

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

Diseño e instalación mecánica de red G.L.P., para alimentar calderos en el  
sector camaronero

INGE-2557

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Mecánico**

Presentado por:

Juan José Wong Pagés

Elian Rodrigo Almache Vera

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

## Dedicatoria

---

El presente proyecto se lo dedico a Dios, mis padres, hermanos, tíos y abuelos, quienes fueron parte fundamental de esta etapa de mi vida, y de la persona que actualmente soy. Se lo dedico también a mi hijo que viene en camino y a su madre, Milena, quien me ha enseñado un amor incondicional.

Juan Wong

Dedicado a Dios y a mis padres que me guiaron en todo momento para lograr esta meta con éxito, brindándome su acompañamiento y apoyo incondicional en este camino profesional muy importante para mí el cual no ha sido nada fácil. A mis hermanas, abuelas, tíos y primos por acompañarme en todo el proceso para obtener este logro en mi vida. A mis compañeros y amigos por ser parte del convivir diario.

Elian Almache

## Agradecimientos

---

Primeramente, agradezco a Dios por todas las bendiciones que ha derramado en mi vida, a mis padres quienes me apoyaron incondicionalmente en todo este camino.

A mi abuelito Cucho, que siempre me llenó de risas, anécdotas y enseñanzas de vida. A mi abuelita Letty, que me llenó con su sabiduría, valores y modales.

A mi abuelito Go, mi abuelita Ceci, a mis tíos Rodolfo, Maribel, Raquel y Jessica, por su inquebrantable apoyo y generosidad a lo largo de todas las etapas de mi formación académica y vida. Su constante respaldo y cariño ha sido clave para mi formación académica, profesional y personal.

A todos mis familiares y amigos a quienes les estaré siempre agradecido por su fe en mi potencial y su amor incondicional.

A Milena, por su paciencia, amor, apoyo y sacrificio.

Juan Wong

## Declaración Expresa

---

Nosotros Juan José Wong Pagés y Elian Rodrigo Almache Vera acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 21 de Mayo del 2024.

  
Juan José Wong Pagés

  
Elian Rodrigo Almache  
Vera

## **Evaluadores**

---

**Ángel Diego Ramírez Mosquera, PhD**

Profesor de Materia

---

**Ernesto Rolando Martínez Lozano, MSc**

Profesor Tutor

## Resumen

El presente proyecto integrador busca generar un diseño de red G.L.P que cumpla con los requisitos y normativas para su correcto y eficiente funcionamiento, para ello se hizo uso de las fichas técnicas de los equipos y datos del consumo proporcionados por el cliente. Mediante el estudio y análisis de los datos proporcionados se diseñó el sistema, obteniendo como resultado un sistema más sostenible y rentable que el anterior con el que trabajaba la planta, con este nuevo sistema se puede concluir que se generará significativos ahorros económicos mensualmente, se producirán 16% menos cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> mensualmente, evidenciando así que la combustión del G.L.P, es más limpia, su combustión es baja en carbono, y por lo tanto su uso ayuda a mejorar la calidad del aire y así reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Es importante recalcar que la red centralizada y de distribución de G.L.P. ha sido diseñada en estricto cumplimiento con la normativa INEN 2260:2010, asegurando un funcionamiento seguro y eficiente. Las tuberías, compuestas de Polietileno PE80 y ASTM A53 grado B, están protegidas, señalizadas y soportadas según los estándares establecidos.

**Palabras Clave:** G.L.P, Proyecto Integrador, Ahorro, Emisiones de CO<sub>2</sub>, Red G.L.P.

### ***Abstract***

*The present integrative project aims to design a G.L.P. network that meets the requirements and regulations for its proper and efficient operation. To achieve this, technical specifications of the equipment and consumption data provided by the client were used. Through the study and analysis of the provided data, the system was designed, resulting in a more sustainable and cost-effective system than the one previously used by the plant. With this new system, it can be concluded that significant monthly economic savings will be generated, and there will be a 16% reduction in CO2 emissions each month. This demonstrates that G.L.P. combustion is cleaner, with lower carbon emissions, thus helping to improve air quality and reduce greenhouse gas emissions. It is important to highlight that the centralized and distribution G.L.P. network has been designed in strict compliance with the INEN 2260:2010 regulation, ensuring safe and efficient operation. The pipes, made of PE80 polyethylene and Grade B black steel, are protected, properly labeled, and supported according to established standards.*

*Keywords: G.L.P., integrative project, savings, CO2 emissions, G.L.P. network.*

## Contenido

Resumen .....	vi
Abstract .....	vii
ABREVIATURAS.....	xii
Índice de ilustraciones.....	xiii
Índice de tablas .....	xvi
Apéndices .....	xvii
Capítulo 1 .....	1
1.1  Introducción .....	2
1.2  Descripción del Problema.....	2
1.3  Justificación del problema .....	2
1.4  Objetivos.....	3
1.4.1  Objetivo General.....	3
1.4.2  Objetivos Específicos.....	3
1.5  Marco teórico .....	3
1.5.1  Propiedades del Gas Licuado de Petróleo (G.L.P) .....	8
1.5.2  Usos y aplicaciones del G.L.P, .....	10
1.5.3  Normativas, códigos y aspectos legales .....	10
Capítulo 2 .....	14
2.    Instalación industrial de G.L.P,.....	15
2.1  Clasificación de instalaciones de almacenamiento G.L.P, .....	21
2.2  Metodología .....	22
2.3  Análisis situación actual .....	23
2.4  Análisis del plano de planta proporcionado por el cliente.....	23

2.5	Análisis del consumo total de los equipos .....	24
2.6	Vaporización .....	24
2.6.1	Determinación de la vaporización .....	25
2.7	Autonomía.....	29
2.8	Alternativas de diseño.....	30
2.9	Matriz de decisión .....	30
2.10	Diseño de red G.L.P, en base al plano.....	31
2.11	Cálculo de área (distancias mínimas de seguridad en el cerramiento) .....	31
2.12	Cálculo de diámetros de tuberías.....	32
2.12.1	Cálculo de tuberías a través de ecuaciones de Renouard .....	33
2.13	Accesorios y partes de una instalación G.L.P, .....	34
2.13.1	Tren de regulación.....	34
2.13.2	Reguladores.....	35
2.13.3	Válvulas .....	36
2.13.4	Flexibles.....	36
2.13.5	Aparatos de consumo.....	37
2.13.6	Sistema de enfriamiento.....	37
2.14	Diseño de la red en Cad .....	37
2.15	Consumo de G.L.P, vs Diesel .....	38
	Capítulo 3 .....	39
	análisis de consumo de equipos .....	40
3.	Resultados de Vaporización y autonomía.....	41
3.1	Cálculo de área (distancias mínimas de seguridad en el cerramiento) .....	44

3.2	Cálculo de diámetros de tuberías.....	46
3.3	Tubería de consumo.....	50
3.3.1	Tramo tanques- regulador de primera etapa.....	50
3.3.2	Tramo A-B.....	51
3.3.3	Tramo B-B1.....	52
3.3.4	Tramo B1-C; C-E1; C-D; D-E2; D-E; E-E3; E-F; F-E4.....	52
3.3.5	Tramo B-B2.....	53
3.3.6	Tramo B2-G.....	54
3.3.7	Tramo G-I; I-E5; I-J; J-E6; J-E7.....	55
3.3.8	Tramo G-K.....	56
3.3.9	Tramo K-L; L-E8; L-E9.....	56
3.3.10	Tramo K-K1.....	57
3.3.11	Tramo K1-M; M-E10; M-E11.....	57
3.4	Accesorios seleccionados.....	58
3.4.1	Válvulas.....	58
3.4.2	Reguladores.....	59
3.4.3	Filtros.....	61
3.5	Trenes de regulación.....	62
3.6	Diseño de red.....	65
3.7	Sistema de enfriamiento.....	66
3.8	Análisis del consumo G.L.P, vs el sistema anterior (Diesel).....	66
3.9	Eficiencia.....	67
4.	Capítulo 4.....	68

4.1	Conclusiones y recomendaciones.....	69
4.1.1	Conclusiones.....	69
4.1.2	Recomendaciones .....	71
	Referencias .....	73
	Apéndices .....	77

**ABREVIATURAS**

**G.L.P.**, Gas licuado de petróleo.

## Índice de ilustraciones

<b>Ilustración 1</b> Evolución de la demanda de energía .....	4
<b>Ilustración 2</b> Demanda de energía.....	5
<b>Ilustración 3</b> Consumo de energía por sector .....	6
<b>Ilustración 4</b> Consumo de energía por sector .....	6
<b>Ilustración 5</b> Consumo de energía por sector .....	7
<b>Ilustración 6</b> Consumo de energía por sector .....	7
<b>Ilustración 7</b> Diagrama de instalación industrial del G.L.P, .....	15
<b>Ilustración 8</b> Componentes principales del tanque G.L.P, .....	16
<b>Ilustración 9</b> Válvula de llenado .....	17
<b>Ilustración 10</b> Indicador de nivel .....	17
<b>Ilustración 11</b> Indicador de nivel .....	18
<b>Ilustración 12</b> Válvula de alivio.....	18
<b>Ilustración 13</b> Multiválvulas.....	19
<b>Ilustración 14</b> Válvula check lock.....	20
<b>Ilustración 15</b> Válvula de salida de líquido para vaporizador .....	21
<b>Ilustración 16</b> Esquema de la metodología.....	22
<b>Ilustración 17</b> Esquema del volumen útil de almacenamiento de G.L.P,.....	27
<b>Ilustración 18</b> Distancias mínimas de seguridad .....	32
<b>Ilustración 19</b> Tren de regulación doble.....	34
<b>Ilustración 20</b> Regulador .....	35
<b>Ilustración 21</b> Válvulas.....	36
<b>Ilustración 22</b> Manguera prensada .....	36

<b>Ilustración 23</b> Manguera Pigtail.....	37
<b>Ilustración 24</b> Área de tanques .....	45
<b>Ilustración 25</b> Diámetro de tuberías .....	46
<b>Ilustración 26</b> Ubicaciones de tuberías junto a su velocidad.....	48
<b>Ilustración 27</b> Diámetros de tuberías .....	49
<b>Ilustración 28</b> Tanques - regulador de primera etapa.....	50
<b>Ilustración 29</b> Tubería enterrada tramo A-B .....	51
<b>Ilustración 30</b> Tubería enterrada tramo B-B1 .....	52
<b>Ilustración 31</b> Tramos del B1-C al F-E4 .....	52
<b>Ilustración 32</b> Tramo B-B2.....	53
<b>Ilustración 33</b> Tramo B2-G .....	54
<b>Ilustración 34</b> Tramo de G-I a J-E7 .....	55
<b>Ilustración 35</b> Tramo G-K.....	56
<b>Ilustración 36</b> Tramo K-L al L-E9 .....	56
<b>Ilustración 37</b> Tramo K-K1 .....	57
<b>Ilustración 38</b> Tramo de K1-M al M-E11 .....	57
<b>Ilustración 39</b> Válvula de cierre rápido.....	58
<b>Ilustración 40</b> Dival 600 Pietro Fiorentini.....	60
<b>Ilustración 41</b> Dival 512 Pietro Fiorentini.....	61
<b>Ilustración 42</b> Filtro 2" de Pietro Fiorentini.....	62
<b>Ilustración 43</b> Filtro 1 1/2" de Pietro Fiorentini.....	62
<b>Ilustración 44</b> Tren de regulación de primera etapa.....	63
<b>Ilustración 45</b> Tren de regulación de segunda etapa para equipos .....	64

<b>Ilustración 46</b>	Tren de regulación de segunda etapa para equipos 10 y 11 .....	64
<b>Ilustración 47</b>	Tren de regulación de segunda etapa para los equipos 1, 2, 3 y 4.....	65

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Principales características físicas, químicas y térmicas del G.L.P, .....	9
<b>Tabla 2</b> Clasificación de tanques de almacenamiento G.L.P, .....	22
<b>Tabla 3</b> Ubicación de los equipos.....	23
<b>Tabla 4</b> Equipos de consumo .....	24
<b>Tabla 5</b> Superficie de tanques .....	26
<b>Tabla 6</b> Valores de K .....	26
<b>Tabla 7</b> Valores de Q .....	28
<b>Tabla 8</b> Valores de $T_i$ .....	28
<b>Tabla 9</b> Alternativas de diseño .....	30
<b>Tabla 10</b> Matriz de decisión.....	30
<b>Tabla 11</b> Puntajes para la matriz de decisión.....	31
<b>Tabla 12</b> Consumo de galones por hora de los quemadores a diésel .....	40
<b>Tabla 13</b> Conversión del sistema diesel a glp .....	41
<b>Tabla 14</b> Parámetros de entrada de las variables.....	41
<b>Tabla 15</b> Configuración de tanques .....	42
<b>Tabla 16</b> Autonomía por tiempo del tanque.....	42
<b>Tabla 17</b> Análisis de consumo diésel con 2 quemadores R1 100 más .....	43
<b>Tabla 18</b> Conversión de diésel a Glp del nuevo requerimiento de ampliación.....	43
<b>Tabla 19</b> Configuración de vaporización de tanques.....	44
<b>Tabla 20</b> Válvulas de bola consideradas .....	59
<b>Tabla 21</b> Conversión y comparativo.....	66

