/H)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Diámetro Calculado		Diámetro Seleccionado		Vel Cal	Vel Sel
			(m)	(in)	(m)	(in)	(m/s)	(m/s)
1 A-B	Desde la salida de los tanques hasta la primera regulación	0,07640	0,03	0,88	0,0508	2	108,08	37,69
2 C-D	Desde la salida de la primera regulación hacia la entrada de la segunda etapa de regulación	0,07640	0,04	1,57	0,0762	3	60,80	16,75
3 E-F	Desde la salida de la segunda etapa de regulación entrada a calderos	0,00038	0,012	0,47	0,0508	2	3,38	0,19
4 G-H	Desde la salida de la segunda etapa de regulación entrada a calderos	0,00038	0,012	0,47	0,0508	2	3,38	0,19
5 I-J	Desde la recepción de GLP hasta los tanques	0,00263	0,0097	0,35	0,0508	2	35,59	1,30
6 K-M	De la salida de los tanques de almacenamiento hasta la recepción del GLP	0,00263	0,00733	0,28	0,0254	1	62,32	5,19

Fuente: Elaboración propia del autor.

Con esta selección observamos que bajamos significativamente la velocidad del gas en las tuberías, con esto disminuimos los riesgos de accidentes, fugas o hasta explosiones, además altas velocidades pueden causar pérdidas de presión y generarían un consumo innecesario de energía, desgastes prematuros en la tubería y sus componentes, ruidos y vibraciones excesivas, por lo que es importante mantener una velocidad adecuada para tener un mejor control del flujo del gas.

Finalmente, para el tren de regulación de primera etapa se emplearán reguladores de presión Dival 600 Pietro Fiorentini, los cuales reducen la presión hasta 30 psi. En cambio, para los trenes de segunda etapa se utilizarán reguladores Dival 512 Pietro Fiorentini, que entregan una presión de 3 psi. De esta manera, la presión de salida promedio de los tanques, que es de alrededor de 80 psi, pasa primero por la regulación de alta presión (primera etapa) para ajustarse a 30 psi, y posteriormente, a través del tren de regulación de segunda etapa, se reduce hasta 3 psi, finalmente ingresa al tren de gases antes de la caldera para ingresar con 20 mm bar a los equipos.

### 3.5 Accesorios y partes.

Se llevará a cabo la instalación de toda la instrumentación mecánica industrial necesaria, siguiendo estrictamente las disposiciones establecidas en las normas INEN 2260 y NFPA 58.

Según los criterios definidos, es indispensable que todas las líneas principales de consumo estén equipadas con válvulas de bola de accionamiento rápido, colocadas en puntos clave para asegurar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema. En particular, estas válvulas se dispondrán:

- En la salida de cada tanque estacionario de GLP.
- En la línea, tanto antes como después, del regulador de primera etapa.
- En la entrada de cada equipo de consumo, tales como calderos y quemadores.

Conforme a las recomendaciones de (Martínez Lozano et al., 2024) y (Chuquin et al., 2019), se han seleccionado los componentes fundamentales para el sistema. Seguidamente, se muestra el desglose detallado de los materiales y cantidades previstas.

Para la conexión de las tuberías, se han determinado las cantidades requeridas, las cuales se detallan en la tabla 34.

*Tabla 35 Longitud de tuberías.*

Tuberías		
Diámetro	Cantidad (metros)	Material.
2"	104	Acero negro al carbón SCh 80
1" 1/2	55	Acero negro al carbón SCh 80
1"	58	Acero negro al carbón SCh 80
3"	48	Acero negro al carbón SCh 8

Fuente: Elaboración propia del autor.

Para la instalación de filtros tipo Basket Strainer, se ha considerado un suministro mínimo acorde a las necesidades del sistema, detallado en la tabla 29.

*Tabla 36 Filtros*

Filtro tipo canasta (Basket Strainer)		
Diámetro	Cantidad	Área
1" 1/2	1	Filtro tipo canasta (Basket Strainer)
2"	1	Filtro tipo canasta (Basket Strainer)

Fuente: Elaboración propia del autor.

Para la instalación de manómetros, se ha previsto una cantidad mínima necesaria acorde con los requerimientos del sistema, la cual se detalla en la tabla 30.

Tabla 37 Manómetros

Manómetro		
Diámetro	Cantidad	Área
1" 1/2	2	Manómetro NTP 1" 1/2 300 PSI
1" 1/2	5	Manómetro NTP 1" 1/2 60 PSI
2"	4	Manómetro NTP 2" 10 PSI

Fuente: Elaboración propia del autor.

Para el sistema se ha considerado un separador de líquido, las siguientes cantidades, detalladas en la tabla 31.

Tabla 38 Liquid Trap

Liquid Trap		
Diámetro	Cantidad	Área
1" 1/2 - 2"	1	Separador de condensados en línea de GLP (Liquid Trap).

Fuente: Elaboración propia del autor.

Para el sistema, se ha previsto un separador de líquidos, con las cantidades indicadas en la tabla 32.

Tabla 39 Reguladores de presión

Reguladores de presiones		
Diámetro	Cantidad	Área
1" 1/2	2	Regulador de presión Dival 600 Pietro Fiorentini
2"	2	Regulador Dival 512 Pietro Fiorentini

Fuente: Elaboración propia del autor.

Para el sistema, se ha considerado la instalación de una válvula solenoide de cierre rápido para GLP, marca Honeywell, con cuerpo en latón/acero, con las cantidades indicadas en la tabla 38.

Tabla 40 Actuadores

Actuadores.		
Diámetro	Cantidad	Área
2"	2	Válvula solenoide de cierre rápido para GLP, marca Honeywell, cuerpo en latón/acero, accionamiento eléctrico, normalmente cerrada (NC). P nominal 8 PSI

Fuente: Elaboración propia del autor.

Según Wong (2020), los elementos y accesorios descritos constituyen la base para una adecuada implementación del sistema de GLP. En la siguiente sección se presenta el diseño detallado que integra estos componentes en el esquema general.

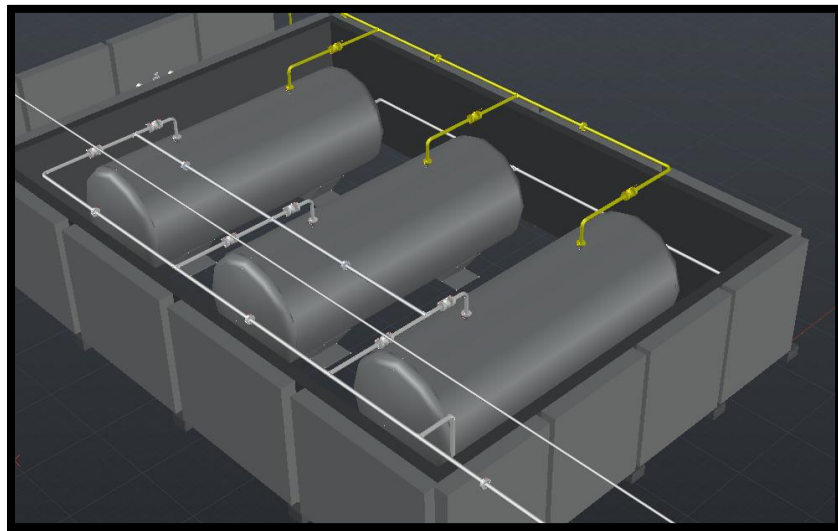
### **3.6 Representación Cad del Sistema.**

Para el diseño final, se siguieron los lineamientos establecidos por (Chuquin et al, 2019) en su publicación “*Lectura e interpretación de planos para la industria petrolera*”. El desarrollo se realizó de manera progresiva, iniciando con el bosquejo del diagrama P&ID en 2D, para posteriormente elaborar el modelo tridimensional del sistema en 3D.

#### **Descripción del proceso.**

El sistema de GLP cuenta con tres tanques estacionarios de GLP con un volumen total de 60 m<sup>3</sup>. La presión de salida promedio de los tanques es de aproximadamente 80 psi, la cual se reduce mediante un sistema de regulación en dos etapas, tal como se observa en la imagen.

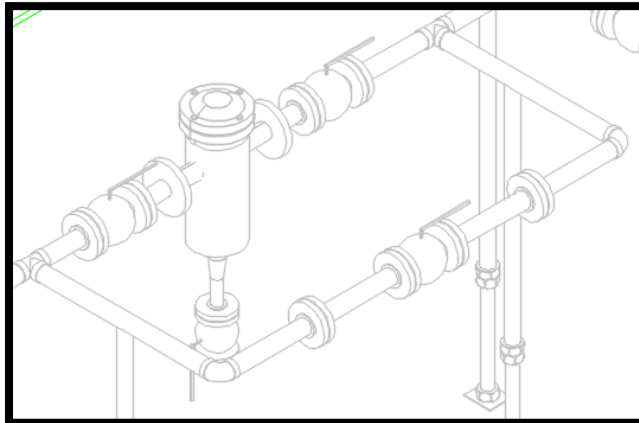
*Ilustración 44 Tanques de almacenamiento de GLP*



Fuente: Elaboración propia del autor.

Previo al tren de primera etapa, se dispone de un bypass con filtro tipo canasta (*Basket Strainer*), el cual permite realizar labores de mantenimiento sin interrumpir el suministro de gas.

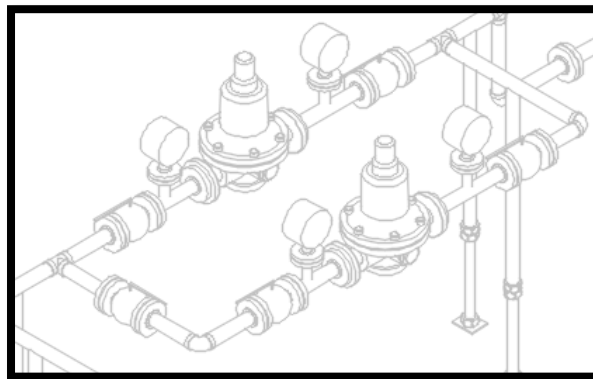
*Ilustración 45 Filtro Canastilla*



Fuente: elaboración propia del autor.

Posteriormente, es traslado a la primera etapa de regulación, la presión se ajusta de 80 psi a 30 psi a través de un tren de regulación de alta presión. Este tren cuenta con dos reguladores de presión dispuestos en paralelo (línea principal y línea de respaldo) para garantizar la continuidad del servicio en caso de mantenimiento. Siguiendo el lineamiento de Chuquín (2024), se han incorporado manómetros en la entrada y salida de los reguladores para monitorear las presiones de operación.

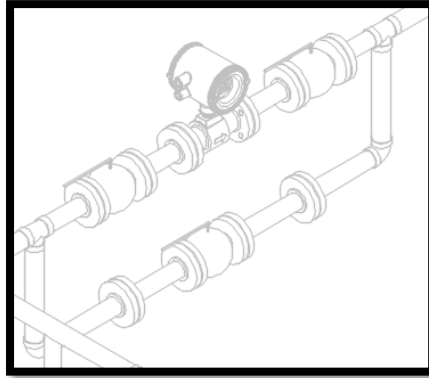
*Ilustración 46 Regulador de primera etapa*



Fuente: Elaboración propia del autor.

A continuación, se incluye un bypass con medidor de caudal para la medición de variables como flujo másico y volumétrico, acompañado de un manómetro para referencia de presión.

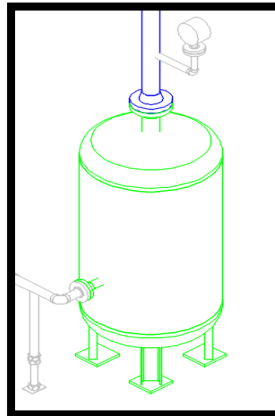
Ilustración 47 Caudalímetro GLP



Fuente: Elaboración propia del autor.

En la línea de gas se instala un separador de líquidos (*Liquid Trap*) para retener posibles arrastres de condensados, asegurando que solo fluya gas en estado gaseoso hacia los equipos de consumo.

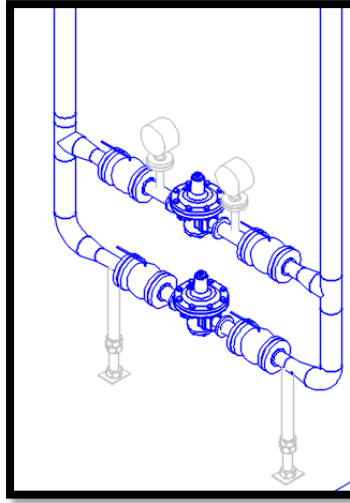
Ilustración 48 Liquid Trap



Fuente: Elaboración propia del autor.