## Apéndices

<b>Apéndice A</b> Hoja de seguridad de Eni .....	77
<b>Apéndice B</b> Quemadores a Diésel.....	81
<b>Apéndice C</b> Hoja de loja Gas.....	83
<b>Apéndice D</b> Cálculo de Vaporización .....	85
<b>Apéndice E</b> Cálculos de autonomía .....	89
<b>Apéndice F</b> Cálculo de diámetros de tuberías mediante la ecuación de Renouard para altas presiones .....	92
<b>Apéndice G</b> Ficha técnica de reguladores .....	101
<b>Apéndice H</b> Ficha técnica de filtros .....	106
<b>Apéndice I</b> Cálculos para la conversión a G.L.P. ....	111
<b>Apéndice J</b> Tabla de precios.....	116
<b>Apéndice K</b> Especificaciones de mantenimiento para la red G.L.P.....	118
<b>Apéndice L</b> Tuberías.....	118
<b>Apéndice M</b> Equipos de consumo .....	119
<b>Apéndice N</b> Vaporización.....	119
<b>Apéndice O</b> Área de calderos 1 .....	120
<b>Apéndice P</b> Sistema de enfriamiento plano.....	120
<b>Apéndice Q</b> Área de Seguridad .....	121
<b>Apéndice R</b> Planos - Red General.....	121
<b>Apéndice S</b> Área de Calderos 2 .....	122
<b>Apéndice T</b> Presupuesto del Proyecto.....	123

## **CAPÍTULO 1**

## **1.1 Introducción**

El Gas Licuado de Petróleo (G.L.P.) desempeña una función esencial en el sector industrial ecuatoriano, siendo una fuente energética versátil y eficaz que impulsa diversos procesos industriales. Su atractivo radica en su costo competitivo, a raíz de la eliminación del subsidio del diésel, su poder calorífico, su facilidad de almacenamiento y distribución, todo esto lo convierte en una opción preferida por las empresas del país. Además, su reducido impacto ambiental en relación con otros combustibles fósiles contribuye a los objetivos de sostenibilidad de numerosas industrias. En un contexto donde se valora cada vez más la independencia energética, el G.L.P. representa una alternativa, ya sea de producción nacional o importada, que refuerza la autonomía energética de Ecuador, garantizando un suministro confiable para las actividades industriales en todo el territorio.

## **1.2 Descripción del Problema**

El estudio se centra en la transición de un sistema de calderas a Diesel hacia un sistema más eficiente y sostenible, sustituyendo los quemadores a Diesel por quemadores G.L.P. Este cambio no solo reduce los costos de mantenimiento, sino que también minimiza la generación de residuos. El proyecto abarca el diseño de una red industrial mecánica de G.L.P. para garantizar el suministro adecuado a calderas de G.L.P. contribuyendo así a la optimización de los procesos industriales y a la preservación del medio ambiente.

## **1.3 Justificación del problema**

El uso de una red de gas licuado de petróleo (G.L.P) es altamente beneficioso debido a su eficiencia energética, menores emisiones contaminantes, y versatilidad en aplicaciones

domésticas, industriales y comerciales. Además, su infraestructura es segura, su disponibilidad y accesibilidad son amplias, y sus costos son competitivos. El G.L.P, fomenta la economía local, puede complementar energías renovables, y su implementación es relativamente rápida, contribuyendo así al desarrollo sostenible y a la mejora de la calidad de vida.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo General***

Diseñar una red industrial mecánica G.L.P, para alimentar calderas en el sector camaronero.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

1. Diseñar y construir la red G.L.P, de acuerdo con la normativa NTE INEN 2260, asegurando el cumplimiento de todos los requisitos legales y de seguridad.
2. Seleccionar y especificar todos los componentes mecánicos necesarios para la red de G.L.P, garantizando su compatibilidad y eficiencia.
3. Realizar un análisis comparativo de los costos y la eficiencia entre el antiguo sistema de Diesel y el nuevo sistema de G.L.P.

## **1.5 Marco teórico**

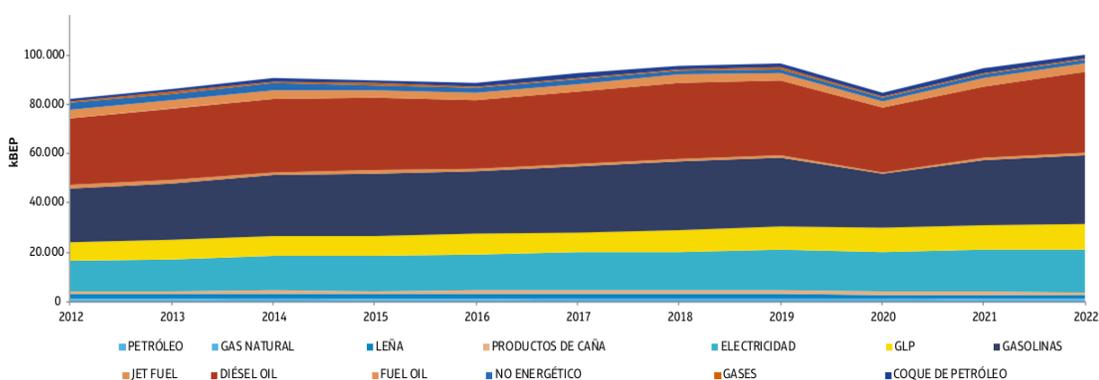
La presente investigación abordará el tema del Gas Licuado de Petróleo (G.L.P,) y su relevancia en diversas aplicaciones industriales. Para comprender de manera integral este tema, se incluirá un marco teórico que analizará los fundamentos del G.L.P, su proceso de producción, características físico-químicas, así como su uso en diferentes sectores industriales. Este marco teórico servirá como base sólida para contextualizar y analizar los resultados obtenidos en el

estudio, proporcionando una comprensión profunda de la importancia del G.L.P, en el contexto industrial ecuatoriano.

La energía desempeña un papel crucial en la economía, el medio ambiente y el bienestar de la población, siendo fundamental para el desarrollo de Ecuador. La relevancia de la energía en el ámbito industrial se evidencia en la requerida disponibilidad de fuentes energéticas confiables y eficientes para estimular la actividad productiva. El Gas Licuado de Petróleo (G.L.P.), al ser una fuente energética adaptable, efectiva y respetuosa del entorno, juega un rol fundamental en el ámbito industrial al cumplir con estas necesidades energéticas y favorecer la ejecución eficiente y sostenible de una variedad de operaciones industriales. La planificación energética requiere datos precisos para tomar decisiones informadas. El Balance Energético Nacional proporciona una visión detallada del sistema energético del país, incluyendo el período de 2012 a 2022. Durante este tiempo, la población aumentó un 15,9% y el PIB creció un 10,5%. Además, se observó una recuperación del 7,3% en el PIB en 2022 tras la caída causada por la pandemia de Covid19.

### Ilustración 1

#### *Evolución de la demanda de energía*



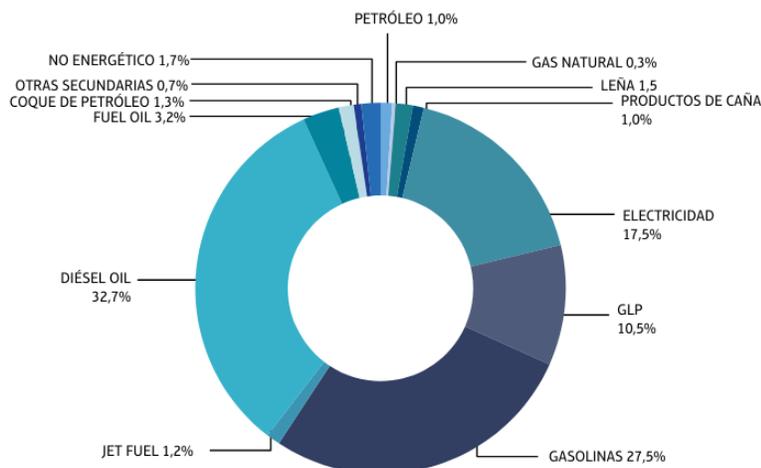
*Nota.* La figura muestra la evolución de la demanda de energía de Sopeña (2001).

Analizando la ilustración 1 se tiene datos sobre el petróleo, el cual, en el año 2022, registró una disminución del 2,5% en su demanda en comparación con el año 2021. Sin embargo, se observaron aumentos significativos en la demanda de jet fuel, con un incremento del 60,5%, así como en la demanda de gasolinas con un aumento del 4,3%, diésel oíl con un aumento del 12,1%, electricidad con un aumento del 3,4%, y G.L.P, con un aumento del 6,1% con respecto al año anterior.

Separando esta información notamos que, entre los combustibles, el G.L.P, destacó con un aumento del 6,1% en su demanda en 2022 respecto al año anterior. Por otro lado, en el contexto de demanda energética por fuente, en 2022 el diésel oíl representó 32,7% del total de energía consumida en el país, mientras que las gasolinas significaron 27,5%, la electricidad 17,5% y el G.L.P, 10,5%, tal como se puede observar en la ilustración 2.

## Ilustración 2

### Demanda de energía



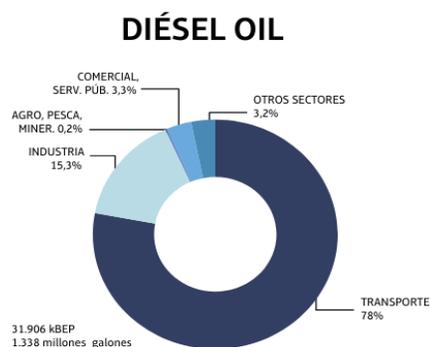
*Nota.* La figura muestra las demandas existentes de energía, Sopeña (2001).

A continuación, se muestran las principales fuentes de energía con mayor porcentaje de demanda obtenidas en el año 2022 con sus respectivos porcentajes en los diferentes sectores

aplicados, la ilustración 3 muestra el consumo de energía del Diesel oíl, la ilustración 4 el de las gasolinas, la ilustración 5 el de la electricidad y la ilustración 6 el del G.L.P.

### Ilustración 3

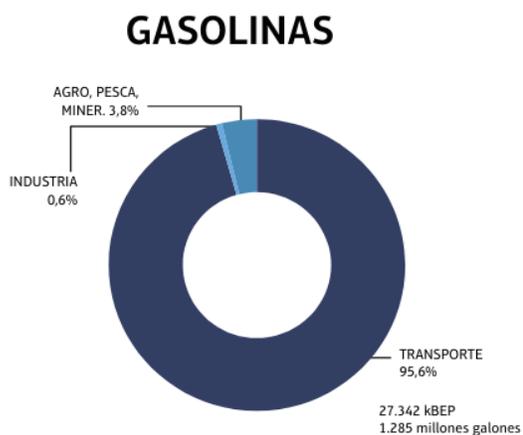
*Consumo de energía por sector*



*Nota.* La figura muestra el consumo de energía por sector de Diesel Oíl, Sopeña (2001).

### Ilustración 4

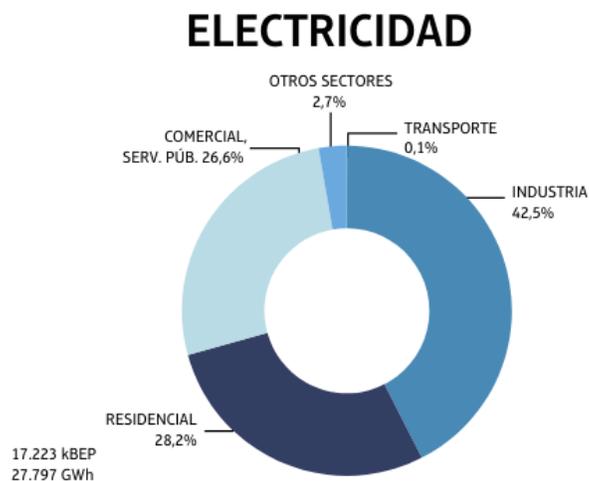
*Consumo de energía por sector*



*Nota.* La figura muestra el consumo de gasolina por sector, Sopeña (2001).