En la segunda etapa de regulación, el gas se reduce de 30 psi a aproximadamente 3 psi, utilizando un esquema similar al de la primera etapa (dos reguladores en paralelo con instrumentación de presión).

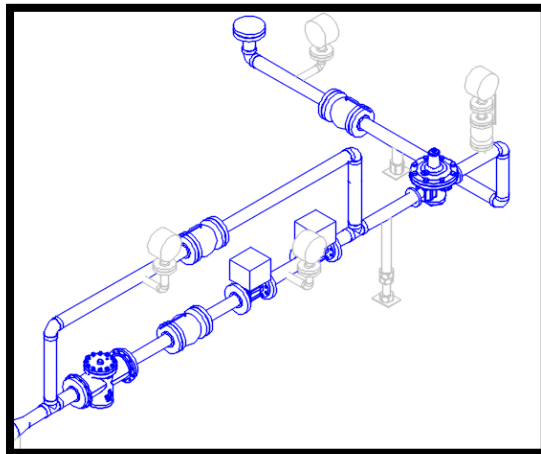
*Ilustración 49 Regulador de segunda etapa*



Fuente: Elaboración propia del autor.

Finalmente, antes del ingreso al quemador, se incorporan dos electroválvulas normalmente cerradas (NC) marca Honeywell, controladas por el PLC del caldero, las cuales permiten la dosificación precisa del combustible según la demanda térmica del equipo.

*Ilustración 50 Tren de gases*



Fuente: Elaboración propia del autor.

### **3.7 Eficiencia del Caldero.**

Para ello se procede a obtener los datos de los calderos, para obtener una aproximación de la eficiencia del mismo. Teniendo en cuenta que el comparando la

cantidad de calor útil que entrega con la cantidad de combustible que consume. Esta evaluación permitirá tener una idea clara del nivel de eficiencia del sistema actual y del sistema que se propone.

Tabla 41 Datos empresa-Manta

Nº Serie	Descripción	Valores	Unidades
Datos de producción de calor			
1	Cantidad de generación de vapor	3900	Kg/ hora
2	Presión del vapor	5	Kg/cm <sup>2</sup>
3	Temperatura del vapor	160	°C
4	Entalpia del vapor saturado	660	Kcal /Kg
5	Temperatura del agua de alimentación	110	°C
6	Entalpia del agua de alimentación	110	Kcal /Kg

Fuente: Empresa Manta (2024).

Se procede a obtener los datos del combustible actual y de la propuesta realizada.

Tabla 42 Consumo actual.

Datos de entrada de calor			
Nº Serie	Descripción	Valores	Unidades
1	Cantidad del combustible consumido bunker	75	Gal/Hora
4	Valor calorífico bruto del combustible	152 000	Btu / Gal
4	Valor calorífico bruto del combustible	38 304	Kcal / Gal

Fuente: Empresa Manta (2024).

Tabla 43 Consumo de la propuesta.

Datos de entrada de calor			
Nº Serie	Descripción	Valores	Unidades
1	Cantidad del combustible consumido	246,435	Kg/Hora
2	Valor calorífico bruto del combustible	46 000	Kcal /Kg

Fuente: Elaboración propia del autor.

Para ello se procede a descomponer la ecuación dada:

$$n = \frac{Q_{vapor}}{Q_{combustible}} \times 100$$

$$Q_{vapor} = m_{vapor} (H_{vapor} - H_{agua})$$

$$Q_{combustible} = m_{combustible} * PCI$$

Solución.

$$Q_{vapor} = Q_{vapor} = \left(3900 \frac{kg}{h}\right) (660 - 110) \frac{kal}{Kg} = 214\ 5000 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q_{combustible} = \left(80 \frac{Gal}{h}\right) (38\ 304) \frac{kal}{Gal} = 306\ 4320 \frac{Kcal}{h}$$

$$n = \frac{214\ 5000}{306\ 4320} \times 100$$

$$n = 68\%$$

Se procede con la ecuación del segundo sistema.

$$n = \frac{Q_{vapor}}{Q_{combustible}} \times 100$$

$$Q_{vapor} = m_{vapor} (H_{vapor} - H_{agua})$$

$$Q_{combustible} = m_{combustible} * PCI$$

Solución.

$$Q_{vapor} = \left(3900 \frac{kg}{h}\right) (660 - 110) \frac{kal}{Kg} = 214\ 5000 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$Q_{combustible} = \left(246,43 \frac{kg}{h}\right) (11\ 000) \frac{kal}{Kg} = 271\ 0730 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$n = \frac{214\ 5000}{271\ 0730} \times 100$$

$$n = 76\%$$

El cálculo de eficiencia arrojó un 68% para el uso de bunker y 76% para la propuesta de cambio de combustible, aplicando el método directo, el cual es rápido y sencillo. No obstante, este método presenta limitaciones, pues se fundamenta únicamente en el balance entre el calor de entrada y salida, sin contemplar pérdidas adicionales por radiación, convección o purga. Por ello, aunque los resultados constituyen una referencia válida para la comparación inicial, un análisis más completo debería incluir todas las fuentes de pérdida de calor con el fin de obtener una estimación de eficiencia más precisa y representativa del sistema.

### **3.8 Resultados.**

El cálculo de eficiencia resultó en 69% para la operación con bunker y 76% para la propuesta de sustitución de combustible, empleando el método directo. Este procedimiento, si bien se caracteriza por su simplicidad y rapidez, presenta limitaciones inherentes, ya que únicamente relaciona el calor útil generado con el poder calorífico del combustible consumido. En consecuencia, no incorpora las pérdidas energéticas asociadas a radiación, convección, infiltraciones de aire y purgas de gases, entre otras. Por lo tanto, aunque los valores obtenidos constituyen una referencia válida para la evaluación preliminar del cambio de combustible, una estimación más rigurosa de la eficiencia térmica requiere la aplicación de métodos indirectos o balances energéticos detallados que contemplen las diferentes fuentes de disipación de calor en el sistema.

Los resultados obtenidos demuestran que el uso de G.L.P. representa una alternativa más limpia frente al diésel y al fuel oil (búnker), con una reducción estimada del 17% y 27% en emisiones de CO<sub>2</sub>, respectivamente. Esta disminución contribuye significativamente a mejorar el desempeño ambiental de la operación, alineándose con objetivos de sostenibilidad y eficiencia energética.

## CONCLUSIONES

La red centralizada de G.L.P, diseñada cumple con la norma INEN 2260:2010, asegurando así su correcto funcionamiento de manera segura y eficiente en base a la demanda requerida por los equipos. El área del cerramiento y tanques cumplen con las distancias mínimas de seguridad establecidas en la norma.

El uso de GLP se presenta como una alternativa más limpia frente al diésel y al búnker, con una reducción estimada de 17% y 27% en emisiones de CO<sub>2</sub>, respectivamente, contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia de la operación.

En términos económicos, el uso de GLP se vuelve más favorable a medida que aumenta la proporción de diésel en el consumo: no genera ahorros cuando el búnker domina la mezcla, pero al superar el 80% de consumo de diésel, el GLP se convierte en la opción más económica, con un ahorro mensual estimado de \$10.090,36 y anual de \$121.084,32.

De los datos obtenidos en la comparación se puede concluir que el nuevo sistema es más eficiente que el anterior, generando un ahorro económico y reduciendo significativamente emisiones, de manera que contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero.

## **RECOMENDACIONES**

Se estima conveniente realizar una evaluación de riesgos (HAZOP), aunque el proyecto cumple con las normativas vigentes, se recomienda realizar una evaluación HAZOP del sistema para identificar y mitigar riesgos industriales, ambientales y ocupacionales. Esto permitirá a la empresa contar con una mayor protección y control sobre el proyecto.

Una estimación de eficiencia térmica por el método indirecto, para obtener una valoración más precisa y representativa del sistema, que considere todas las fuentes de pérdida de calor, incluyendo radiación, convección y purgas de gases.

Es recomendable que una empresa instaladora autorizada revise periódicamente toda la instalación y los aparatos de gas. Además, se debe establecer un plan de mantenimiento anual de la red para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad.

No se deben emplear mangueras ni accesorios no certificados oficialmente para conexiones de gas, ya que podrían no contar con la resistencia adecuada y comprometer la seguridad de la instalación.

## REFERENCIAS

- Abdul Darawajkar, F. (2023). Exceptional Fuel (Lpg): *International Journal of Advanced Research*, 11(10), 158–159. <https://doi.org/10.21474/ijar01/17691>
- AportuariaManta. (2018). La industria atunera nacional tiene su fortaleza en el puerto de Manta. *El Nuevo Ecuador*. <https://www.puertodemanta.gob.ec/la-industria-atunera-nacional-tiene-su-fortaleza-en-el-puerto-de-manta/>
- Arguello, A., Reyes, C., & Proyecto, C. (2023). *DISEÑO Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE RED PARA DISTRIBUCIÓN DE GLP PARA UN CONDOMINIO*.
- Arteaga, A., Brito, A., Cantos Macias, M., & Gilbert, E. (2016). Selección del esquema de cogeneración para una industria de pescado enlatado. Caso Ecuador. *REVISTA RIEMAT*, *Figura* 1, 1–6. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/926/824>
- Augusto Baque Cantos, M. I., Raúl Baque Sánchez, E. I., Pascuala Chiquito Tigua III Jipijapa, G., & Marianela Baque Parrales Jipijapa, S. I. (2018). *Microempresas en el Ecuador: Caso ciudad de Manta Microenterprises in Ecuador: Case of the city of Manta*. 4, 619–632. <https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.1.enero.619-632>
- Babativa. (2017). *Investigación cuantitativa*. <https://core.ac.uk/download/pdf/326424046.pdf>
- BEC. (2023). *BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL*.
- Calle. (2023). Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa. *Ciesa Latina*. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7016>
- Cevallos, J. (2018). La responsabilidad social corporativa de la industria atunera y su impacto en el desarrollo socioeconómico sostenible de la ciudad de Manta-Ecuador. *Polo Del Conocimiento*, 3(4), 82. <https://doi.org/10.23857/pc.v3i4.468>
- Chuquin et al. (2019). Lectura e interpretación de planos para la industria petrolera. . *Cidel Editorial*.

- Chuquin, J., Chuquin, N., & Miño, G. (2019). *Lectura e Interpretación de Planos para la Industria Petrolera*.  
[https://www.researchgate.net/publication/364772145\\_LECTURA\\_E\\_INTERPRETACION\\_DE\\_PLANOS\\_PARA\\_LA\\_INDUSTRIA\\_PETROLERA](https://www.researchgate.net/publication/364772145_LECTURA_E_INTERPRETACION_DE_PLANOS_PARA_LA_INDUSTRIA_PETROLERA)
- Coyla. (2023). *Caracterización de la caldera pirotubular de 12BHP al sustituir petróleo por GLP*.
- Cuasquer Cuasapud, J. S., & Pineda Maigua, D. (2022). *Ventaja del uso de gas licuado de petróleo en comparación al sistema de combustible tradicional*.
- Darawajkar, F. (2023). COMBUSTIBLE EXCEPCIONAL (GLP): *International Journal of Advanced Research*, 11(10), 158–159. <https://doi.org/10.21474/ijar01/17691>
- Enerdata. (2023). *Energía y clima mundial - Anuario estadístico 2024*. Enerdata.  
<https://datos.enerdata.net/energia-total/datos-consumo-internacional.html>
- ENERGIA/MINAS, M. (2023). *Iso 50001 sector industrial Ecuador*. Ecuador Ratifica Su Compromiso de Combatir El Cambio Climático a Través de La Implementación de La ISO 50001 En El Sector Industrial.  
<https://www.rekursyenergia.gob.ec/ecuador-ratifica-su-compromiso-de-combatir-el-cambio-climatico-a-traves-de-la-implementacion-de-la-iso-50001-en-el-sector-industrial/>
- Escobar, A. (2016). *Análisis comparativo en la operación de una caldera pirotubular utilizando gas licuado de petróleo en sustitución del diésel y su impacto sobre el medio ambiente*. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3525/>
- Eurofish. (2022). *ESPANOL-FINAL-Informe-de-Sostenibilidad-2022*.  
<https://www.eurofish.com.ec/wp-content/uploads/2023/10/ESPANOL-FINAL-Informe-de-Sostenibilidad-2022.pdf>
- Food, B. (2022). *Reporte Financiero*. 3.
- Gomez Jesus, V. Keever. (2016). *El protocolo de investigación III: la población de estudio*. <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Gutierrez, M., & Iturralde, S. (2017). *Fundamentos básicos de instrumentación y control*

<https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Fundamentos%2Bb%25C3%25A1sico%2Bde%2Binstrumentaci%25C3%25B3n%2BBy%2Bcontrol.pdf>

Herszenbaun. (2018). Método analítico y la carencia de síntesis en “El conocer analítico” de la Ciencia de la lógica de Hegel. *Nuevo Itinerario*.