## Ilustración 5

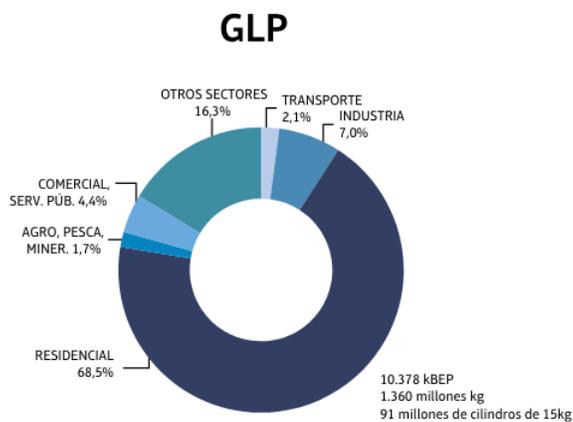
### Consumo de energía por sector



*Nota.* La figura muestra el consumo de electricidad por sector, Sopeña (2001).

## Ilustración 6

### Consumo de energía por sector



*Nota.* La figura muestra el consumo de energía por sector G.L.P, Sopeña (2001).

### ***1.5.1 Propiedades del Gas Licuado de Petróleo (G.L.P)***

El Gas Licuado de Petróleo (G.L.P) es una combinación de hidrocarburos ligeros, predominantemente propano y butano, obtenidos ya sea del proceso de extracción de gas natural o de la refinación del petróleo crudo. Este combustible, caracterizado por su alta pureza de hidrocarburos, posee un impacto ambiental reducido. Su versatilidad lo hace adecuado tanto para el uso como combustible en vehículos a G.L.P, como para la combustión en una variedad de aplicaciones, incluyendo usos domésticos, agrícolas e industriales.

Además, bajo condiciones normales de temperatura y presión, el G.L.P, se encuentra en estado gaseoso, pero puede ser licuado y almacenado en recipientes sellados bajo temperaturas y presiones moderadas, lo que facilita enormemente su transporte y manipulación, al reducir su volumen significativamente. Esta característica lo convierte en una opción práctica y conveniente para una amplia gama de aplicaciones industriales y comerciales. (Lopez, 2001)

En el apéndice A, se encuentra la respectiva hoja de seguridad del G.L.P, usada por la empresa ENI ECUADOR, en ella se tiene las especificaciones técnicas del G.L.P, comercializado y utilizado a nivel nacional y específicamente utilizado en la empresa camaronera de Santa Elena.

Entre las características principales, físicas, químicas y térmicas del G.L.P, se tienen las siguientes mostradas en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Principales características físicas, químicas y térmicas del G.L.P,*

Densidad relativa	Propano comercial: 1.5 Butano comercial: 2.01
Corrosión	Son materiales comúnmente usados en construcciones debido a que no corroe al cobre, sus aleaciones o al acero.
Toxicidad	Debido a su composición (propano y butano) no son considerados tóxicos.
Olor y color	Es inoloro e incoloro en su estado natural, es por ello que por seguridad se agrega odorizante a base de mercaptano para que pueda ser detectado su olor de manera que se puedan detectar fugas.
Contaminación	Su combustión 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 es baja en carbono, por lo que su uso ayuda a mejorar la calidad del aire y así reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. No emite partículas de hollín por lo que no contribuye al calentamiento global, además genera menos emisiones de CO <sub>2</sub> que el carbón, gasolina y diésel.
Presión de vapor	La huella de carbono que deja el G.L.P, es 20% inferior a la del diésel y 50% menos que la del carbón. (GasPais, 2024) La presión es directamente proporcional a la temperatura. Esta es la parte más importante, ya que una mayor temperatura implica una mejor vaporización, que es lo que facilita el movimiento del G.L.P, a través de tuberías hacia los equipos de consumo.
Inflamabilidad	Para que pueda llevarse a cabo la combustión ésta debe estar mezclada de cierta forma que no sea menor de su “límite mínimo de inflamabilidad”, ni mayor que su “límite máximo de inflamabilidad”. Para el propano su límite inferior (%) de inflamabilidad es de 2.2 y el límite superior (%) es de 9.5, mientras que para el butano es 1.9 y 8.5 respectivamente. (Gasnova, 2021)

*Nota.* Tabla de principales características físicas, químicas y térmicas del G.L.P.

Las mezclas de propano (c3) y butano (c4) comúnmente utilizadas por las comercializadoras del país poseen una proporción que oscila entre 70/30 y 60/40.

### ***1.5.2 Usos y aplicaciones del G.L.P,***

El G.L.P, presenta una gran cantidad de aplicaciones, siendo su mayor aplicación en la zona residencial, seguido de procesos industriales o servicios, transporte, sector agro, pesca y minería entre otras aplicaciones, además lo versátil y sustentable que este es, le permite ser una fuente de energía ideal para combinarse con energías alternativas, como lo son la energía eólica y la energía solar.

A nivel mundial según la Asociación Mundial del Gas Licuado de Petróleo (WLPGA), en el año 2019 la producción global de G.L.P, alcanzó aproximadamente 330 millones de toneladas, mientras que su consumo rondó los 318 millones de toneladas, siendo la calefacción y la cocción de alimentos sus principales usos. A nivel internacional sus principales mercados radican en siete grandes regiones, siendo Asia, Oceanía, Norteamérica y Europa las más importantes, seguidas de Latinoamérica, que representa cerca del 12% del consumo mundial. China lidera el consumo en Asia y Oceanía, con alrededor del 9% del total global, seguida por Japón. Estados Unidos y Canadá, que solían tener el mercado más grande, han sido superados por Asia y Oceanía en los últimos años, debido al crecimiento económico, especialmente en China, y a la crisis económica en América del Norte. (GasPais, 2024)

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

Es esencial considerar todos los aspectos legales y normativa vigente para la instalación y operación de sistemas centralizados de G.L.P, en Ecuador. Se expondrán las principales leyes, decretos ejecutivos, acuerdos ministeriales, y normativas existentes hasta la fecha. La Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) es el organismo encargado de regular y fiscalizar las actividades relacionadas con la industria hidrocarburífera. En el caso de

instalaciones centralizadas de G.L.P, se destacan el Acuerdo Ministerial No. 116 que hace referencia al mantenimiento de tanques estacionarios y el acuerdo ministerial No. 53 el cual en el capítulo 3 de este se indican los procedimientos para obtener la autorización de operación de las instalaciones. La ARCH es la única entidad autorizada para aprobar la operación de instalaciones de G.L.P., Se requiere una serie de documentos y certificaciones para obtener esta autorización, incluyendo la memoria técnica del proyecto y los certificados de cumplimiento con normativas técnicas.

La normativa ecuatoriana existente se basa en estándares internacionales adaptados a la realidad local para garantizar la seguridad y el funcionamiento óptimo de los sistemas de G.L.P.

La norma técnica ecuatoriana que actualmente está vigente es la NTE INEN 2260:2010, la cual se publicó en el registro Oficial 111 en enero del 2010.

Esta norma contiene todos los requisitos técnicos y a la vez las distancias mínimas de seguridad que se requieren al momento de diseñar o revisar una instalación G.L.P. Contiene también los requerimientos mínimos del lugar donde se encuentren o encontrarán ubicados los dispositivos de consumo de G.L.P, y sus condiciones para su recorrido incluyendo tubería y accesorios. (NTE INEN (2260), 2010).

Otras normas como la NTE INEN 2261 la y la NTE INEN 2494 también se ven involucradas en el tema del G.L.P, la NTE INEN 2261 que establece requerimientos para el cálculo de diseño de tanques, y la NTE INEN 2494 que dicta los requisitos mínimos de seguridad a cumplirse en un sistema de distribución de gases.

En cuanto a códigos se tiene el de AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME), el cuál en la sección VIII, posee normativas de cómo se tienen que

diseñar los tanques G.L.P, mientras que las normas API van dirigidas para el mantenimiento de tanques a presión.

La organización norteamericana NFPA también es considerada para temas de G.L.P, con el código nacional del gas combustible NFPA 54 y el código de gas licuado de petróleo NFPA 58.

### **1.5.3.1 Obtención de Permisos.**

Es crucial cumplir con las disposiciones legales y técnicas para obtener el permiso de operación de G.L.P, por parte del Cuerpo de Bomberos y la autorización de la ARCH.

Se detallan una serie de pasos necesarios, desde la factibilidad hasta el permiso definitivo, que deben seguirse para obtener la aprobación del proyecto por parte del Cuerpo de Bomberos y la inspección final, cabe recalcar que cada cuerpo de bombero dependiendo de la zona donde se encuentre tendrá sus requerimientos necesarios para validar la una instalación centralizada de G.L.P. En este caso, este proyecto está regido bajo la supervisión de bomberos de Santa Elena.

Además de que cumpla las normativas, se debe entregar al cuerpo de bomberos de la zona los planos de la instalación, la memoria técnica y la solicitud de servicio.

Una vez entregado estos requerimientos, el cuerpo de bomberos de la zona procede a realizar una inspección de factibilidad en el lugar a realizarse la instalación y posteriormente verificar el cumplimiento de normativas y códigos en el diseño del plano, en caso de que no haya novedad procederá a dar el visto bueno para llevar a cabo la instalación. Como parte final de parte de bomberos, una vez realizada la instalación G.L.P, bomberos realizará la inspección final para dar el permiso definitivo.

Finalmente, la ARCH debe emitir la autorización de operación, por lo que la comercializadora de G.L.P, del proyecto, debe encargarse del registro de dicho proyecto en la ARCH.

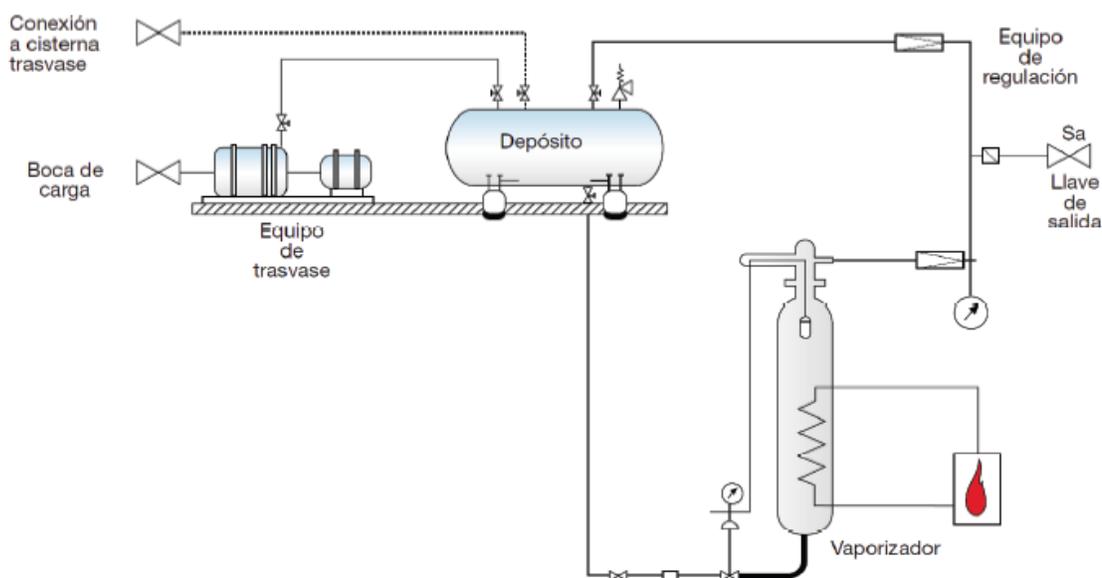
## **CAPÍTULO 2**

## 2. Instalación industrial de G.L.P.

Una instalación industrial de G.L.P, está conformada por una serie de elementos, ya sea en su totalidad o en parte, que aseguran el funcionamiento eficaz y seguro de una instalación industrial de G.L.P, como se ilustra en la ilustración 7.