INEN 2260. (2015). INSTALACIONES DE GASES COMBUSTIBLES PARA USO RESIDENCIAL, COMERCIAL E INDUSTRIAL. REQUISITOS. *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*.

[https://evirtual401.insteclrg.edu.ec/pluginfile.php/7716/mod\\_resource/content/2/nte\\_inen\\_2260.pdf](https://evirtual401.insteclrg.edu.ec/pluginfile.php/7716/mod_resource/content/2/nte_inen_2260.pdf)

Jimenez, R., Madrigal, J., & Lapido, M. (2016). Método para la evaluación de la eficiencia e impacto ambiental de un generador de vapor Method for evaluating the efficiency and environmental impact of a steam generation. In *Ingeniería Energética* (Vol. 2). Mayo/Agosto.

Jing, L., El-Houjeiri, H. M., Monfort, J. C., Brandt, A. R., Masnadi, M. S., Gordon, D., & Bergerson, J. A. (2020). Carbon intensity of global crude oil refining and mitigation potential. *Nature Climate Change* 2020 10:6, 10(6), 526–532. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0775-3>

Kinigoma, B. S., & Ani, G. O. (2020). Design of 22KW LPG Burner for an Oil Refinery Boiler. *Journal of Scientific Research and Reports*, March, 70–79. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2020/v26i230226>

López, D. (2021). Incidencia de contabilidad ambiental una estrategia de responsabilidad social corporativa de empresas atuneras de Manta. *Artículo*.

MAE. (2017). Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, TULSMA. *Registro Oficial Edición Especial 2 de 31-Mar.-2003*, 3399, 407.

Manta, A. (2022). *Pacto Verde por el Futuro de Manta*. 16(1), 1–23.

Martínez Lozano, E. R., Wong Pagés, J. J., & Almache Vera, E. R. (2024). *Diseño e instalación mecánica de red G.L.P., para alimentar calderos en el sector camaronero*. 105. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/62878>

- Ministerio de Comercio Exterior. (2017). *INFORME SOBRE EL SECTOR ATUNERO ECUATORIANO*. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Reporte-del-sector-atunero.pdf>
- Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca (2023).
- NFPA 58. (2014). *Código del Gas Licuado del Petróleo*.
- OIT. (2022). El futuro del trabajo en el sector del petróleo y el gas. In *Organización Internacional del Trabajo*.
- Ortiz, C. (2018). Diseño de una instalación centralizada de gas licuado de petróleo para abastecimiento de la Hostería - SPA Miramelindo en la ciudad de Baños de Agua Santa. *Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica*. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/f0cd8e44-3f00-4eee-ad1a-8f3b2e56e4a2>
- Pacho, S., & Coayla, W. (2023). *CARACTERIZACIÓN DE LA CALDERA PIROTUBULAR DE 12BHP AL SUSTITUIR PETRÓLEO POR GLP*.
- Posso, F. (2002). Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: Sistema energético basado en energías alternativas. *Geoenseñanza*, 7, 54–73. <https://www.redalyc.org/pdf/360/36070206.pdf>
- Ramírez. (2019a). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción PROYECTO INTEGRADOR Previo la obtención del Título de : Ingeniero Mecánico Presentado por : Marcelo S . Brito Arrieta GUAYAQUIL - ECUADOR Año : 2019*. 105.
- Ramírez. (2019b). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción PROYECTO INTEGRADOR Previo la obtención del Título de : Ingeniero Mecánico Presentado por : Marcelo S . Brito Arrieta GUAYAQUIL - ECUADOR Año : 2019*. 105.
- Rodriguez, C., Rodriguez Leslie, & Palomino German. (2015). *El Bunkering en el Ecuador, negocio de beneficios por aprovechar*. June.
- Roldan. (2015). *El estudio evalúa el cumplimiento de la normativa ambiental en las empresas pesqueras de Manta (2012-2013), identificando problemas de*

*contaminación y cumplimiento parcial de las leyes ambientales. Propone un Plan de Manejo Ambiental para fortalecer la re.*

Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. *Comision Económica Para America Latina y El Caribe (CEPAL)*, 46. [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834\\_es.pdf?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf?sequence=1)

Segovia Loaiza, R. A., & Carrasco Moran, M. (2022). *Diseño y Construcción de una instalación de Gas Licuado de Petróleo.*

Servio, L. A. Y. H., & González, S. T. T. (2010). *Diseño E Implementación De Un Sistema Centralizado De Glp Para El Taller Mecánico Del Airnrr De La Unl.*

Velasco M, & Cienfuegos. (2016). Lo cuantitativo y cualitativo en la investigación. Un apoyo a su enseñanza. *SCIELO*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-74672016000200015](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672016000200015)

Venegas Vásconez, D. F., Ayabaca Sarria, C., Celi Ortega, S., Rocha Hoyos, J., & Mena Mena, E. (2018). Factores para seleccionar tuberías de conducción de gas licuado de petróleo en el Ecuador. *Ingenius*, 19, 51–59. <https://doi.org/10.17163/INGS.N19.2018.05>

Venegas-Vásconez, D., Ayabaca-Sarria, C., Reina-Guzmán, S., Tipanluisa-Sarchi, L., & Farías-Fuentes, Ó. (2024a). Liquefied Petroleum Gas Systems: A Review On Desing And Sizing Guidelines. *Ingenius*, 2024(31), 81–93. <https://doi.org/10.17163/ings.n31.2024.07>

Venegas-Vásconez, D., Ayabaca-Sarria, C., Reina-Guzmán, S., Tipanluisa-Sarchi, L., & Farías-Fuentes, Ó. (2024b). Sistemas de gas licuado de petróleo: una revisión sobre lineamientos de diseño y dimensionamiento. *Ingenius*, 2024(31), 81–93. <https://doi.org/10.17163/ings.n31.2024.07>

# ANEXOS

Anexos 1 Regulator Dival 507-512

Medium - Low Pressure Gas Regulator



## Dival 507-512

The Dival 507-512 by Pietro Fiorentini are a **lever-operated** gas pressure regulators controlled by a diaphragm and contrasting regulated spring action. Mainly used for medium and low pressure natural gas distribution networks, as well as commercial and industrial applications. It should be used with previously filtered non-corrosive gases. According to the European Standard EN 334, it is classified as **Fail Open**. The Dival 507-512 are **Hydrogen Ready** for NG-H2 blending.



District stations



Medium/small industry



Commercial users

Features	Values
Design pressure* (PS <sup>1</sup> / DP <sup>2</sup> )	up to 1 MPa for BP, up to 2 MPa for MP and TR up to 10 bar for BP, up to 20 bar for MP and TR
Ambient temperature* (TS <sup>3</sup> )**	from -20 °C to +60 °C from -4 °F to +140 °F
Inlet gas temperature****	from -20 °C to +60 °C from -4 °F to +140 °F
Inlet pressure (MAOP / p <sub>max</sub> <sup>1</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>from (Pd + 0.01) MPa to 1 MPa from BP</li> <li>from (Pd + 0.01) MPa to 2 MPa for MP and TR</li> <li>from (Pd + 0.1) bar to 10 bar from BP</li> <li>from (Pd + 0.1) bar to 20 bar for MP and TR</li> </ul>
Range of downstream pressure (Wd <sup>1</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>from 1.5 to 11 kPa for BP, from 8 to 30 kPa for MP, from 30 to 300 kPa for TR</li> <li>from 15 to 110 mbar for BP, from 80 to 300 mbar for MP, from 300 to 3000 mbar for TR</li> </ul>
Available accessories	LA slam shut, relief valve, monitor version, silencer (for model 512)
Minimum operating differential pressure (Δp <sub>min</sub> <sup>1</sup> )	0.01 MPa   0.1 barg
Accuracy class (AC <sup>3</sup> )	up to 10   up to 1% absolute (depending on working conditions)
Lock-up pressure class (SG <sup>1</sup> )	up to 20 (depending on version and set point)
Nominal size (DN <sup>4</sup> )	DN 1"; DN 1" 1/2
Connections	Threaded Rp EN 10226-1, NPT ASME B1.20.1

[1] according to EN334 standard

[2] according to ISO 23555-1 standard

[3] NOTE: Different functional features and/or extended temperature ranges may be available on request. Stated inlet gas temperature range is the maximum for which the equipment's full performance, including accuracy is guaranteed. Product may have a different pressure or temperature ranges according to the version and/or installed accessories.

[4] NOTE: Stated temperature range is the operating range for which the equipment's mechanical resistance and leakage rate are guaranteed. Some body materials, if multiple choices are available, may not be suitable for all the available versions shown.

[5] NOTE: Stated temperature range is the range for which the equipment's full performance, including accuracy and lock-up are guaranteed. Some body materials, if multiple choices are available, may not be suitable for all the available versions shown.

Table 1 Features

## Materials and Approvals

Part	Material
Body	Cast Iron GS 400-18 UNI EN 1083 Aluminium EN AC 43300 UNI EN 1706
Cover	Aluminium
Seat	Brass
Diaphragm	Fabric finish rubber
O-ring	Nitrile rubber

**NOTE:** The materials indicated above refer to the standard models. Different materials can be provided according to specific needs.

Table 2 Materials

The **Dival 507-512** regulator is designed according to the European standard EN 334. The regulator reacts in opening (Fail Open) according to EN 334. The product is certified according to European Directive 2014/68/EU (PED). Leakage class: bubble tight, better than class VIII according to ANSI/FCI 70-3.





EN 334



PED-CE

## Dival 507-512 competitive advantages

-  Balanced type
-  Internal sensing line
-  Operates with low differential pressure
-  Top Entry
-  High accuracy
-  Easy maintenance
-  Fail Open
-  Built-in accessories
-  Token IRV
-  Biomethane compatible and 20% Hydrogen blending compatible. Higher blending available on request

# Dival 600

Dival 600 is part of Pietro Fiorentini's range of **direct-acting** gas pressure regulators with diaphragm control and spring contrast. Mainly used in medium and low-pressure natural gas distribution networks, it can be used with pre-treated gaseous fluids. It is classified as **Fail Open** according to the European Standard EN 334. The Dival 600 is **Hydrogen Ready** for NG-H2 blending.



Gas engines



District stations



Commercial users



Regasification



Medium/small industry

Features	Values
Design pressure* (PS <sup>1</sup> / DP <sup>2</sup> )	up to 2 MPa up to 20 barg
Ambient temperature* (TS <sup>3</sup> )**	from -20°C to +60°C from -4 °F to +140 °F
Inlet gas temperature***	from -20°C to +60°C from -4 °F to +140 °F
Inlet pressure (MAOP / P <sub>inmax</sub> <sup>4</sup> )	from (Pd + 0.01) MPa to 2 MPa from (Pd + 0.1) barg to 20 barg
Range of downstream pressure (Wd <sup>5</sup> )	from 1.2 kPa to 420 kPa from 12 mbarg to 4200 mbarg
Available accessories	LA slam shut, built-in silencer, monitor version, overflow
Minimum operating differential pressure (ΔP <sub>min</sub> <sup>6</sup> )	0.01 MPa   0.1 barg
Accuracy class (AC <sup>7</sup> )	up to 5   up to 1% absolute (depending on working conditions)
Lock-up pressure class (SG <sup>8</sup> )	up to 10 (depending on version and set point)
Nominal size (DN <sup>9</sup> )	DN 25   1"; DN 40   1" 1/2; DN 50   2"
Connections	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flanged: class 150 RF according to ASME B16.5 and ASME B16.42</li> <li>ANSI Class 125 FF according to ASME B16.1, PN16/25 according to ISO 7005-1 and ISO 7005-2</li> <li>Threaded: Rp EN 10226-1, NPT ASME B1.20.1 (only size DN50   2")</li> </ul>

<sup>(\*)</sup> according to EN334 standard  
<sup>(2)</sup> according to ISO 21655-1 standard  
<sup>(3)</sup> NOTE: Different functional features and/or extended temperature ranges may be available on request. Stated inlet gas temperature range is the maximum for which the equipment's full performance, including accuracy is guaranteed. Product may have a different pressure or temperature ranges according to the version and/or installed accessories.  
<sup>(4)</sup> NOTE: Stated temperature range is the operating range for which the equipment's mechanical resistance and leakage rate are guaranteed. Some body materials, if multiple choices are available, may not be suitable for all the available versions shown.  
<sup>(5)</sup> NOTE: Stated temperature range is the range for which the equipment's full performance, including accuracy and lock-up are guaranteed. Some body materials, if multiple choices are available, may not be suitable for all the available versions shown.

Table 1 Features

## Materials and Approvals

Part	Material
Equipment body	Cast iron GS 400-18 ISO 1083 Steel ASTM A216 WCB
Cover	Aluminium
Seat	Brass
Diaphragm	Canvas rubber
O-rings	Nitrile rubber

**NOTE:** The materials indicated above refer to the standard models. Different materials can be provided according to specific needs.

Table 2 Materials

The **Dival 600** regulator is designed according to European standard EN 334. The regulator reacts in opening (Fail Open) according to EN 334. The product is certified according to European Directive 2014/68/EU (PED). Leakage class: bubble tight, better than class VIII according to ANSI/FCI 70-3.



EN 334



PED-CE

## Dival 600 competitive advantages



Balanced type



Operates with low differential pressure



High precision



Fail Open Regulator



1:200 High turn-down ratio



IRV token



Top Entry



Easy maintenance

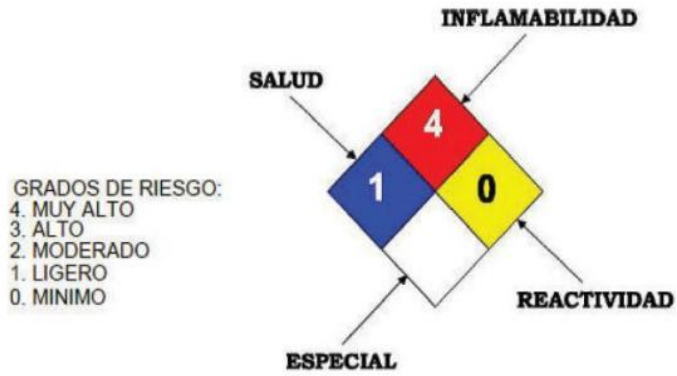


Built-in accessories



Biomethane compatible and 20% Hydrogen blending compatible. Higher blending available on request

Anexos 3 Ficha Técnica GLP



1. Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No: HDSSQ-GLP	4. Familia Química: Hidrocarburos del Petróleo
2. Nombre del producto: Gas licuado comercial, odorizado	5. Fórmula: C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> + C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
3. Nombre Químico: Mezcla Propano-Butano.	6. Sinónimos: Gas LP, LPG, gas licuado del petróleo.

## 2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

3.

1. Nombre de los componentes	%	2. No. CAS	3. No. UN	4. LMPE: PPT, CT	6. Grado de riesgo			
					S	I	R	Especial
Propano	60	74-98-6	1075	Asfixiante Simple	1	4	0	
Butano	40	106-97-8	1011	PPT: 800 ppm	1	4	0	
Etil-mercaptano (odorizante)	0.0017 – 0.0028	75-08-1	2363	PPT: 0.95 ppm CT: 2 ppm	2	4	0	

## 4. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

HR: 3 (HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto).

El gas licuado de petróleo (GLP) tiene un nivel de riesgo alto. Sin embargo, cuando las instalaciones se diseñan, se construyen y se mantienen con estándares rigurosos, se consiguen óptimos atributos de confiabilidad y beneficio. La LC50 (Concentración Letal cincuenta de 100 ppm), se considera por la inflamabilidad de este producto y no por su toxicidad.

### SITUACIÓN DE EMERGENCIA

Cuando el gas licuado se fuga a la atmósfera, vaporiza de inmediato, se mezcla con el aire ambiente y se forman súbitamente nubes inflamables y explosivas, que al exponerse a una fuente de ignición (chispas, flama y calor) producen un incendio o explosión. El múltiple de escape de un motor de combustión interna (435 °C) y una nube de vapores de gas licuado, provocarán una explosión. Las conexiones eléctricas domésticas o industriales en malas condiciones (clasificación de áreas eléctricas peligrosas) son las fuentes de ignición más comunes.

Utilícese preferentemente a la intemperie o en lugares con óptimas condiciones de ventilación, ya que en espacios confinados las fugas de GLP se mezclan con el aire formando nubes de vapores explosivos, éstas desplazan y enrarecen el oxígeno disponible para respirar. Su olor característico puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente, sin embargo el sentido del olfato se perturba a tal grado que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas. Los vapores del gas licuado son más pesados que el aire (su densidad relativa es 2.01; aire = 1).

### EFFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD

OSHA<sup>1</sup> PEL<sup>2</sup>: TWA 1000 ppm (Límite de exposición permisible durante jornadas de ocho horas para trabajadores expuestos día tras día sin sufrir efectos adversos)  
NIOSH<sup>3</sup> REL<sup>4</sup>: TWA 350 mg/m<sup>3</sup>; CL<sup>5</sup> 1800 mg/m<sup>3</sup>/15 minutos (Exposición a esta concentración promedio durante una jornada de ocho horas).  
ACGIH<sup>6</sup> TLV: TWA<sup>7</sup> 1000 ppm (Concentración promedio segura, debajo de la cual se cree que casi todos los trabajadores se pueden exponer día tras día sin efectos adversos).  
TWA: Time Weighted Average: Concentración en el aire a la que se expone en promedio un trabajador durante 8h, ppm ó mg/m<sup>3</sup>

## 5. PRIMEROS AUXILIOS

**Ojos:** La salpicadura de una fuga de gas licuado nos provocará congelamiento momentáneo, seguido de hinchazón y daño ocular.

**Piel:** El contacto con este líquido vaporizante provocará quemaduras frías.

**Inhalación:** Debe advertirse que en altas concentraciones (más de 1000 ppm), el gas licuado es un asfixiante simple, debido a que diluye el oxígeno disponible para respirar. Los efectos de una exposición prolongada pueden incluir: dolor de cabeza, náusea, vómito, tos, signos de depresión en el sistema nervioso central, dificultad al respirar, mareos, somnolencia y desorientación. En casos extremos pueden presentarse convulsiones, inconsciencia, incluso la muerte como resultado de la asfixia.

**Ingestión:** En condiciones de uso normal, no es de esperarse. En fase líquida puede ocasionar quemaduras por congelamiento.

**Ojos:** La salpicadura de este líquido puede provocar daño físico a los ojos desprotegidos, además de quemadura fría; aplicar de inmediato y con precaución agua tibia. Busque atención médica inmediata.

**Piel:** Las salpicaduras de este líquido provocan quemaduras frías; deberá rociar o empapar el área afectada con agua tibia o corriente. No use agua caliente. Quítese la ropa y los zapatos impregnados. Solicite atención médica inmediata.

**Inhalación:** Si se detecta presencia de gas en la atmósfera, retire a la víctima lejos de la fuente de exposición, donde pueda respirar aire fresco. Si no puede ayudar o tiene miedo, aléjese de inmediato. Si la víctima no respira, inicie de inmediato la reanimación o respiración artificial (RCP = reanimación o respiración cardio-pulmonar). Si presenta dificultad al respirar, personal calificado debe administrar oxígeno medicinal. Solicite atención médica inmediata.

**Ingestión:** La ingestión de este producto no se considera como una vía potencial de exposición.

## 6. PELIGROS DE EXPLOSIÓN E INCENDIO

Punto de flash	- 98.0 °C	Punto de Flash: Una sustancia con un punto de flash de 38°C ó menor se considera peligrosa; entre 38° y 93°C, moderadamente inflamable; mayor a 93°C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del GLP (-58° C) lo hace un compuesto sumamente peligroso.
Temperatura de ebullición	- 32.5 °C	
Temperatura de autoignición	435.0 °C	
Límites de explosividad:		
Inferior	1.8 %	
Superior	9.3 %	

1 OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

2 PEL: Permissible Exposure Limit.

3 NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.

4 REL: Recommended Exposure Limit.

5 CL: Ceiling Limit. En TLV (Threshold Limit Value) y PEL, la concentración máxima permisible a la cual se puede exponer un trabajador.

6 ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

7 TWA Time Weighted Average: Concentración en el aire a la que se expone en promedio un trabajador durante 8h, ppm ó mg/m<sup>3</sup>.

HOJA DE SEGURIDAD DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) 	
<b>1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO</b>	
<b>Identificación de producto</b> Nombre comercial Nombre químico Sinónimos Usos recomendados	<b>Propano</b> Gas Licuado de Petróleo Mezclas de propanos y butanos GLP, propano y butano comercial Generación de energía
<b>Datos del proveedor</b> Nombre Domicilio Teléfono	Solgas S.A Calle Carpaccio 250 San Borja 01 2157300 / 01 6133330
<b>Descripción</b> :EL Gas Licuado de Petróleo es la mezcla de dos hidrocarburos principales el propano y el butano. Esta mezcla de hidrocarburos permanece gaseosa y se evapora rápidamente en condiciones ambientales, pero se convierte a un estado líquido cuando se somete a presiones moderadas, lo que facilita su transporte. El GLP no tiene color ni olor, por razones de seguridad, se le agrega una sustancia llamada Etil Mercaptano, la cual le da ese olor característico, facilitando su detección en caso de fugas o escapes.	
	
<b>2. IDENTIFICACION DE PELIGROS</b>	
<b>Clasificación</b> Gases inflamables Gas licuado a presión <b>Elemento de etiquetado SGA</b>	<b>Peligro principal</b> EL GLP es altamente inflamable, cuando es liberado al ambiente ocurre una rápida evaporación y puede formar una mezcla explosiva con el aire. <b>Ruta primaria de entrada:</b> Inhalación del gas o vapor. En caso de fuego no inhale el humo o vapor. Muévase en dirección del viento. <b>Inhalación:</b> Asfixia. La carencia del oxígeno suficiente puede causar lesión seria o muerte. <b>Contacto con los ojos:</b> El contacto con el GLP líquido puede provocar daño físico, además de quemadura fría puede causar congelamiento del tejido fino. <b>Contacto de la piel:</b> Las salpicaduras de este líquido provocan quemaduras frías. <b>Ingestión:</b> No se espera que la ingestión ocurra en uso normal.
<b>3. COMPOSICION / INFORMACION DE LOS INGREDIENTES</b>	
<b>Composición general:</b> Combinación compleja de hidrocarburos producida por destilación y condensación del petróleo crudo. Compuesta de hidrocarburos con un número de carbonos dentro del intervalo C <sub>3</sub> a C <sub>6</sub> , en su mayor parte de C <sub>3</sub> a C <sub>4</sub>	
<b>4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS</b>	
<b>Contacto con:</b> <b>Ojos:</b> Lavar cuidadosamente con agua tibia durante al menos 15 minutos y obtener atención médica de inmediato. <b>Piel:</b> Empapar el área afectada con agua tibia o corriente, no use agua caliente y retirar inmediatamente la ropa contaminada. Obtener atención médica de inmediato. <b>Inhalación:</b> Trasladar inmediatamente a la persona afectada hacia un ambiente con aire fresco. Administrar respiración artificial o resucitación cardiopulmonar de ser necesario y obtener atención médica de inmediato. <b>Ingestión:</b> La ingestión de este producto no se considera como una vía potencial de exposición.	
<b>5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIO</b>	
<b>Control de fuego:</b> Evacue al personal a la zona segura. Permita solamente personal correctamente entrenado y protegido. Usar respiradores u otros. Si el flujo del gas no puede ser apagado, no extinga el fuego, dejar que el producto se consuma de manera controlada utilizando el abastecimiento de agua con alto volumen para enfriar los contenedores expuestos y del equipo próximo. Para los fuegos incontrolables y/o cuando la llama está afectando al envase, retire a todo el personal y evacúe la vecindad inmediatamente. <b>Peligros inusuales del fuego y de la explosión:</b> Esta es una condición realmente grave, ya que el GLP al ponerse en contacto con la atmósfera se vaporiza de inmediato y se mezcla con el aire; produciendo nubes de vapores que explotarán violentamente con una fuente de ignición. <b>Procedimiento:</b> No intente apagar el incendio sin antes bloquear la fuente de fuga.	
<b>6. MEDIDAS DE LIBERACION ACCIDENTAL</b>	
De ser posible, cerrar la válvula de suministro de GLP para detener la fuga. Use gas top para las fugas en la válvulas de los cilindros de 10 kg. Evitar que las fugas alcancen desagües y alcantarillas. Eliminar toda fuente de ignición (llama abierta, chispa, cargas electrostáticas).	
<b>7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO</b>	
<b>Manejo (personal):</b> Evite respirar el gas. Evite el contacto con los ojos, la piel o la ropa. Lávese bien después de la manipulación. Lave la ropa después de usarla. <b>Manejo (aspectos físicos):</b> Dependiendo del tipo de operación, es posible que sea necesario el uso de equipo que no genere chispas y a prueba de explosiones. Mantenga el material lejos del calor, chispas o llamas. Asegúrese que la válvula del contenedor esté cerrada cuando se conecta o se desconecta un cilindro. Si nota alguna deficiencia o anomalía en la válvula de servicio, deseché el cilindro. Nunca inserte objetos dentro de la válvula de alivio de presión. En la descarga de cilindros de 45 kg desde la plataforma de los vehículos de transporte al piso, el cilindros deberá bajarse sin que golpee el piso. Podrá caer sobre un caucho u otro material amortiguante de espesor no menor de 7.6 cm. (3 pulgadas). <b>Almacenamiento:</b> Almacene los recipientes en lugares autorizados y ventilados. Mantenga el envase bien cerrado. Almacene de acuerdo con las recomendaciones de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA). Almacene lejos de fuentes de ignición, oxidantes. Disponga de lugares separados para almacenar diferentes gases comprimidos o inflamables. Los recipientes vacíos conservan ciertos residuos, por lo que deben tratarse como si estuvieran llenos (NFPA-58, "Estándar para el Almacenamiento y Manejo de Gases Licuados del Petróleo").	
<b>8. CONTROLES DE EXPOSION / CONTROL PERSONAL</b>	

# HOJA DE SEGURIDAD DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)

**Control de Ingeniería:** Detectores continuos de presencia de gases combustibles o de atmósfera explosiva dotados con alarmas sonoras; sistemas de ventilación e infraestructura adecuada en áreas donde se almacena o manipula el producto. Duchas y lavajos cerca del lugar de trabajo.