### Ilustración 7

*Diagrama de instalación industrial del G.L.P,*

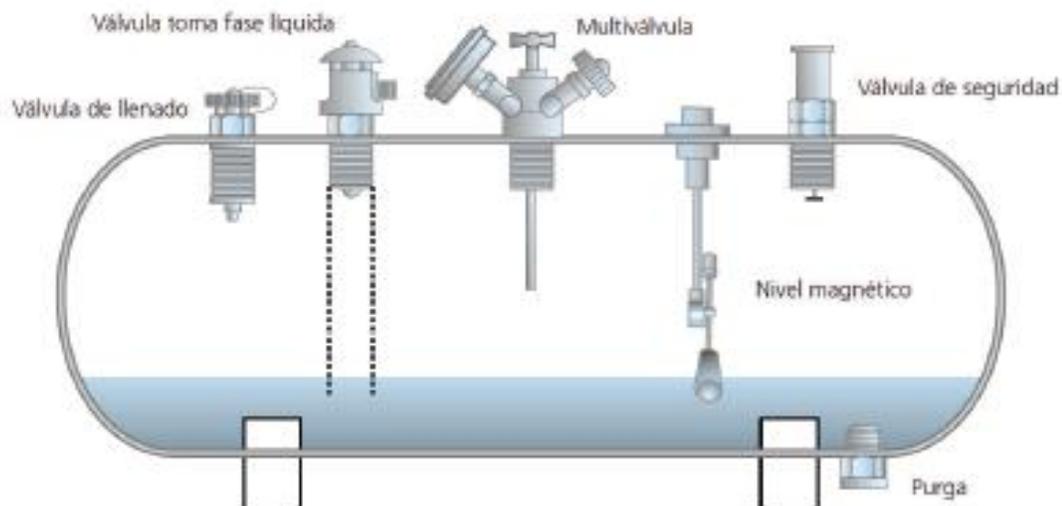


*Nota.* La figura muestra el diagrama de instalación industrial del G.L.P. Gasnova (2021).

En cuanto a los depósitos por lo general se tiene la siguiente configuración de componentes de los tanques como se aprecia en la ilustración 8:

## Ilustración 8

### *Componentes principales del tanque G.L.P,*



*Nota.* La figura muestra los componentes principales del tanque G.L.P, Gasnova (2021).

Entre los elementos principales se incluyen:

- a) **Válvula de llenado:** Una boca de carga equipada con una doble válvula antirretorno que impide la salida hacia el exterior, por lo que solo permite el ingreso, es decir en un solo sentido. Esta permite conectar la manguera que viene desde el autotanque para poder cargar el tanque.

### **Ilustración 9**

#### *Válvula de llenado*



*Nota.* La figura muestra la válvula de llenado, fuente propia.

- b) Indicador de nivel: Un indicador de nivel que permite una medición continua y lectura directa, utilizando tecnología magnética o una galga rotativa. Por lo general se componen de un flotador que se mueve en la medida que tenga un nivel de líquido y lo registra en el indicador o Dial ubicado en la parte superior.

### **Ilustración 10**

#### *Indicador de nivel*



*Nota.* La figura muestra el indicador de nivel, Industrias (2022).

### **Ilustración 11**

#### *Indicador de nivel*



Nota. La figura muestra el indicador de nivel, fuente propia.

- c) Válvula de alivio: Una válvula de seguridad conectada a fase gaseosa que se activa en caso de exceso de presión para mantener de manera segura el equipo. Todos los tanques deben contar con estas válvulas y su cantidad o capacidad depende de la capacidad de almacenamiento de los tanques utilizados.

### **Ilustración 12**

#### *Válvula de alivio*



Nota. La figura muestra la válvula de alivio, fuente propia.

- d) **Multiválvulas:** Una toma de la fase gaseosa, provista de una válvula de exceso de flujo y una llave de corte manual. El exceso de flujo o grifo de máximo nivel permite mediante el accionamiento poder controlar cual es el punto máximo de llenado en el momento que estamos suministrando con G.L.P, el tanque. Se da apertura al grifo y al momento que comience a salir G.L.P, en fase líquida conoceremos que se ha llegado a su máximo nivel.

Otra parte de la multiválvulas es la válvula de servicio que permite obtener el G.L.P, en fase gaseosa para poder llevarlo al sistema de distribución que van hacia los equipos que consumen G.L.P, y otra válvula que es de retorno, que puede ser usada como válvula de retorno de vapor, adicionalmente tiene un punto de conexión para toma de presión, que me permite conocer la presión que mantiene el tanque en su interior.

### **Ilustración 13**

#### *Multiválvulas*



*Nota.* La figura muestra la multiválvulas, fuente propia.

- e) **Válvula check lock o válvula de toma fase líquida:** permite sustraer o retirar el producto en fase líquida, en su interior posee un tubo que va hasta el fondo del tanque, el cual

permite poder extraer el producto en fase líquida a través de un activador ubicado en la parte superior.

#### **Ilustración 14**

*Válvula check lock*



*Nota.* La figura muestra la válvula Check Out, fuente propia.

- f) Purga: Un sistema de drenaje en un extremo de la parte inferior del depósito que sirve para extraer líquido y hacer el drenaje para los procesos de mantenimiento del tanque. También sirve para extraer líquido ya sea porque lo necesitamos en la operación, o para llevarlo a un equipo como es el caso de los vaporizadores para realizar la vaporización de manera artificial. Posee una válvula de exceso de flujo que permite controlar la salida de líquido y en caso de que exceda la cantidad de líquido para la cual está diseñada se bloquea, evitando así algún accidente por salida de flujo no controlada.

### **Ilustración 15**

*Válvula de salida de líquido para vaporizador*



*Nota.* La figura muestra la válvula de salida de líquido para vaporizador, fuente propia.

#### **2.1 Clasificación de instalaciones de almacenamiento G.L.P,**

En la normativa ecuatoriana NTE INEN 2260:2010 se indican como se clasifican las instalaciones, en la cual se tiene 3 apartados:

- a) Baterías de cilindro de 15kg
- b) Baterías de cilindro de 45 kg
- c) Tanques de almacenamiento G.L.P, de acuerdo con sus volúmenes geométricos, dividiéndose de la siguiente manera como se observa en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Clasificación de tanques de almacenamiento G.L.P.,*

TANQUES			
NIVEL DEL TERRENO		ENTERRADOS O SEMIENTERRADOS	
CLASIFICACIÓN	m3	CLASIFICACIÓN	m3
A-A	0,11-1	E-E	0,11-1
A-0	1-5	E-0	1-5
A-1	5-10	E-1	5-10
A-2	10-20	E-2	10-100
A-3	20-100	E-3	100-700
A-4	100-500		
A-5	500-2000		

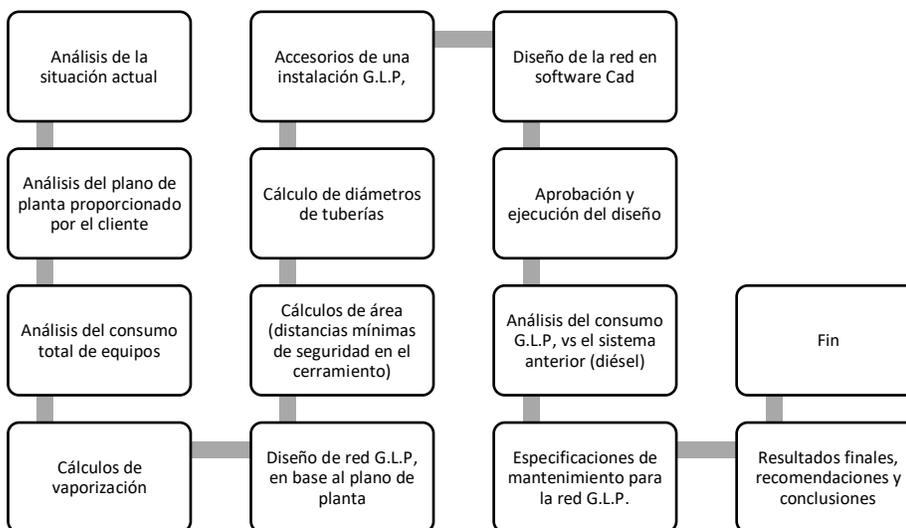
*Nota.* Información obtenida de NTE INEN (2010).

## 2.2 Metodología

A continuación, se presenta el esquema de la metodología a realizarse en este proyecto:

### Ilustración 16

*Esquema de la metodología*



*Nota.* La figura muestra el esquema a seguir dentro de la investigación, fuente propia.

### 2.3 Análisis situación actual

Actualmente la empresa camaronera cuenta con 11 calderas, las cuales poseían quemadores a diésel, y están en transición a quemadores G.L.P. Los quemadores por utilizarse serán 9 quemadores RIELLO RS5 160 ÷ 330 kW y 2 quemadores RIELLO RS 100/M 829 T80. En la sección de apéndices B se adjuntan los catálogos de los quemadores G.L.P.

**Tabla 3**

*Ubicación de los equipos*

Sección	Descripción	Cantidad
Área de calderos	RS 100/M 829 T80 220/60Hz 150/700-1340 kw	2
Área de calderos	GULLIVER RS5F 1/220-60Hz 160 ÷ 330 kw	9

*Nota.* Los datos son fuente propia.

Para realizar el análisis, inicialmente se toma datos en campo junto al cliente, analizando las ubicaciones de las calderas y escogiendo el lugar conjuntamente al cliente de donde podrían ser ubicados los tanques, en base a eso y con el plano de la planta camaronera se procede a realizar el plano del área del tanque.

### 2.4 Análisis del plano de planta proporcionado por el cliente

En este caso el cliente proporcionó el plano de la planta camaronera, en ella podemos ver las ubicaciones de los calderos y las posibles ubicaciones del área de tanques G.L.P, en conjunto al cliente se definen espacios donde puedan ser ubicadas las bombonas de G.L.P.

## 2.5 Análisis del consumo total de los equipos

**Tabla 4**

*Equipos de consumo*

Equipos de Consumo			
Descripción	Cantidad	Consumo Unitario [Btu/h]	Consumo Total [Btu/h]
RS 100/M 829 T80 220/60Hz 150/700-1340 kw	2	3480384,84	6960769,68
GULLIVER RS5F 1/220-60Hz 160 ÷ 330 kw	9	1126006,86	10.134.061,74
		Subtotal	17.094.831,42
		Factor de Simultaneidad	0.75
		Total	12.821.123,57

*Nota.* Los datos son fuente propia.

La tabla 4 muestra los equipos previamente mencionados con su capacidad total de consumo en Btu/h utilizando un factor de simultaneidad de 0.75, siendo “1” el escenario en el cual hace referencia al caso en que todos los equipos se encuentren en funcionamiento en su máxima capacidad al mismo tiempo. Para el posterior cálculo se debe cumplir que el valor total obtenido de la capacidad de demanda de los equipos debe ser menor que la capacidad de vaporización de los tanques a instalar para que el sistema pueda funcionar adecuadamente, en el capítulo 3 se analiza el consumo de los quemadores a diésel anteriores.

## 2.6 Vaporización

La vaporización hace referencia al proceso mediante el cual el propano líquido contenido en el depósito cambia de fase líquida a gaseosa. Este fenómeno se da al extraer gas del depósito ya que al suceder esto la presión interna se reduce y se rompe el estado de equilibrio de la fase

líquida y gaseosa, por lo que comienza la vaporización al momento en el que el líquido absorbe calor del entorno buscando mantener la presión constante para nuevamente llegar al equilibrio.

La capacidad de un tanque para vaporizar dependerá del diámetro de éste y su superficie en contacto con el líquido, también de otros factores como la temperatura ambiente de la zona en que esté ubicados, temperaturas cálidas favorecen la vaporización de los tanques, otro factor es el tipo de G.L.P, que sea utilizado. A continuación, se mencionan puntos clave para una mejor vaporización.

- A mayor superficie exterior de un depósito se tendrá mayor vaporización natural.
- A mayor superficie mojada por el líquido, mayor vaporización.
- A mayor temperatura exterior, mayor vaporización.
- A mayor temperatura del G.L.P, mayor vaporización.

### **2.6.1 Determinación de la vaporización**

El cálculo de la vaporización que está dada por la siguiente Ec 1:

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

Donde S es la superficie total del depósito; a continuación, se presenta una tabla de superficies de tanques comúnmente utilizados en el país.

**Tabla 5***Superficie de tanques*

<b>Volumen de tanque G.L.P, (m3)</b>	<b>Marca</b>	<b>Superficie por tanque (m2)</b>
0,454	TRINITY	3,601
0,946	TRINITY	6,132
1,893	TRINITY	9,804
3,785	TRINITY	16,866
7,57	ARCOSA	24,307
10,17	B&T	28,903
20	ACERO LOS ANDES	61,575

*Nota.* Datos con fuente propia.

K es un factor que permite determinar aproximadamente la superficie mojada en función del porcentaje de llenado y tiene los siguientes valores dependiente del porcentaje de llenado a escoger para el diseño del tanque, por lo general las comercializadoras del país toman el valor de K en base a un porcentaje mínimo de llenado entre 30 a 40%.

**Tabla 6***Valores de K*

<b>% de llenado</b>	<b>K</b>
10	0.26
20	0.34
30	0.4
40	0.45

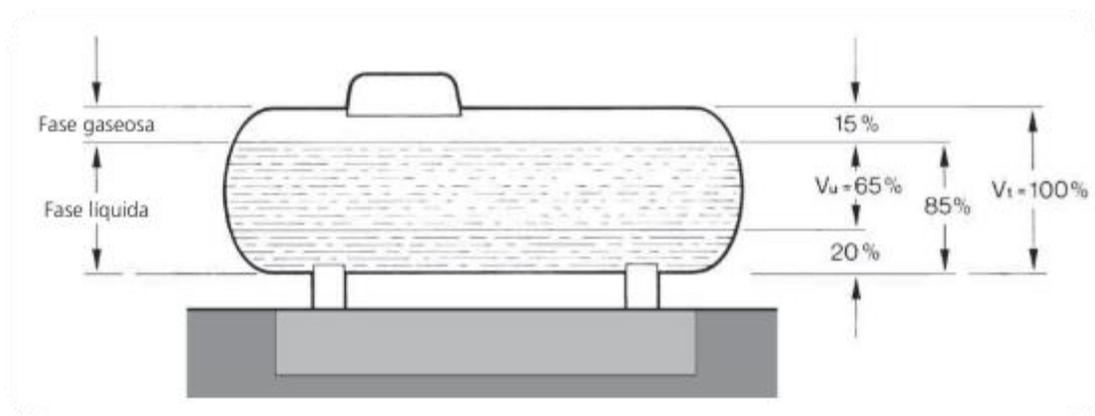
*Nota.* Datos obtenidos Depositos fijos de GLP, 2008.

Es importante tener en cuenta que el nivel máximo de llenado de los tanques de un depósito es del 85% de la capacidad de estos a 20°C. Por el contrario, el mínimo de nivel de un

tanque no debería bajar de un 20% de su capacidad geométrica, en base a esto podríamos decir que un 65% de su volumen nominal será el volumen útil como se aprecia en la ilustración 10.

### Ilustración 17

*Esquema del volumen útil de almacenamiento de G.L.P,*



*Nota.* La figura muestra el esquema del volumen útil de almacenamiento de G.L.P, Gasnova (2021).

Para este parámetro dentro de los cálculos se hizo uso de un porcentaje mínimo de llenado de 40%, es decir con este parámetro de diseño nos aseguramos de que nuestro diseño no va a sufrir caídas de presión al menos hasta que tenga un 40% de líquido el tanque, una vez llegue a este nivel el usuario ya tendrá que solicitar una carga de líquido al tanquero de la comercializadora correspondiente. Este parámetro también está limitado por la cantidad o capacidad de tanque que pueda ser ubicados en el área prevista para ser ubicados, por lo que una vez seleccionados cuántos tanques cumplirían la vaporización necesaria, tendríamos que volver a plano a verificar que no existan inconvenientes de espacio para su posterior instalación.

Q es un valor experimental del calor transmitido desde el ambiente y es igual a:

**Tabla 7***Valores de Q*

12 Kcal/hm <sup>2</sup> °C	Depósitos aéreos.
8 Kcal/hm <sup>2</sup> °C	Depósitos enterrados

*Nota.* Datos obtenidos Depositos fijos de GLP, 2008.

Son considerados depósitos aéreos aquellos depósitos que se encuentran al aire libre y cuya parte más baja del contorno exterior o la pared inferior del depósito está por encima del terreno circundante.

Por otro lado, se consideran depósitos enterrados a aquellos que están por debajo del nivel del terreno.

“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, (utilizamos Butano 30% y Propano a 70%).

**Tabla 8***Valores de Ti*

Ti	
Bar	Temp[°C ]
1	-24
1,25	-21
1,5	-19
1,75	-16

*Nota.* Datos obtenidos Depositos fijos de GLP, 2008.

Finalmente, “Cv” es el calor latente de vaporización del propano, 92 kcal/kg.

## 2.7 Autonomía

El término autonomía hace referencia al tiempo en que la comercializadora considera para las recargas programadas de G.L.P, es decir cada cuánto tiempo requerirá el cliente que se recarguen los tanques. Sabiendo que el mínimo de nivel de un tanque está diseñado al 40% de su capacidad geométrica, en base a esto podríamos decir que un 45% de su volumen nominal será el volumen útil similar a como se aprecia en la ilustración 16, y por lo tanto tendremos una capacidad útil de:

$$V_{\text{útil}} = (\text{volumen total de tanques})m^3 * 65\% \quad \text{Ec } 2$$

Con esto, usando la ecuación 1, se procede a determinar la capacidad útil “m” en kg.

$$m(\text{kg}) = V_{\text{útil}} * d_{\text{liquido}} \quad \text{Ec } 3$$

Donde, “d<sub>líquido</sub>” es la densidad de G.L.P, en fase líquida, la cual es de 535 kg/m<sup>3</sup>, este valor fue extraído de la hoja de seguridad de gas licuado de petróleo de “Loja Gas”, adjuntada en el apéndice C.

Finalmente, para obtener la autonomía en días es necesario saber el consumo por día de los equipos de G.L.P, y conocer las horas de uso de las máquinas, en este caso el cliente indicó un consumo promedio de 8 horas de usos de los equipos por día. La autonomía está dada por la siguiente ecuación:

$$A = \frac{m}{C} \quad \text{Ec } 4$$

Donde:

A, es la autonomía en días.

m, capacidad útil en kg obtenida de la ecuación 3.

C, es el valor total de consumo en kg/día.

## 2.8 Alternativas de diseño

**Tabla 9**

*Alternativas de diseño*

Volumen de tanque G.L.P, (m <sup>3</sup> )	Marca	Cantidad de tanques exactos requeridos	VAPORIZACIÓN total tanques exactos (kg/h)	Autonomía exacta (días)
0,454	TRINITY	28	278,117	1
0,946	TRINITY	17	287,596	2
1,893	TRINITY	11	297,513	3
3,785	TRINITY	6	279,163	3
<b>7,57</b>	<b>ARCOSA</b>	<b>5</b>	<b>335,277</b>	<b>5</b>
10,17	B&T	4	318,935	6
20	ACERO LOS ANDES	2	339,735	6

*Nota.* Datos obtenidos por fuente propia.

## 2.9 Matriz de decisión

**Tabla 10**

*Matriz de decisión*

MATRIZ DE DECISIÓN		
Criterios	Alternativa 1: 6 tanques de 3.785m <sup>3</sup>	Alternativa 2: 5 tanques de 7.57 m <sup>3</sup>
Espacio	4	3
Vaporización	2	5
Autonomía	2	4
Tiempo de instalación	3	4
Mantenimiento	3	4
Costo de obra civil	3	4
Suma	17	24

*Nota.* Datos obtenidos de fuente propia.

En base a la tabla 9 de alternativas de diseño se procedió a realizar una matriz de decisión entre las dos alternativas más viables de con relación a los criterios evaluados.

### **Tabla 11**

#### *Puntajes para la matriz de decisión*

PUNTAJE	
Muy malo	1
Malo	2
Regular	3
Bueno	4
Excelente	5

*Nota.* Datos obtenidos de fuente propia.

A través de la matriz de decisión se concluyó que la mejor alternativa es la 2, la cual posee 5 tanques de 7.57 m<sup>3</sup>. En el capítulo 3 se muestran los datos que fueron tomados en consideración para los cálculos.

### **2.10 Diseño de red G.L.P, en base al plano**

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

### **2.11 Cálculo de área (distancias mínimas de seguridad en el cerramiento)**

Estas distancias mínimas de seguridad están establecidas por la normativa NTE INEN 260, Tabla 9 “distancias mínimas de seguridad”. Estas distancias son establecidas tomando como puntos fijos la válvula de alivio de presión del tanque (S) y las paredes del tanque (S1) versus 6 referencias distintas.

## Ilustración 18

### *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	
Volúmen 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 ≤ 100	100 < V ≤ 700	
Distancias (S o S1)	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	
Referencia 1	-	-	-	0,6	-	0,6	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	2,0	-	0,8	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	7,5
Referencia 3	-	-	-	0,6	-	0,6	-	1,0	-	5,0	-	5,0	-	10,0	-	0,8	1,0	2,5	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	-	60,0	-	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.

*Nota.* La figura muestra las distancias mínimas de seguridad, NTE INEN (2010).

## 2.12 Cálculo de diámetros de tuberías

Para la selección de tuberías se considera importante tener en cuenta la conceptualización de la normativa NTE INEN 2260 (2010), dentro de esta normativa se establecen los presentes criterios considerados como mínimos para la instalación de las tuberías.

a) Deben de resistir a la acción del gas combustible y del medio exterior, estas deben de estar protegidas por un sistema eficaz que se adapta a cada tipo de tubería.

b) Cada espesor de las paredes de tuberías deben de cumplir con las condiciones de ensayo de presión, teniendo una resistencia mecánica cumpliendo cada una de las normativas estipuladas por tipo de tubería.

c) Cada una de las tuberías deben estar señaladas e identificadas con diferentes colores de acuerdo con la normativa del NTE INEN 435 y las enterradas deben cumplir con los requisitos del NTE INEN 2260.

### ***2.12.1 Cálculo de tuberías a través de ecuaciones de Renouard***

Estas ecuaciones se utilizan a menudo para lograr determinar el diámetro, también para justificar la pérdida de presión en canales butánicos, propano o gas natural (Ingenierosindustriales, 2024).

#### **a) Renouard para altas presiones (> 50 mbar)**

Las ecuaciones de Rounard para la alta presión se emplean generalmente, mientras que la baja presión tiene un rango de uso establecido.

$$P_1^2 - P_2^2 = 4088 \dot{Q}_{st}^{1.82} L d^{0.82} D^{-4.82} \quad Ec$$

Donde:

P1: Presión absoluta de la tubería a la entrada, Pa

P2: Presión absoluta de la tubería a salida Pa

$\dot{Q}_{st}$ : Caudal del gas a condiciones estándar, m<sup>3</sup>/s

L: Longitud de tubería, m

d: Densidad relativa del gas, adimensional

D: Diámetro interno de la tubería, m

**b) Renouard para bajas presiones (< 50 mbar)**

$$P_1 - P_2 = 0.01985 \dot{Q}_{st}^{1.82} L d^{0.82} D^{-4.82}$$

Ec  
8

Donde:

P1: Presión absoluta de la tubería a la entrada, Pa

P2: Presión absoluta de la tubería a salida Pa

$\dot{Q}_{st}$ : Caudal del gas a condiciones estándar, m<sup>3</sup>/s

L: Longitud de tubería, m

d: Densidad relativa del gas, adimensional

D: Diámetro interno de la tubería, m

## 2.13 Accesorios y partes de una instalación G.L.P,

### 2.13.1 Tren de regulación

#### Ilustración 19

*Tren de regulación en paralelo*



*Nota.* La figura muestra el tren de regulación en paralelo, fuente propia.

Los trenes de regulación juegan un papel decisivo para avalar un abastecimiento de combustible efectivo en el registro industrial, estos procedimientos actúan como terceros entre

fuentes de combustible y quemadores, ajustando así la presión y el flujo del aire. (Thermal, 2024)

En una red G.L.P, pueden existir dos o tres trenes de regulación, de primera etapa los cuales siempre estarán presentes y regulan la presión de salida de los tanques hacia el recorrido (alta presión), los trenes de regulación de fase intermedia (presión media) y los trenes de regulación de baja presión que se ubican antes de los equipos para regular la presión a la requerida por los equipos.

### **2.13.2 Reguladores**

Los reguladores de gas se emplean en cualquier sistema de suministro de gas, el mismo actúa como una barrera de alta presión y de presión de seguridad necesaria para todos los dispositivos. (Energúas, 2022)

#### **Ilustración 20**

##### *Regulador*



*Nota.* La figura muestra el regulador, fuente propia.

### 2.13.3 Válvulas

Las válvulas comúnmente utilizadas en temas de G.L.P, son las siguientes:

Válvulas de globo: Regulan la presión del gas. (Dombor, 2021).

Válvula de bola: Se consideran necesarias para cortar el flujo de gas de manera eficiente.

(Dombor, 2021)

#### Ilustración 21

*Válvula*



*Nota.* La figura muestra la válvula, fuente propia.

### 2.13.4 Flexibles

#### Ilustración 22

*Manguera prensada*



*Nota.* La figura muestra la manguera prensada, fuente propia.

Son aquellas diseñadas para la comprensión, ensamblaje, engatillar, etc, y así conectar un tubo a otro para la entrada y salida de líquido, este componente es utilizado comúnmente con un accesorio adicional (TecnoProducts, 2020).

Manguera pigtail: Esta manguera sirve para conectar permitiendo el paso al gas G.L.P, (Ferrepap, 2021).