#### **Equipo de protección personal**

**Protección respiratoria:** No ingresar a áreas con concentraciones altas sin la protección respiratoria apropiada. Usar respiradores con alimentación de aire o equipo respiratorio autónomo aprobados por la NIOSH para situaciones de emergencia o especiales en las cuales la concentración es excesiva.

**Protección para piel:** Deberá usarse para evitar el congelamiento que puede resultar por la evaporación rápida cuando se manipula el producto en forma líquida o por su temperatura propia.

**Protección de los ojos:** Se recomiendan las gafas de seguridad, los anteojos o los protectores de la cara al manejar los cilindros.

**Otro equipo protector:** Si existe la posibilidad que el líquido entre en contacto con la piel, deberá usarse ropa impermeable protectora térmicamente para evitar la congelación. Se sugiere utilizar zapatos de seguridad con suela anti deslizante y punta de acero.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

**Punto de inflamación:** - 104 °C aprox.

**Punto de ebullición:** - 42.0 a - 0.51 °C

**Presión de vapor 37.8 °C (100 °F):** 115.0 a 208.0 psig

**Densidad relativa del vapor (aire = 1) a 60 °F (15.56 °C):** 1.5 a 2.01

**Densidad relativa del líquido (agua =1) a 60 °F (15.56 °C):** 0.520 a 0.530

**Solubilidad en agua a 20°C:** Menos del 0.1%

**Apariencia y color:** Gas incoloro e insípido a temperatura y presión ambiente.

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad:** Estable en condiciones normales de presión y temperatura durante el almacenamiento.

**Condiciones a evitar:** Lejos de calor alto, de agentes oxidantes fuertes y de fuentes de ignición.

**Reactividad:** No reactivo.

**Productos peligrosos de la descomposición:** Bajo condiciones del fuego se produce: humos, monóxido de carbono, aldehídos y otros productos de la descomposición. En la mayoría de los usos donde hay combustión incompleta se producirá monóxido de carbono (gas tóxico) y se desarrollarán concentraciones que pueden crear un peligro para la salud.

**Incompatibilidad:** Incompatible con agentes oxidantes fuertes. Evitar el contacto con ácido nítrico, ácido sulfúrico, peróxidos, cloro, flúor y oxidantes fuertes.

## 11. INFORMACION TOXICOLÓGICA

**Vías de entrada:** La inhalación es la ruta más frecuente de exposición. También por contacto con la piel y ojos.

**Efectos agudos y crónicos:** El producto es un gas asfixiante simple, debido al desplazamiento de oxígeno del aire. Puede causar efectos adversos sobre el sistema nervioso central.

**LC50 (butano):** 658 g/m<sup>3</sup>4h (inhalación-rata) 27.7% Vol. en aire.

**Carcinogenicidad:** No presenta

**Toxicidad para la reproducción:** No existen evidencias de toxicidad para la reproducción en mamíferos.

**Condiciones médicas agravadas por la exposición:** No suministrar epinefrina u otras aminas simpaticomiméticas.

## 12. INFORMACION ECOLÓGICA

No se espera ningún efecto ecológico adverso, cualquier efecto nocivo está relacionado con ambientes deficientes de oxígeno. No se considera un contaminante marino. El propano no contiene ninguna clase de sustancia agotadora de la capa de ozono de Ozono de la clase I o de la clase II (parte 82 de 40 CFR).

## 13. CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL

**Disposición de desechos:** Disponer de acuerdo con todas las regulaciones aplicables, tanto locales como nacionales. Los recipientes que hayan contenido el producto pueden encontrarse presurizados, por lo cual no deberán ser perforados, cortados, golpeados ni sometidos a fuentes de calor; no deseche los recipientes a menos que se hayan tomado las precauciones necesarias contra estos peligros.

## 14. INFORMACION RELATIVA AL TRANSPORTE

El producto envasado en cilindros puede ser transportado en camionetas y camiones baranda o en camionetas tipo pick-up. El transporte se realiza de acuerdo a las normas de seguridad vigentes.

**Nombre de embarque:** Gas Licuado del Petróleo.

**Etiqueta de envío:** GAS INFLAMABLE

**Clase de peligro:** 2.1

**Número de identificación:** UN 1075

**Señalización pictórica:** NTP 399.015.2001

**Precauciones especiales:** Amarrar adecuadamente los cilindros para evitar su caída durante el transporte. Deben estar en posición vertical, apoyados sobre su base.

Si se apilan cilindros unos sobre otros, se deben amarrar en forma independiente de cada una de los niveles.

No transportar otros combustibles junto con GLP

## 15. INFORMACION REGULADORA

Entidad Reguladora: Osinermin

- Decreto Supremo N° 27-94-EM. Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transportes de Gas Licuado de Petróleo

## HOJA DE SEGURIDAD DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)

### 16. OTRAS INFORMACIONES

La presente ficha técnica y hoja de seguridad del GLP cumple con los requerimientos del Sistema Globalmente Armonizado.

#### Límites inferior y superior de explosión/límite de inflamabilidad

##### Mezcla Aire + Gas licuado

En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 1,8% y más de 9,3% de gas licuado no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición (Zonas A y B). Sin embargo, a nivel práctico deberá desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva, donde sólo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión.



**Nota:** Esta hoja de seguridad es elaborada con información recopilada de los proveedores, normativa local e internacional. Los daños y perjuicios que se deriven del uso de la información contenida en esta hoja de seguridad no serán, bajo ninguna circunstancia, de responsabilidad de Solgas S.A.

FECHA DE LA ACTUALIZACIÓN: 10/01/2022

Anexos 5 Precios de venta en terminal para las comercializadoras calificadas y autorizadas a nivel Nacional



**PRECIOS DE VENTA EN TERMINAL PARA LAS COMERCIALIZADORAS CALIFICADAS Y AUTORIZADAS A NIVEL NACIONAL**

PERIODO DE VIGENCIA: DEL 12 DE MAYO AL 11 DE JUNIO DE 2025

DECRETOS EJECUTIVOS No. 308

PRODUCTO	Unidad de medida	PRECIO EN TERMINAL (Incluye el 15% del I.V.A.) Expresado en US\$
<b>SECTOR PETROLERO MINERO</b>		
ABSORBER PETROLERO	Galones	\$ 2.435593
DIESEL 1 PETROLERO	Galones	\$ 2.435593
DIESEL 2 PETROLERO	Galones	\$ 2.435593
DIESEL PREMIUM PETROLERO	Galones	\$ 2.834161
FUEL OIL PETROLERO	Galones	\$ 1.606043
GASOLINA EXTRA PETROLERO	Galones	\$ 2.655228
EXTRA CON ETANOL PETROLERO	Galones	\$ 2.655228
GASOLINA SUPER PREMIUM 95 PETROLERO	Galones	\$ 2.822367
<b>SECTOR INDUSTRIAL</b>		
DIESEL 1 INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.435593
DIESEL 2 INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.435593
DIESEL PREMIUM INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.834161
EXTRA INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.655228
EXTRA CON ETANOL INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.655228
SUPER PREMIUM 95 PREMIUM INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.822367
FUEL OIL No. 6 INDUSTRIAL	Galones	\$ 1.606039
FUEL OIL LIGHT	Galones	\$ 1.606043
GAS LIQUADO DE PETROLEO (G.L.P.) INDUSTRIAL	Kilogramos	\$ 0.3072327
GAS NATURAL	Millon de BTUs	\$ 0.306095
GAS NATURAL LIQUADO	Millon de BTUs	\$ 0.307013
RESIDUO INDUSTRIAL	Galones	\$ 0.910468
MINERAL TURPENTINE	Galones	\$ 1.524645
RUBBER SOLVENT	Galones	\$ 1.859459
CEMENTOS ASFALTICOS NO OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0.460000
ASFALTOS INDUSTRIALES NO OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0.460000
CEMENTOS ASFALTICOS OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0.306475
ASFALTOS INDUSTRIALES OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0.306475
GASOLINA EXTRA CAMARONERO	Galones	\$ 2.655228
GASOLINA EXTRA CON ETANOL CAMARONERO	Galones	\$ 2.655228
DIESEL 1 CAMARONERO	Galones	\$ 2.435593
DIESEL PREMIUM CAMARONERO	Galones	\$ 2.834161
<b>SECTORES ELECTRICO Y OTROS</b>		
DIESEL 2 / PREMIUM ELECTRICO	Galones	\$ 0.524630
FUEL OIL 4 ELECTRICO LIBERTAD	Galones	\$ 0.552000
CRUDO REDUCIDO ELECTRICO	Galones	\$ 0.375773
FUEL OIL 6 ELECTRICO	Galones	\$ 0.419590
GAS LIQUADO DE PETROLEO (G.L.P.) AGRICOLA	Kilogramos	\$ 0.193500
GAS LIQUADO DE PETROLEO (G.L.P.) DOMESTICO	Kilogramos	\$ 0.110000
<b>SECTOR NAVIERO</b>		
DIESEL PREMIUM MARINO	Galones	\$ 2.834161
DIESEL PREMIUM YORSTA	Galones	\$ 2.834161
DIESEL 2 MARINO	Galones	\$ 2.435593
DIESEL 2 NACIONAL	Galones	\$ 2.435593
GASOLINA EXTRA	Galones	\$ 2.655228
EXTRA ETANOL MARINO	Galones	\$ 2.655228
<b>SECTOR USO PARTICULAR Y PESCA DEPORTIVA</b>		
DIESEL 2 INTERNACIONAL	Galones	\$ 2.435593
DIESEL PREMIUM INTERNACIONAL	Galones	\$ 2.834161
EXTRA CON ETANOL INTERNACIONAL	Galones	\$ 2.655228
EXTRA INTERNACIONAL	Galones	\$ 2.655228
SUPER PREMIUM 95 INTERNACIONAL	Galones	\$ 2.822367
<b>SECTORES PESQUERO Y ATUNERO</b>		
GASOLINA PESCA ARTESANAL	Galones	\$ 0.820625
GASOLINA EXTRA PESQUERO	Galones	\$ 2.655228
GASOLINA EXTRA CON ETANOL PESQUERO	Galones	\$ 2.655228
DIESEL 2 PESQUERO	Galones	\$ 1.803190
DIESEL PREMIUM PESQUERO	Galones	\$ 1.803190
DIESEL 2 ATUNERO	Galones	\$ 1.803190
DIESEL PREMIUM ATUNERO	Galones	\$ 1.803190
<b>SECTOR AUTOMOTRIZ</b>		
GASOLINA EXTRA AUTOMOTRIZ	Galones	\$ 2.280641
GASOLINA EXTRA CON ETANOL AUTOMOTRIZ	Galones	\$ 2.280641
DIESEL PREMIUM (AUTOMOTRIZ)	Galones	\$ 1.649297
GASOLINA SUPER PREMIUM 95 AUTOMOTRIZ	Galones	\$ 2.799816
DIESEL PREMIUM TRANSP. DE CARGA PESADA PLACA INTERNACIONAL	Galones	\$ 1.649297
GAS LIQUADO DE PETROLEO (G.L.P.) TAXIS	Kilogramos	\$ 0.193500
Nota: <span style="background-color: #d9ead3;"> </span> Precio establecido en el Decreto Ejecutivo No. 150, vigente a partir del 30 de enero de 2024		
Nota: <span style="background-color: #d9ead3;"> </span> Precio establecido por la ARCV conforme Decreto Ejecutivo No. 308		
<b>SECTOR AEREO</b>		
JET FUEL TP40	Galones	\$ 2.257013
AVGAS PARTICULAR E INTERNACIONAL	Galones	\$ 5.941186
AVGAS NACIONAL	Galones	\$ 2.330000
DECRETOS EJECUTIVOS No. 308		
<b>SECTOR NAVIERO INTERNACIONAL</b>		
PERIODO DE VIGENCIA: DEL 12 DE MAYO AL 11 DE JUNIO DE 2025		
PRODUCTO	Unidad de medida	PRECIO EN TERMINAL (Incluye el 15% del I.V.A.) Expresado en US\$
DIESEL PREMIUM MARINO	Galones	\$ 2.834161
DIESEL PREMIUM MARINO (CRED.)	Galones	\$ 2.852858
WDO 1 (MARINE GASOIL)	Toneladas	\$ 772.083023
WDO 2 (MARINE GASOIL)	Toneladas	\$ 772.083023

PRODUCTO	Unidad de medida	PRECIO EN TERMINAL (Incluye el 5% del I.V.A.) Expresado en US\$
----------	------------------	---

SECTOR INDUSTRIAL		
M-5000 CEMENTERO	Tonelones	5 023,7207

Nota: El IVA de este producto corresponde a la tarifa señalada en la Resolución No. NAC-DGERPCSC24-00000113, modificada por el SRU a través de Oficio No. SP-NAC-SGC-2024-0294-Q de 07 de junio de 2024.