### **Ilustración 23**

#### *Manguera Pigtail*



*Nota.* La figura muestra la manguera pigtail, fuente propia.

#### **2.13.5 Aparatos de consumo**

Los diferentes equipos alimentados por G.L.P, para su funcionamiento, quemadores, chamuscadora, cocina industrial, entre otros equipos.

#### **2.13.6 Sistema de enfriamiento.**

Como sistema complementario y obligatorio se tiene el sistema de enfriamiento, el cual es instalado de manera genérica, con modelos estandarizados que cumplen los requerimientos.

### **2.14 Diseño de la red en Cad**

Como parte del proceso de diseño se presenta en la sección de apéndices la red G.L.P, el plano de la red.

### **2.15 Consumo de G.L.P, vs Diesel**

El proyecto analizará la comparativa de consumos para evidenciar los beneficios del cambio a G.L.P.

## **CAPÍTULO 3**

### 3. Análisis de consumo de equipos para demanda actual requerida

Anteriormente se tenían quemadores a diésel para las calderas, a través de datos proporcionados por cliente sobre los galones por hora consumidos de diésel se tienen que para las calderas pequeñas (9) el consumo de cada quemador es de 8 galones por hora, mientras que para las calderas grandes (2) el consumo de cada quemador es de 28 galones por hora.

**Tabla 12**

*Consumo de galones por hora de los quemadores a diésel*

Cantidad	Quemador	Galones/h	Total (Gl/h)
9	Gulliver RG5DF	8	72
2	Riello RI 100	28	56
		Total	128
		Fs.	0,75
		Total	96

*Nota.* La tabla muestra los consumos de galones por hora de los quemadores a diésel. Fuente propia.

En la tabla 12 se puede observar el consumo total de galones por hora de diésel que demandaban los equipos tomando un factor de simultaneidad de 0.75.

Convirtiendo el total de galones por hora requeridos (96 galones/h) al total de kg/h de G.L.P, se obtienen los siguientes datos:

**Tabla 13***Conversión del sistema diésel a GLP.*

	Diesel	Conversión a G.L.P.	Unidades
Volumen	96	133,44	Galones/h
Masa	308,86	272,74	Kg/h

*Nota.* La tabla muestra la conversión a GLP.

A través de la tabla se observa que serán requeridos 272.74 kg/hora de G.L.P, para el sistema.

### 3.1 Resultados de Vaporización y autonomía

Partiendo de los kg por hora que demandarían la conversión a G.L.P., y usando la ecuación 1 correspondiente a la ecuación para el cálculo de vaporización consideramos los siguientes parámetros de entrada para las variables indicadas:

**Tabla 14***Parámetros de entrada de las variables*

Parámetros de entrada	
K	0,45
$q \left( \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2} \text{ } ^\circ\text{C} \right)$	12
Te	23
Ti	-24
cv (Kcal/kg)	92

*Nota.* La tabla muestra los distintos valores de entrada de las variables. Fuente propia.

Donde K es el valor correspondiente a nuestro criterio de diseño seleccionado de la tabla 6, el cual escogimos 40% como porcentaje mínimo de llenado del tanque.

El valor de S correspondiente a la superficie de tanques fue sacado de la tabla 5 correspondiente a las superficies para diferentes volúmenes de tanques disponibles en el mercado, para la alternativa escogida de tanques de 7.57 se obtuvo una superficie de 24.307 m<sup>2</sup>. Como resultado de la ecuación 1 se obtuvo una capacidad de vaporización de 335.28 kg/h, obteniéndose la siguiente configuración.

**Tabla 15**

*Configuración de tanques*

CONFIGURACIÓN DE TANQUES			
Volumen de tanque (m3)		7,57	m3
Tipo de tanque		Aéreo	
Cantidad de Tanques		5	
Vaporización del sistema al	40%	335,28	kg/h
Autonomía		5	días

*Nota.* La Tabla muestra la configuración la selección de tanques. Fuente propia.

En la configuración mostrada se observa una autonomía de 5 días obtenida, la misma que fue calculada en base a los datos de la tabla 17, utilizando las ecuaciones mencionadas en la sección 2.7.

**Tabla 16**

*Autonomía por tiempo del tanque*

Consumo	Carga Total	Unidades
	BTU/Kg. De Gas	
PCI	46.500	Btu/Kg
Consumo	275,72	Kg/h
Horas de uso	8	h/día
Consumo diario	2.205,78	Kg/día
Consumo por mes	66.173,54	Kg/mes

*Nota.* La Tabla muestra los datos tomados en cuenta para la autonomía obtenida de 5 días. Fuente propia.

Sin embargo, por mención del cliente en su interés de ampliar a futuro la red, añadiendo 2 quemadores R100 más, se procede a estimar su consumo a futuro.

### 3.2 Análisis de consumo de equipos para demanda futura requerida.

**Tabla 17**

*Análisis de consumo diésel con 2 quemadores R1 100 más*

Cantidad	Quemador	Galones/h	Total (Gl/h)
9	Gulliver	8	72
4	RG5DF Riello R1 100	28	112
		Total	184
		Fs.	0,75
		Total	138

*Nota.* La tabla muestra el análisis de consumo diésel con 2 quemadores R1 100 más. Fuente propia.

El consumo estimado de la planta con dicha ampliación de equipos sería de 138 galones por hora, el cual al convertirlo a kg/h de G.L.P. representaría lo siguiente:

**Tabla 18**

*Conversión de diésel a Glp del nuevo requerimiento de ampliación*

	Diesel	Conversión a Glp	Unidades
Volumen	138	191,82	Galones/h
Masa	443,98	392,06	Kg/h

*Nota.* La tabla muestra la conversión de diésel a Glp del nuevo requerimiento de ampliación.

Fuente propia.

Se observa que ahora serían necesario 392,06 kg/h de G.L.P, sin embargo, nuestra alternativa de diseño de 5 tanques de 7.57 m<sup>3</sup> no alcanza dicho valor en su capacidad de vaporización, por lo que optamos por evaluar añadir un tanque más al sistema.

Al introducir un tanque más se obtiene la siguiente configuración:

**Tabla 19**

*Configuración de vaporización de tanques*

CONFIGURACIÓN DE TANQUES			
Volumen de tanque (m <sup>3</sup> )		7,57	m <sup>3</sup>
Tipo de tanque		Aéreo	
Cantidad de Tanques		6	
Vaporización del sistema al	40%	402,33	kg/h
Autonomía		7	días

*Nota.* La Tabla muestra la configuración para la vaporización de 6 tanques. Fuente propia.

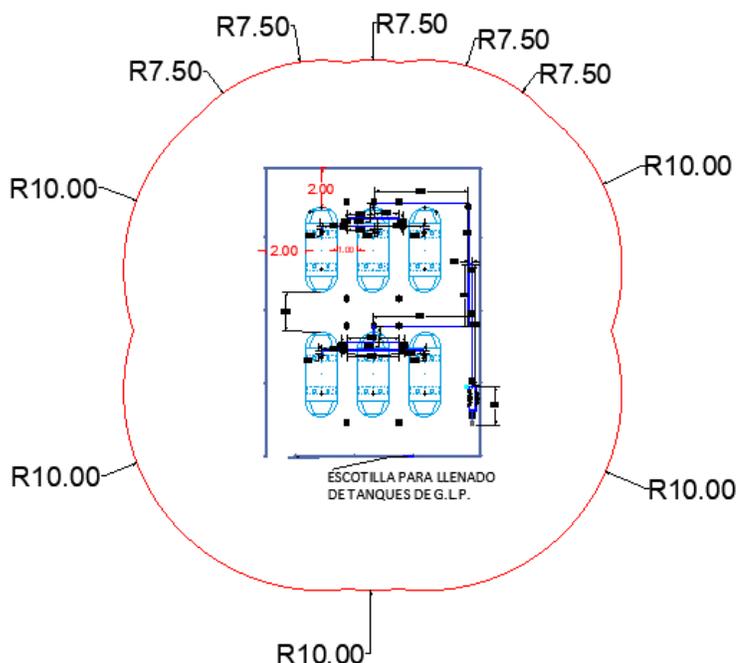
Con esta configuración se obtiene aproximadamente un 20% más de vaporización que tener 5 tanques de 7.57 m<sup>3</sup> y un 3% más de vaporización que lo requerido por la ampliación, eso a nivel práctico garantizaría una mejor eficiencia, un mayor tiempo de trabajo al tener más producto y a su vez se gana más autonomía.

### 3.3 Cálculo de área (distancias mínimas de seguridad en el cerramiento)

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 (2010).

## Ilustración 24

### Área de tanques



*Nota.* La figura muestra el área de seguridad de los tanques. Fuente propia.

La normativa NTE INEN (2010) nos indica que el área de tanques está clasificada como “A-3” (volúmenes mayores que  $20 \text{ m}^3$  y menores o iguales que  $100 \text{ m}^3$ ), debido a que la configuración de 6 tanques de  $7.57 \text{ m}^3$  tienen un volumen total de  $45.42 \text{ m}^3$ .

Para esta clasificación la tabla indica que se debe tener una distancia de 10m desde la válvula de alivio (S1) hasta “linderos de propiedad, aberturas de inmuebles, focos fijos de inflamación, motores de explosión, vías públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas áreas de alta tensión, equipos eléctricos no protegidos, sótanos, alcantarillas y desagües” (NTE INEN 2010). De la misma manera se indica bajo normativa una distancia mínima de 7.5m desde las paredes del tanque (S) hasta la referencia 4. Las referencias 1, 2 y 3 que limitan la distancia desde las

paredes del tanque hasta lo indicado en dichas referencias, poseen límites ya contenidos dentro del radio de 7.5m tomados en consideración por la referencia 4. Por otro lado, la referencia 5 para este caso en el área de instalación de los tanques no aplicaba mientras que la referencia 6 tampoco debido a que no se consideró una boca de carga para el proyecto, se consideró una ventanilla para ingreso manual de una manguera de carga para el llenado de cada tanque.

### 3.4 Cálculo de diámetros 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.

#### Ilustración 25

##### Diámetro de tuberías

TRAMO / SECCION	CAUDAL (BTU/H)	Longitud Equivalente [m]	Presión de trabajo		Presión 2 [Pa]	Desid. relativa	Caudal		Diámetro Calculado		Diámetro seleccionado		VEL CAL [m/s]	VEL SEL [m/s]
			[psig]	[Pa]			[Btu/h]	[m3/s]	[m]	[in]	[in]	[m]		
1 tanques - reg lera et	17.094.831	21,66	80	652.933,8	597.776,8	2,01	17.094.831	0,0544	0,022	0,88	1,00	0,0254	139,4778	109,2399
2 A-B	17.094.831	17,388	30	308.195,8	287.511,9	2,01	17.094.831	0,0544	0,031	1,21	1,25	0,03175	74,7622	69,9135
3 B - B1	4.504.027	213,336	30	308.195,8	287.511,9	2,01	4.504.027	0,0143	0,031	1,23	1,25	0,03175	19,0581	18,4203
4 B1-C	4.504.027	5,46	3	122.037,3	119.968,9	2,01	4.504.027	0,0143	0,028	1,12	1,25	0,03175	23,0857	18,4203
5 C-EQ1	3.378.021	2,304	3	122.037,3	119.968,9	2,01	3.378.021	0,0107	0,021	0,84	1,00	0,0254	30,7779	21,5863
6 C-D	3.378.021	2,784	3	122.037,3	119.968,9	2,01	3.378.021	0,0107	0,022	0,87	1,00	0,0254	28,4535	21,5863
7 D-EQ2	2.252.014	2,256	3	122.037,3	119.968,9	2,01	2.252.014	0,0072	0,018	0,72	0,75	0,01905	28,1140	25,5838
8 D-E	2.252.014	2,904	3	122.037,3	119.968,9	2,01	2.252.014	0,0072	0,019	0,75	1,00	0,0254	25,3176	14,3909
9 E-EQ3	1.126.007	2,328	3	122.037,3	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,014	0,55	0,75	0,01905	23,4188	12,7919
10 E-F	1.126.007	2,88	3	122.037,3	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,015	0,58	0,75	0,01905	21,4398	12,7919
11 F - EQ4	1.126.007	2,376	3	122.037,3	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,014	0,56	0,75	0,01905	21,2214	12,7919
12 B-B2	12.590.804	5,184	30	308.195,8	287.511,9	2,01	12.590.804	0,0401	0,021	0,84	1,00	0,0254	114,6180	80,4581
13 B2-G	12.590.804	142,368	30	308.195,8	287.511,9	2,01	12.590.804	0,0401	0,042	1,67	2,00	0,0508	28,9909	20,1145
14 G-I	3.378.021	7,104	3	122.037,3	119.968,9	2,01	3.378.021	0,0107	0,027	1,06	1,25	0,03175	19,2897	13,8153
15 I-EQ5	2.252.014	1,296	3	122.037,3	119.968,9	2,01	2.252.014	0,0072	0,016	0,64	0,75	0,01905	35,3845	25,5838
16 I-J	2.252.014	5,316	3	122.037,3	119.968,9	2,01	2.252.014	0,0072	0,022	0,85	1,00	0,0254	19,6999	14,3909
17 J-EQ6	1.126.007	0,24	3	122.037,3	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,009	0,35	0,50	0,0127	60,1193	28,7818
18 J-EQ7	1.126.007	3,768	3	122.037,3	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,016	0,61	0,75	0,01905	19,1774	12,7919
19 G-K	9.212.783	0,72	30	308.195,8	287.511,9	2,01	9.212.783	0,0293	0,013	0,49	0,50	0,0127	240,8688	235,4872
20 K-L	2.252.014	6,948	3	122.037,3	119.968,9	2,01	2.252.014	0,0072	0,023	0,90	1,00	0,0254	17,6286	14,3909
21 L-EQ8	1.126.007	0,696	3	122.037,3	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,011	0,43	0,50	0,0127	38,6498	28,7818
22 K-K1	6.960.770	8,676	30	308.195,8	287.511,9	2,01	6.960.770	0,0221	0,019	0,75	0,75	0,01905	80,0638	79,0772
23 K1-M	6.960.770	6,552	3	122.037,3	119.968,9	2,01	6.960.770	0,0221	0,035	1,37	1,50	0,0381	23,8107	19,7693
24 M-EQ10	3.480.385	5,844	3	122.037,3	119.968,9	2,01	3.480.385	0,0111	0,026	1,03	1,25	0,03175	21,0709	14,2339
25 M-EQ11	3.480.385	5,76	3	122.037,3	119.968,9	2,01	3.480.385	0,0111	0,026	1,02	1,25	0,03175	21,1979	14,2339

Nota. La Figura muestra la tabla de los distintos diámetros de tuberías por tramos. Fuente propia.

Cabe recalcar que en este punto ya teniendo el plano de la red G.L.P, y definidos que se usarán reguladores Dival 600 Pietro Fiorentini para el tren de regulación de primera etapa, el mismo que regula la presión hasta 30 psi, mientras que para los trenes de segunda etapa se harán uso de reguladores Dival 512 Pietro Fiorentini que nos dan una presión de salida de máximo 200 mbar que son aproximadamente 3 psi.

Nota: se adjunta ficha técnica de reguladores en la sección de apéndice.

Tenemos entonces que la presión de salida de los tanques es de un promedio de 80 psi, luego pasa por la regulación de primera etapa, también conocida como de alta presión, para ser regulada hasta 30 psi, finalmente entra a los diferentes equipos luego de pasar por el tren de regulación de segunda etapa el mismo que los regula hasta 3 psi.

La ecuación de Renouard para altas presiones toma en cuenta las siguientes variables:

Presiones: la fórmula toma en cuenta dos 2 presiones, siendo la presión 1 la presión de trabajo, y la presión 2 10% menos que la presión de trabajo de manera que sean consideradas las pérdidas menores.

Caudal: el caudal será diferente en cada ramal, inicialmente se toma el caudal total y este se va dividiendo a medida que se vaya distribuyendo en los diferentes ramales o equipos.

Longitud del tramo: esta longitud es el metraje total del tramo seleccionado, a su vez a esta longitud del tramo se le considero un 20% más, de manera que se contemplen las pérdidas mayores por accesorios.

Densidad relativa: este es un valor fijo obtenido de la ficha técnica del G.L.P.

Diámetro: es el valor que finalmente queremos hallar, en la columna 12 se tienen los resultados obtenidos para los diámetros a través de la fórmula de Renouard, sin embargo, debemos tener en cuenta los diámetros comerciales existentes, por lo que se redondea los valores

a los diámetros comerciales mayores más próximos al valor obtenido, tal como se aprecia en la columna 13. 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.

### **Ilustración 26**

#### *Ubicaciones de tuberías junto a su velocidad*

<b>Velocidad</b>	<b>Ubicación de tubería</b>
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

*Nota.* Obtenido J. E. López Sopena, Manual de instalaciones de G.L.P, CEPSA, 2001.

Es por esto por lo que se redefinen los diámetros en los tramos quedando de la siguiente manera.

## Ilustración 27

### Diámetros de tuberías

	TRAMO / SECCION	CAUDAL (BTU/H)	Diámetro Calculado		Diámetro seleccionado		VEL CAL	VEL SEL
			[m]	[in]	[in]	[m]	[m/s]	[m/s]
1	tanques - reg 1era et	17.094.831	0,022	0,88	1,25	0,03175	139,4778	69,9135
2	A-B	17.094.831	0,031	1,21	2,00	0,0508	74,7622	27,3100
3	B - B1	4.504.027	0,031	1,23	2,00	0,0508	19,0581	7,1954
4	B1-C	4.504.027	0,028	1,12	2,00	0,0508	23,0857	7,1954
5	C-EQ1	3.378.021	0,021	0,84	1,25	0,03175	30,7779	13,8153
6	C-D	3.378.021	0,022	0,87	2,00	0,0508	28,4535	5,3966
7	D-EQ2	2.252.014	0,018	0,72	1,25	0,03175	28,1140	9,2102
8	D-E	2.252.014	0,019	0,75	2,00	0,0508	25,3176	3,5977
9	E-EQ3	1.126.007	0,014	0,55	1,25	0,03175	23,4188	4,6051
10	E- F	1.126.007	0,015	0,58	2,00	0,0508	21,4398	1,7989
11	F - EQ4	1.126.007	0,014	0,56	1,25	0,03175	23,2214	4,6051
12	B-B2	12.590.804	0,021	0,84	2,00	0,0508	114,6180	20,1145
13	B2-G	12.590.804	0,042	1,67	2,00	0,0508	28,9909	20,1145
14	G-I	3.378.021	0,027	1,06	2,00	0,0508	19,2897	5,3966
15	I-EQ5	2.252.014	0,016	0,64	1,25	0,03175	35,3845	9,2102
16	I-J	2.252.014	0,022	0,85	2,00	0,0508	19,6999	3,5977
17	J-EQ6	1.126.007	0,009	0,35	1,25	0,03175	60,1193	4,6051
18	J-EQ7	1.126.007	0,016	0,61	1,25	0,03175	19,1774	4,6051
19	G-K	9.212.783	0,013	0,49	2,00	0,0508	240,8688	14,7180
20	K-L	2.252.014	0,023	0,90	2,00	0,0508	17,6286	3,5977
21	L-EQ8	1.126.007	0,011	0,43	1,25	0,03175	38,6498	4,6051
21	L-EQ9	1.126.007	0,015	0,59	1,25	0,03175	20,7064	4,6051
22	K-K1	6.960.770	0,019	0,75	2,00	0,0508	80,0638	11,1202
23	K1-M	6.960.770	0,035	1,37	2,00	0,0508	23,8107	11,1202
24	M-EQ10	3.480.385	0,026	1,03	2,00	0,0508	21,0709	5,5601
25	M-EQ11	3.480.385	0,026	1,02	2,00	0,0508	21,1979	5,5601

*Nota.* La Figura muestra la velocidad del gas en las tuberías con un nuevo diámetro seleccionado.

Fuente propia.

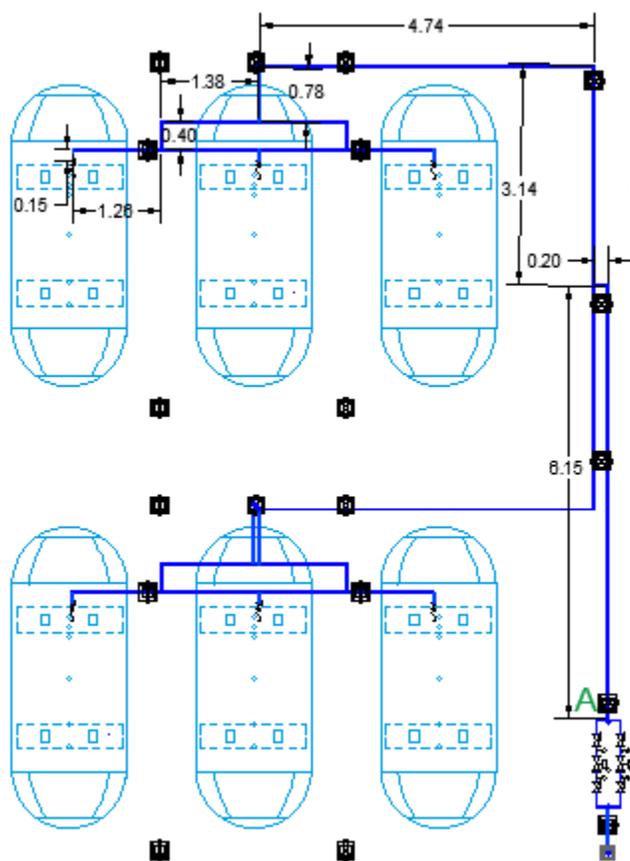
Con esta selección observamos que bajamos significativamente la velocidad del gas en las tuberías, con esto disminuimos los riesgos de accidentes, fugas o hasta explosiones, además altas velocidades pueden causar pérdidas de presión y generarían un consumo innecesario de energía, desgastes prematuros 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.

### 3.5 Tubería de consumo

#### 3.5.1 Tramo tanques- regulador de primera etapa

##### Ilustración 28

##### Tanques - regulador de primera etapa



*Nota.* La Figura muestra el primer tramo. Fuente propia.

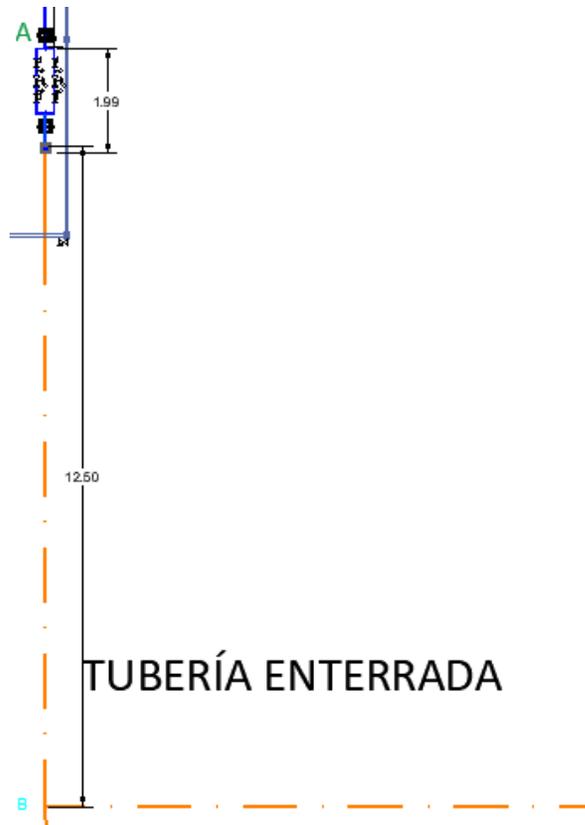
En este tramo se tiene la presión de salida de los tanques antes de ser regulada, esta presión varía dependiendo las propiedades del producto y de la temperatura, teniendo un promedio una presión de 80 psi, a medida que el tanque vaya consumiendo su contenido la

presión disminuirá. Para este tramo se escogió tubería de ASTM A53 grado B con un diámetro de 1 ½", con esto también bajamos significativamente la velocidad del gas en ese tramo.

### 3.5.2 Tramo A-B

#### Ilustración 29

*Tubería enterrada tramo A-B*



*Nota.* La figura muestra el tramo donde se encuentra ubicado el regulador de primera etapa.

Fuente propia.

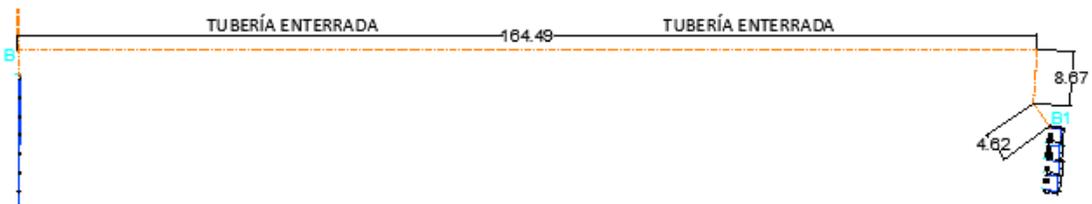
En este tramo se encuentra ubicado el tren de regulación de primera etapa, al que le ingresa la presión de salida de los tanques y es regulada en el tren de regulación hasta 30 psi, para este tramo luego de la salida del tren de regulación se escogió tubería de polietileno de 2",

cabe mencionar que debido a que esta tubería es enterrada por normativa debe ser con polietileno.