**NOTAS DE DISEÑO(N.D.):**

**1.- ESPECIFICACION DE MATERIALES**

CUERPO: SA-612

CABEZAS: SA-612

COPLES SA-105

BRIDA Jr.: SA-105

TUBERIA INTERNA: A-513 / SA-105 / SA-53(A ó B)

SOPORTES :SA-455/SA-36

ACCESORIOS: SA-36 / SA-414-G / SA-455

**2.- DIMENSIONES Y TOLERANCIAS**

FILETE : -0, +COMO QUEDE SOLDADO

LINEAL: +/- 1/4"

ANGULOS: +/- 5°

**3.- TODAS LAS DIMENSIONES PARA JUNTAS SOLDADAS SON MINIMAS.**

**4.- DATOS DE DISEÑO**

PRESION DE DISEÑO: 250 psi

TEMPERATURA DE DISEÑO: 125 °F

MINIMA TEMPERATURA DE DISEÑO: -20°F

CORROSION PERMITIDA: 0" SERVICIO

NO CORROSIVO



PRUEBA HIDROSTATICA: 325 psi

TRATAMIENTO TERMICO: NO REQUERIDO



RADIOGRAFIADO:

1 SPOT JUNTA LONGITUDINAL C/ 600" DE LONGITUD

NO RT CIRCUNFERENCIAL CAB-CPO.

NO RT CIRCUNFERENCIAL CPO-CPO.

PRUEBAS DE IMPACTO: EXCENTO POR UG-20(f)

CASOS CODIGO: NO

ESTAMPA DE CODIGO: SI

DISEÑO ACORDE CON ASME SECC.VIII-DIV1, ED.2021

ESTAMPA NATIONAL BOARD: NO

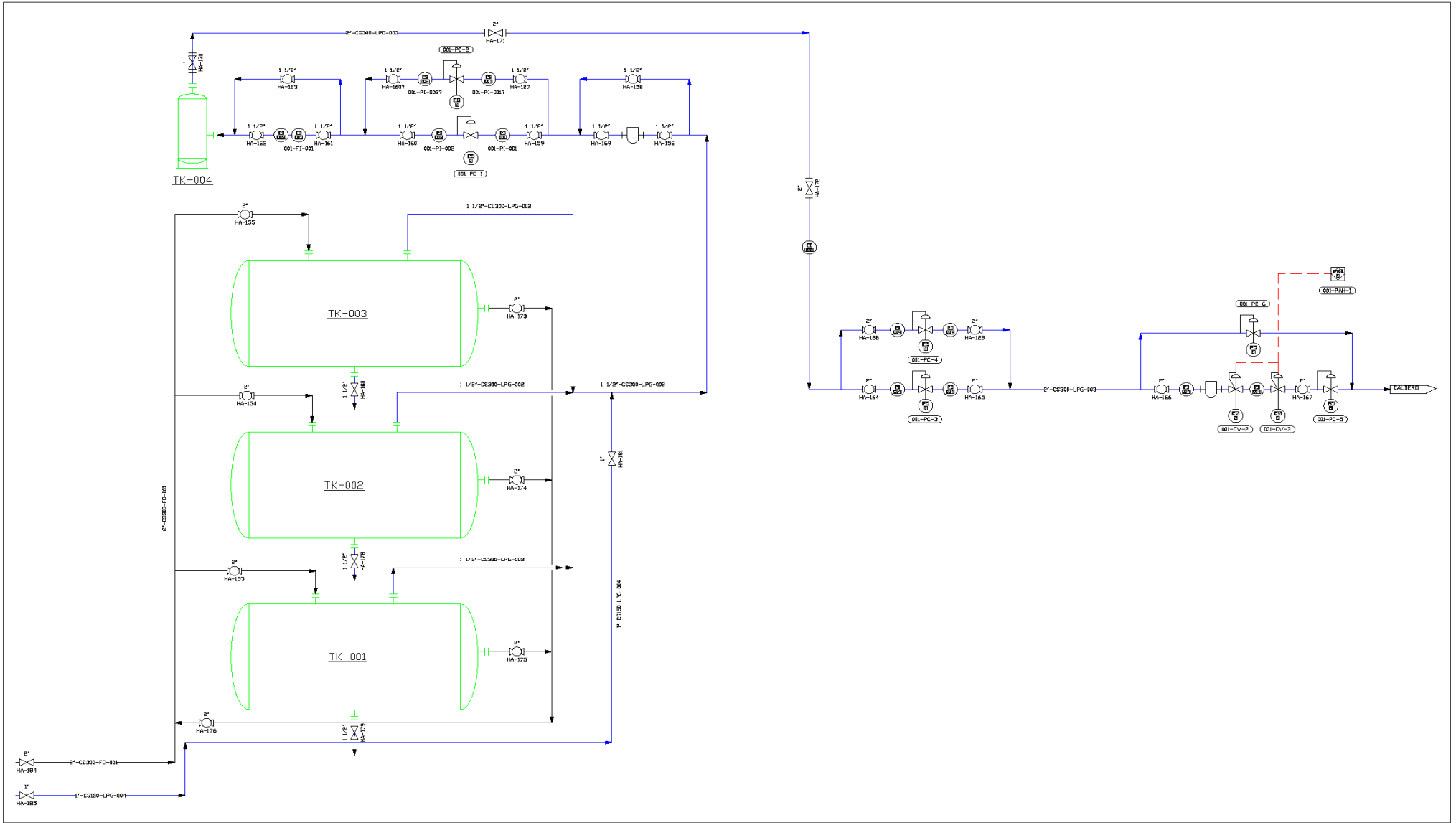
DETALLES DE SOLDADURA EN PLANOS:

COMPLEMENTARIOS

CAUDAL MINIMO: 6 011 PCM aire

PESO ESTIMADO: 4 321 Lb ( 1 960kg)

**5.- SERVICIO: GAS L.P.**




NOTAS GENERALES	
<p><b>NOTAS</b></p> <p>— LINEA DE LIQUIDO GLP</p> <p>— LINEA DE GAS GLP</p>	<p>TANQUE CILINDRICOS HORIZONTAL</p> <p>Capacidad: 20 m<sup>3</sup> c/u. (19 m<sup>3</sup> útiles)</p> <p>Fabricante: ADERO LOS ANDES</p> <p>Presión diseño: 250 psi</p> <p>Temp. diseño: 120 °F</p> <p>Temp. mín. diseño: -20 °F</p> <p>Corrosión D (servicio no corrosivo)</p>

DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES				REGISTRO DE DISEÑO	
NUMERO	DESCRIPCION	REV	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBDO
001	PARA REVISION INTERNA			9/8/2025	DS	MG	MG

ING DISEÑO	ING REVISADO	ING PROYECTO	APROBACION GRAL





CLIENTE	 <p><b>UPSE</b> UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</p>	
PROYECTO	SISTEMA DE ALIMENTACION GLP - EMPRESA MANTA	
DESCRIPCION	PLANO GENERAL	
TAMANO	A1	DIBUJO N°
ESCALA	LA INDICADA	2025-PAID-PETROLEOS
		HOJA
		1-1
		REVI
		0

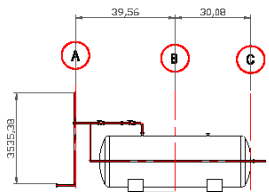
ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA, QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTORIZACION ESCRITA POR LA UPSE.



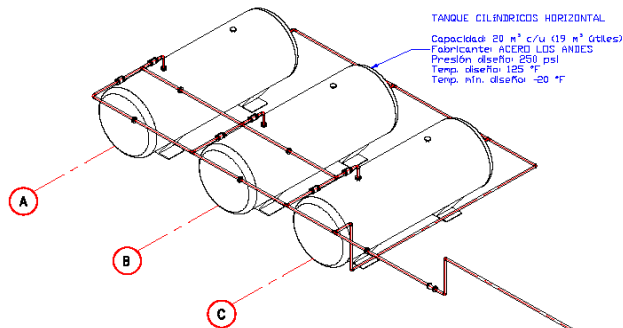
NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES					REGISTRO DE DISEÑO	
NÚMERO	DESCRIPCIÓN	REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO	DIBUJANTE	OLGER SELA	
001	PARA REVISIÓN INTERNA			9/8/2025	OS	MG	MG			
								ING DISEÑO	9/8/2025	
								REVISADO	9/8/2025	
								ING PROYECTO	9/8/2025	
								APROBACIÓN GRAL	9/8/2025	

<b>NOTAS</b> LINEA DE LIQUIDO GLP LINEA DE GAS GLP	<b>TANQUE CILÍNDRICOS HORIZONTAL</b> Capacidad: 20 m <sup>3</sup> o/u (10 m <sup>3</sup> útiles) Fabricante: ACERO LOS ANDES Presión diseño: 250 psi Temp. diseño: 125 °F Temp. mín. diseño: -20 °F Corrosión: 0" (servicio no corrosivo)	<b>CLIENTE</b>  <b>UPSE</b> UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
	<b>PROYECTO</b> SISTEMA DE ALIMENTACIÓN GLP- EMPRESA MANTA	
<b>DESCRIPCIÓN</b> PLANO GENERAL		 <b>UPSE</b> UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA 1998
<b>DIBUJO N°</b> 2025-001-PLANO GENERAL	<b>HOJA</b> 1-1	
<b>ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O USO SIN AUTOMACIÓN ESCRITA POR LA UPSE.</b>		<b>TAMAÑO</b> A1
		<b>ESCALA</b> LA INDICADA



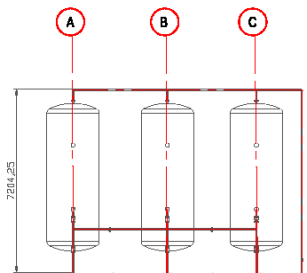
**LATERAL**  
ESC. 1:100



TANQUE CILINDRICOS HORIZONTAL  
Capacidad 20 m<sup>3</sup> c/u (19 m<sup>3</sup> Gtiles)  
Fabricante: ACERO LOS ANDES  
Presión diseño: 250 psi  
Temp. diseño: 125 °F  
Temp. mín. diseño: -20 °F

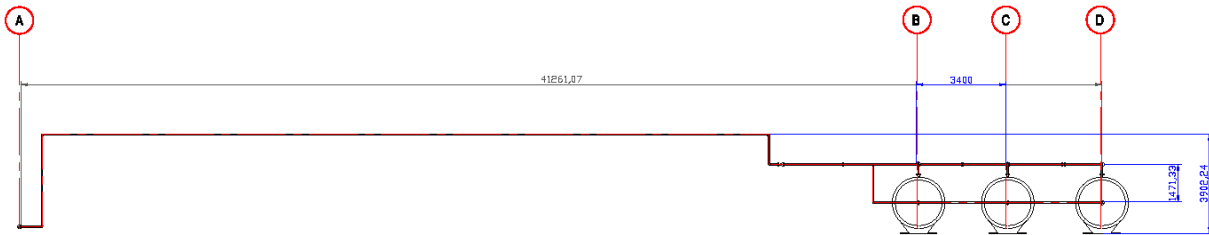
El. 0  
MTC

**ISOMETRICO**  
ESC. 1:100



**PLANTA**  
ESC. 1:100

ACERO NEGRO AL CARBON  
SCH. 80



**FRONTAL**  
ESC. 1:100

BILL OF MATERIALS				
ID	QTY	ND	SCH/CLASS	DESCRIPTION
1	77.7M	2"	40	PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.10, ASTM A108 GR B SMLS, SCH 40
2	9	2"	150	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A105
3	1	2"	150	FLANGE BLIND, 150 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A234 GR WPB
4	8	2"	150	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A105
5	31	2"	150	FLANGE SW, 150 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A234 GR WPB
6	26	2"	150	GASKET, SWG, 1/8" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, CS/PTFE
7	1	2"	150	CHECK VALVE, SWING, 150 LB, RF, ASME B16.10, ASTM A216 GR WPB
8	6	2"	150	BALL VALVE, LONG PATTERN, 150 LB, RF, ASME B16.10, ASTM A216 GR WPB, HAND LEVER

**NOTAS GENERALES**

NOTAS  
LINEA DE LIQUIDO GLP

TANQUE CILINDRICOS HORIZONTAL  
Capacidad 20 m<sup>3</sup> c/u (19 m<sup>3</sup> Gtiles)  
Fabricante: ACERO LOS ANDES  
Presión diseño: 250 psi  
Temp. diseño: 125 °F  
Temp. mín. diseño: -20 °F  
Corrosión: 0 (servicio no corrosivo)

**DIBUJOS DE REFERENCIA**

NUMERO	DESCRIPCION

**REVISIONES**

REV	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
001	PARA REVISION INTERNA	9/8/2025	DS	MG	MG

**REGISTRO DE DISEÑO**

DIBUJANTE	DLGER	SELA	FECHA
ING DISEÑO			9/8/2025
REVISADO			9/8/2025
ING PROYECTO			9/8/2025
APROBACION GRAL			9/8/2025



**CLIENTE**



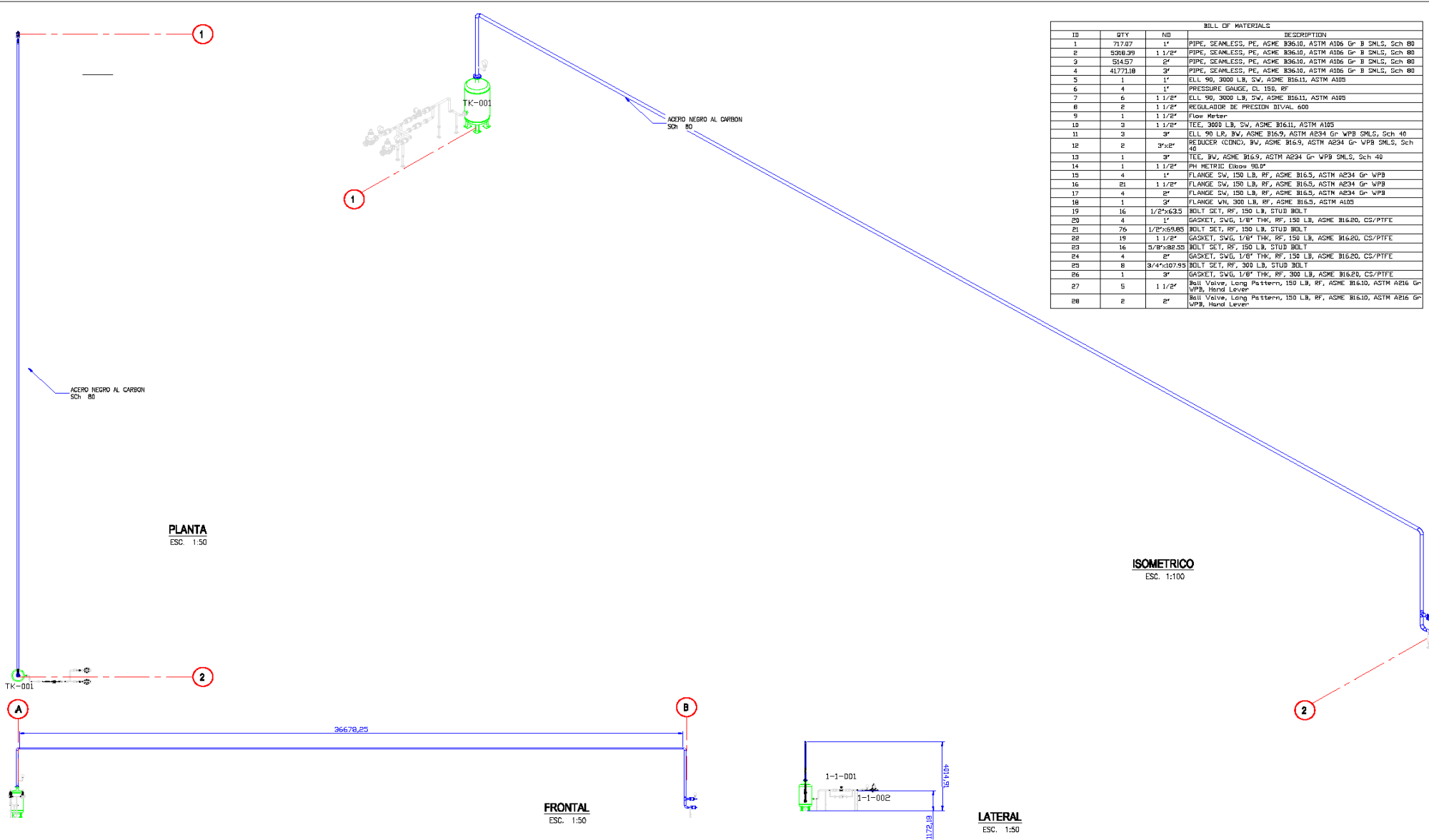
PROYECTO SISTEMA DE ALIMENTACION GLP- EMPRESA MANTA

DESCRIPCION PLANO I-J

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA, QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTOMACION ESCRITA POR LA UPSE.

DIBUJO N°	HOJA	REVI
2025-P&ID-1-J-PETROLEOS	1-1	0





ID	QTY	NO	DESCRIPTION
1	717.07	1"	PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.10, ASTM A106 Gr B SMLS, Sch 80
2	5918.99	1 1/2"	PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.10, ASTM A106 Gr B SMLS, Sch 80
3	514.57	2"	PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.10, ASTM A106 Gr B SMLS, Sch 80
4	4177.18	3"	PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.10, ASTM A106 Gr B SMLS, Sch 80
5	1	1"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A105
6	4	1"	PRESSURE GAUGE, CL 150, RF
7	6	1 1/2"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A105
8	2	1 1/2"	REGULADOR DE PRESION DIVALV 600
9	1	1 1/2"	Flow Meter
10	3	1 1/2"	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A105
11	3	3"	ELL 90 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A234 Gr WPB SMLS, Sch 40
12	2	3/4"	REDUCER (CONC), BW, ASME B16.9, ASTM A234 Gr WPB SMLS, Sch 40
13	1	3"	TEE, BW, ASME B16.9, ASTM A234 Gr WPB SMLS, Sch 40
14	1	1 1/2"	PH METRIC Elbow 90°
15	4	1"	FLANGE SW, 150 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A234 Gr WPB
16	21	1 1/2"	FLANGE SW, 150 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A234 Gr WPB
17	4	2"	FLANGE SW, 150 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A234 Gr WPB
18	1	3"	FLANGE WN, 300 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A100
19	16	1/2"x6.35	BOLT SET, RF, 150 LB, STUD BOLT
20	4	1"	GASKET, SWG, 1/8" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, CS/PTFE
21	76	1/2"x5.845	BOLT SET, RF, 150 LB, STUD BOLT
22	15	1 1/2"	GASKET, SWG, 1/8" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, CS/PTFE
23	16	5/8"x8.55	BOLT SET, RF, 150 LB, STUD BOLT
24	4	2"	GASKET, SWG, 1/8" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, CS/PTFE
25	8	3/4"x107.95	BOLT SET, RF, 300 LB, STUD BOLT
26	1	3"	GASKET, SWG, 1/8" THK, RF, 300 LB, ASME B16.20, CS/PTFE
27	5	1 1/2"	Ball Valve, Long Pattern, 150 LB, RF, ASME B16.10, ASTM A216 Gr WPB, Hand Lever
28	2	2"	Ball Valve, Long Pattern, 150 LB, RF, ASME B16.10, ASTM A216 Gr WPB, Hand Lever

**PLANTA**  
ESC. 1:50

**ISOMETRICO**  
ESC. 1:100

**FRONTAL**  
ESC. 1:30

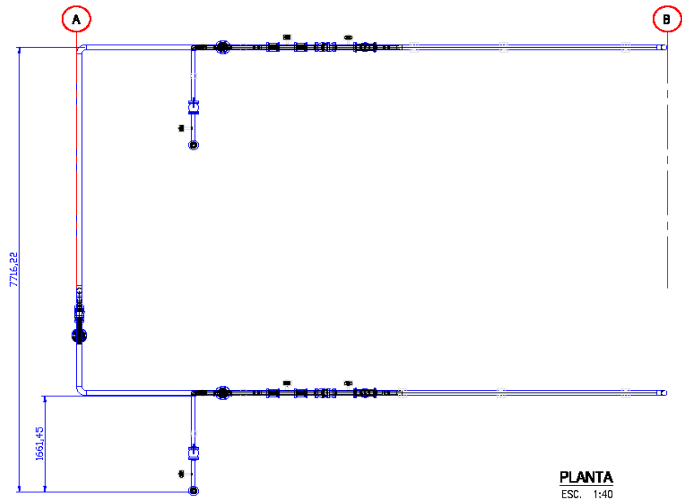
**LATERAL**  
ESC. 1:50

NOTAS	DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES					REGISTRO DE DISEÑO		CLIENTE
	NUMERO	DESCRIPCION	REV	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISOR	APROBADO	DIBUJANTE	
<p>LINEA DE GAS GLP</p>			001	PARA REVISION INTERNA	9/8/2025	DS	MG	HG	JNG DISEÑO	9/8/2025
									REVISADO	9/8/2025
									JNG PROYECTO	9/8/2025
									APROBACION GRAL	9/8/2025

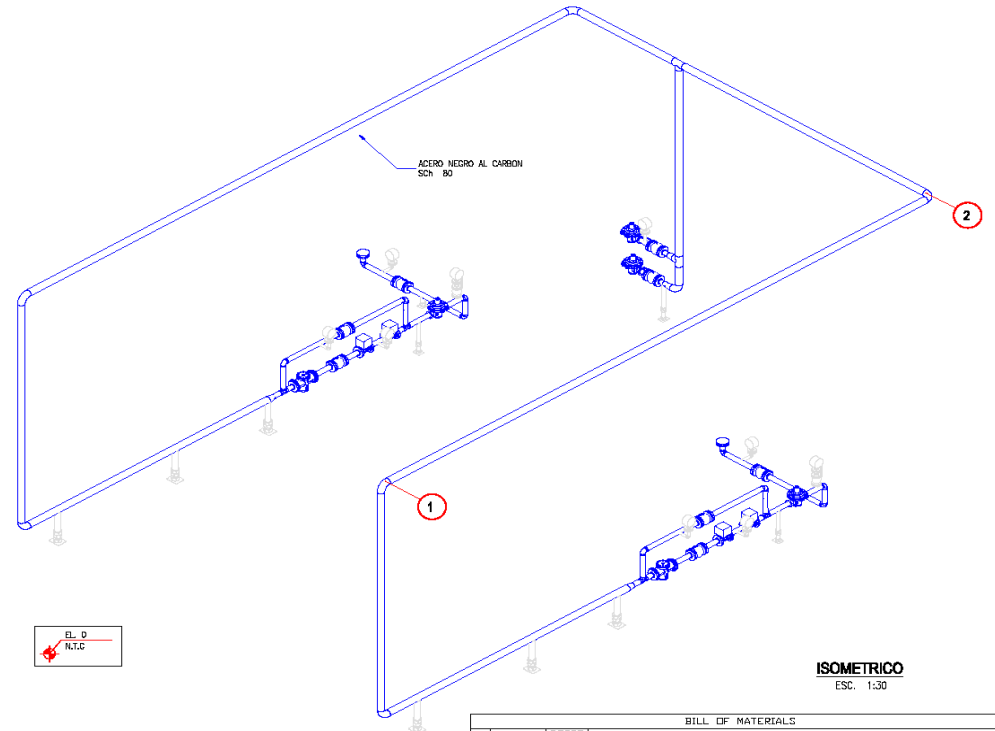
  

<p>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</p>	<p>CLIENTE</p> <p><b>UPSE</b></p> <p>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</p>
<p>PROYECTO</p> <p>SISTEMA DE ALIMENTACION GLP- EMPRESA MANTA</p>	<p>DESCRIPCION</p> <p>PLANO C-D</p>
<p>TAMANO</p> <p>ESCALA</p> <p>A1</p> <p>LA INDICADA</p>	<p>DIBUJO N°</p> <p>2025-P&amp;ID-CD-PETROLEOS</p> <p>HORA</p> <p>1-1</p> <p>REVI</p> <p>0</p>

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA, QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTORIZACION ESCRITA POR LA UPSE.

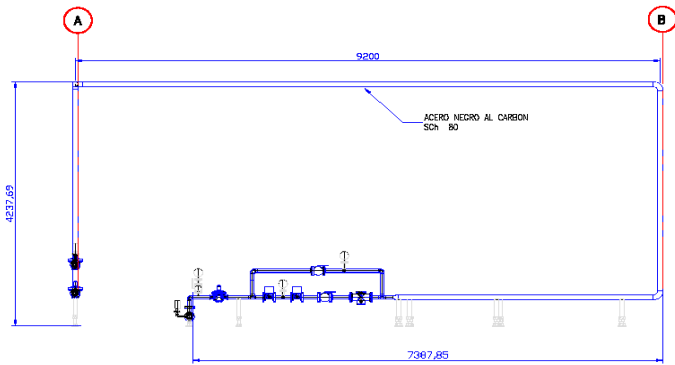


**PLANTA**  
ESC. 1:40

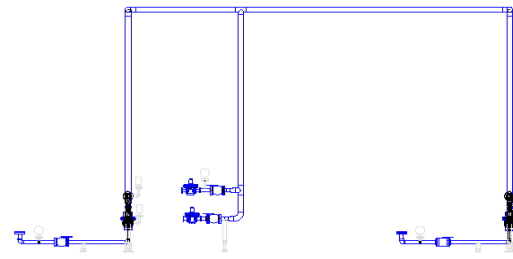


**ISOMETRICO**  
ESC. 1:30

EL D  
N.T.C.



**FRONTAL**  
ESC. 1:40



**LATERAL**  
ESC. 1:40

BILL OF MATERIALS		
ID	QTY	DESCRIPCIÓN
1	1710.05	1" PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.10, ASTM A106 Gr B SMLS, Sch 80
2	12916.09	2" PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.10, ASTM A106 Gr B SMLS, Sch 80
3	41739.69	3" PIPE, SEAMLESS, PE, ASME B36.10, ASTM A106 Gr B SMLS, Sch 80
4	6	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A105
5	9	1" PRESSURE GAUGE, CL 150, RF
6	2	2" FLANGE BLIND, 150 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A234 Gr WPB
7	10	2" ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A105
8	4	2" REGULADOR DE PRECION S07-S12
9	4	2" SaFety Shut-Off Valve.
10	2	2" BASKET STRAINER
11	4	2" TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A105
12	7	3" ELL 90 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A234 Gr WPB SMLS, Sch 40
13	4	3"x2" REDUCER (CONC), BW, ASME B16.9, ASTM A234 Gr WPB SMLS, Sch 40
14	2	3" TEE, BW, ASME B16.9, ASTM A234 Gr WPB SMLS, Sch 40
15	13	1" FLANGE SW, 150 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A234 Gr WPB
16	30	2" FLANGE SW, 150 LB, RF, ASME B16.5, ASTM A234 Gr WPB
17	52	1/2"x6 3/8 BOLT SET, RF, 150 LB, STUD BOLT
18	13	1" GASKET, SWG, 1/8" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, CS/PTFE
19	120	5/8"x 82.53 BOLT SET, RF, 150 LB, STUD BOLT
20	30	2" GASKET, SWG, 1/8" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, CS/PTFE
21	2	1" Ball Valve, Long Pattern, 150 LB, RF, ASME B16.10, ASTM A216 Gr WPB, Hand Lever
22	8	2" Ball Valve, Long Pattern, 150 LB, RF, ASME B16.10, ASTM A216 Gr WPB, Hand Lever

**NOTAS GENERALES**

NOTAS  
 LINEA DE GAS GLP

**DIBUJOS DE REFERENCIA**

NUMERO

DESCRIPCION

**REVISIONES**

REV

DESCRIPCION

FECHA

DIBUJO

REVISO

APROBO

**REGISTRO DE DISEÑO**

DIBUJANTE

DLGER SELA

9/8/2025

ING DISEÑO

9/8/2025

REVISADO

9/8/2025

ING PROYECTO

9/8/2025

APROBACION GRAL

9/8/2025

TAMARO

AL

9/8/2025

DIBUJO N°

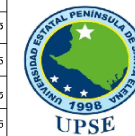
2025-PA13-EF-GH-PETROLEOS

HOJA

1-1

REV

0



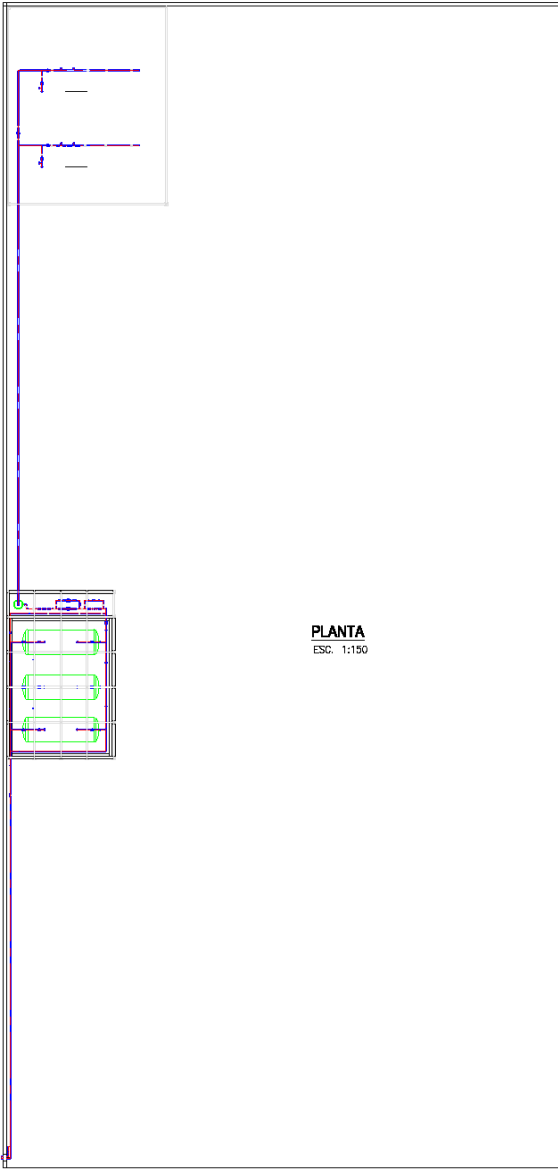
CLIENTE  
**UPSE**  
 UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA

PROYECTO  
 SISTEMA DE ALIMENTACION GLP- EMPRESA NANTA

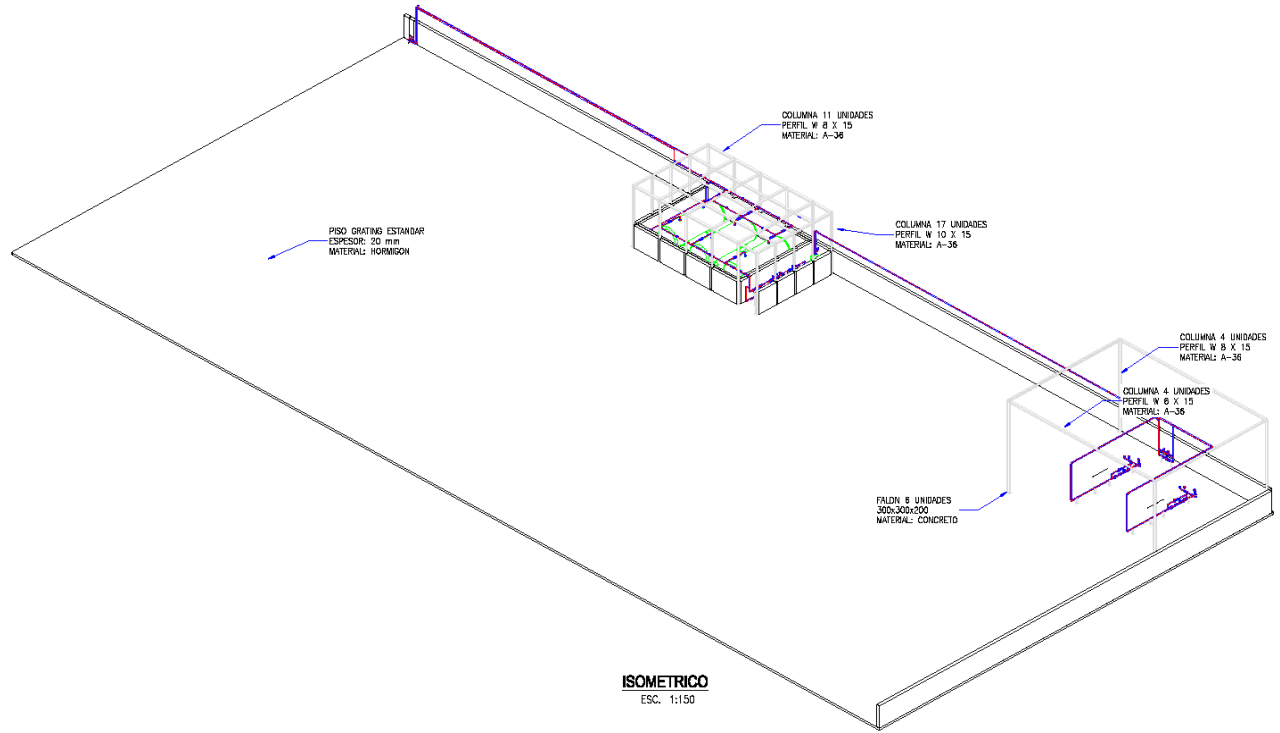
DESCRIPCION  
 PLANO E-F + G-H

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA, QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTOMACION ESCRITA POR LA UPSE.





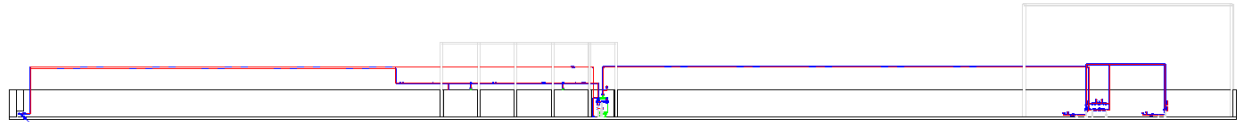
**PLANTA**  
ESC. 1:150



**ISOMETRICO**  
ESC. 1:150



**LATERAL**  
ESC. 1:150



**FRONTAL**  
ESC. 1:150

**NOTAS**

**NOTAS GENERALES**

TANQUE CILINDRICOS HORIZONTAL  
 Capacidad: 20 m<sup>3</sup> c/u (19 m<sup>3</sup> c/ltles)  
 Fabricante: ACERO LDO ANDES  
 Presión diseño: 250 psi  
 Temp. diseño: 125 °F  
 Temp. má. diseño: 20 °F  
 Corrosión: 0" (servicio no corrosivo)

DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES			
NUMERO	DESCRIPCION	REV	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO
001	PARA REVISION INTERNA			9/8/2025	DS

REGISTRO DE DISEÑO			
DIBUJANTE	DLGER SELA	FECHA	ESTADO
ING DISEÑO		9/8/2025	
REVISADO		9/8/2025	
ING PROYECTO		9/8/2025	
APROBACION GERAL		9/8/2025	

REGISTRO DE DISEÑO	
DIBUJANTE	DLGER SELA
ING DISEÑO	
REVISADO	
ING PROYECTO	
APROBACION GERAL	



<b>CLIENTE</b>	<b>UPSE</b> UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA
<b>PROYECTO</b>	SISTEMA DE ALIMENTACION GLP- EMPRESA MANTA
<b>DESCRIPCION</b>	PLANO GENERAL
<b>DIBUJO N°</b>	2025-PMID-PETROLEOS
<b>ESCALA</b>	LA INDICADA
<b>HOJA</b>	1-1
<b>REVI</b>	0

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL. PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTOMACION ESCRITA POR LA UPSE.