### 3.5.3 Tramo B-B1

#### Ilustración 30

*Tubería enterrada tramo B-B1*

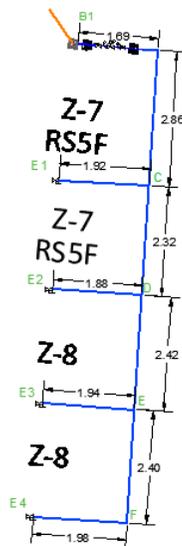


*Nota.* Para este tramo de tubería enterrada se escogió de igual manera polietileno 2". Fuente propia.

### 3.5.4 Tramo B1-C; C-E1; C-D; D-E2; D-E; E-E3; E-F; F-E4

#### Ilustración 31

*Tramos del B1-C al F-E4*



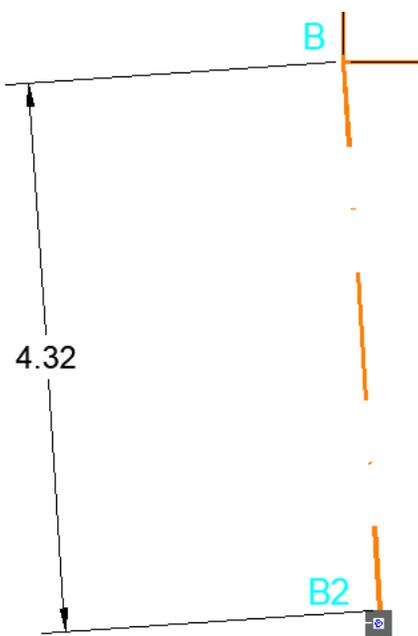
*Nota.* La figura muestra los distintos tramos en la sección. Fuente propia.

Para los tramos mencionados se escogió tubería de ASTM A53 grado B de 2" con entrada a los equipos de diámetro 1 ¼", en estos tramos de ingreso al equipo con diámetros menores cumpliría, sin embargo, al tener un diámetro mayor permitiría que se agreguen más equipos a la planta en caso de que el dueño requiera. En este tramo se observa que inicialmente pasa por un tren de regulación de segunda etapa, el mismo que regula la presión de 30 psi hasta 3 psi con el que ingresan a los equipos.

### 3.5.5 Tramo B-B2

#### Ilustración 32

##### Tramo B-B2



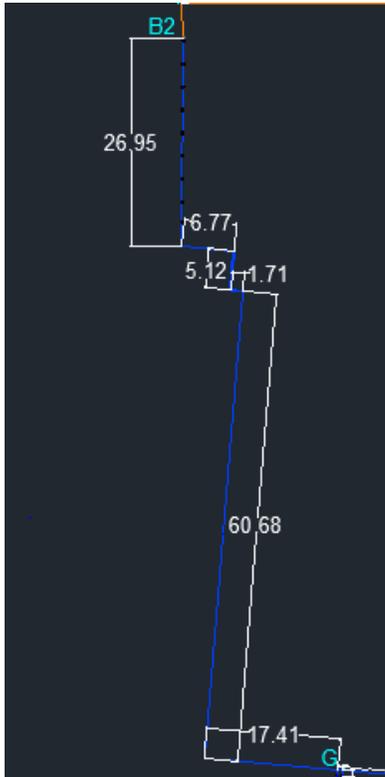
*Nota.* La figura muestra el tramo de la tubería enterrada. Fuente propia.

Este tramo al igual que los otros de color naranja representa tubería enterrada, la misma que se escogió de polietileno de 2"

### 3.5.6 Tramo B2-G

#### Ilustración 33

#### Tramo B2-G



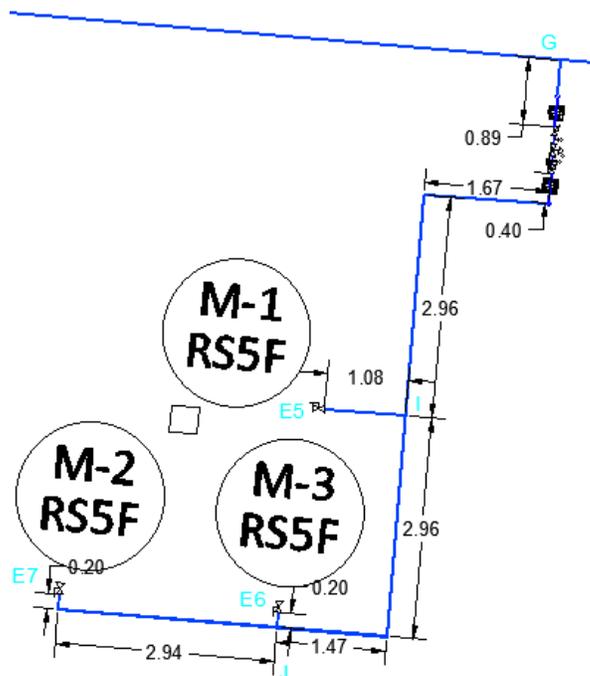
*Nota.* La Figura muestra el tramo de continuación de la tubería de vapor Fuente propia.

Para dicho tramo se seleccionó tubería de ASTM A53 grado B de 2" de manera que bajemos significativamente la velocidad con este diámetro, estando en un rango prudente. En este tramo para el caudal solo estaría contemplados la demanda de los equipos que se encuentren en este ramal.

### 3.5.7 Tramo G-I; I-E5; I-J; J-E6; J-E7

#### Ilustración 34

Tramo de G-I a J-E7



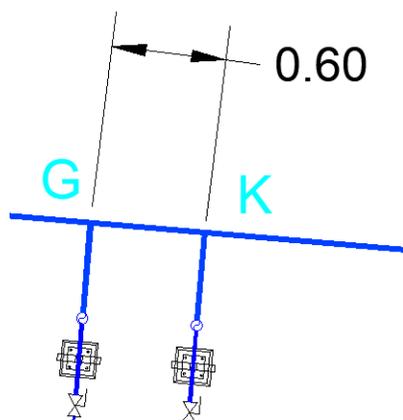
*Nota.* La figura muestra el tramo de la tubería de ASTM A53 grado B 2". Fuente propia.

Para este tramo se seleccionó tubería de ASTM A53 grado B 2", luego pasa por una reducción a 1 ¼" donde se ubicó una válvula justo después de la reducción. En este tramo está un segundo tren de regulación de segunda etapa que baja la presión hasta 3 psi.

### 3.5.8 Tramo G-K

#### Ilustración 35

##### Tramo G-K

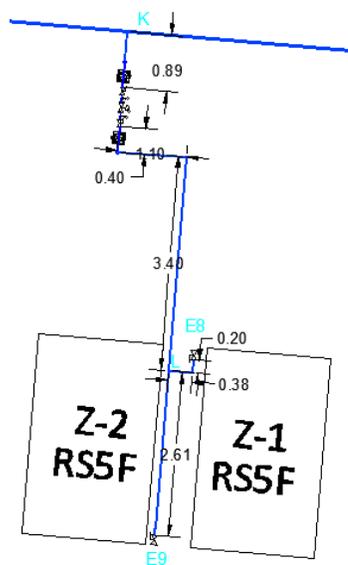


*Nota.* La figura muestra la Tubería ASTM A53 grado B 2". Fuente propia.

### 3.5.9 Tramo K-L; L-E8; L-E9

#### Ilustración 36

##### Tramo K-L al L-E9



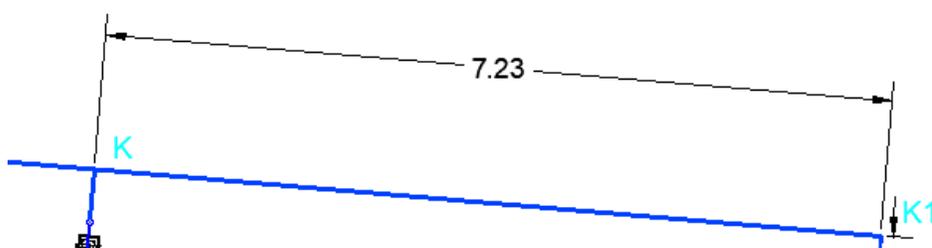
*Nota.* La figura muestra el tramo de la tubería de ASTM A53 grado B 2". Fuente propia.

Tubería ASTM A53 grado B 2", y al igual que en los equipos anteriores se ubicó una reducción a 1 ¼ y una válvula antes de cada equipo. En este tramo hay un tercer tren de regulación de segunda etapa.

### 3.5.10 Tramo K-K1

#### Ilustración 37

##### Tramo K-K1

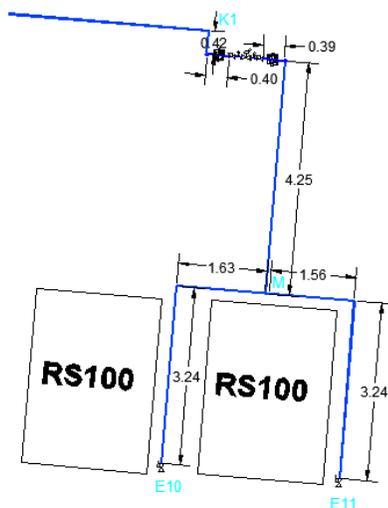


Nota. La Figura de la Tubería ASTM A53 grado B 2". Fuente propia.

### 3.5.11 Tramo K1-M; M-E10; M-E11

#### Ilustración 38

##### Tramo de K1-M al M-E11



Nota. La figura muestra la tubería de 2". Fuente propia.

Tubería ASTM A53 grado B 2", misma que ingresa a los equipos luego de pasar por una válvula de corte. En este tramo hay un cuarto y último tren de regulación de segunda etapa con la misma característica de los anteriores.

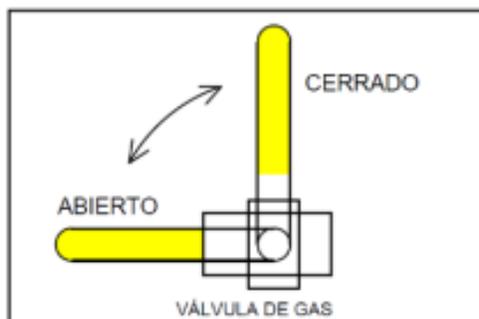
### 3.6 Accesorios seleccionados

#### 3.6.1 Válvulas

La línea de consumo estará provista de válvulas de bola, ubicada a la salida de los tanques estacionarios, antes y después del regulador de primera etapa y a la entrada de cada equipo de consumo, de acuerdo con la norma NTE INEN 2260. La línea de consumo constará de una válvula de corte principal antes de la conexión a los equipos de consumo y una válvula de corte antes de cada equipo de consumo de acuerdo con el numeral 7.8 literal f de la NTE INEN 2260.

#### Ilustración 39

##### *Válvula de cierre rápido*



*Nota.* La figura muestra la válvula de cierre rápido. Fuente Propia.

A continuación, se muestra un resumen de las válvulas instaladas en la tubería de consumo.

**Tabla 20***Válvulas de bola consideradas*

Válvulas de bola consideradas		
Diámetro (in)	Cantidad	Área
1 1/2	6	Salida de cada tanque estacionario
2	4	Tren de regulación de primera etapa
1/4	4	Tren de regulación de primera etapa
1 1/4	3	Zona 3 calderos (E5, E6, E7) entrada a equipos
2	2	Tren de regulación de segunda etapa (previo a equipos 5, 6,7)
1/4	2	Tren de regulación de segunda etapa (previo a equipos 5, 6,7)
1 1/4	2	Zona 2 calderos (E8, E9), entrada a equipos
2	2	Tren de regulación de segunda etapa (previo a equipos 8,9)
1/4	2	Tren de regulación de segunda etapa (previo a equipos 8,9)
2	2	Zona dos calderos (E10, E11), entrada a equipos
2	2	Tren de regulación de segunda etapa (previo a equipos 10, 11)
1/4	2	Tren de regulación de segunda etapa (previo a equipos 10, 11)
1 1/4	4	Zona 4 calderos (E1, E2, E3, E4) entrada a equipos
2	2	Tren de regulación de segunda etapa (previo a equipos 1,2,3,4)
1/4	2	Tren de regulación de segunda etapa (previo a equipos 1,2,3,4)

*Nota.* La tabla muestra las distintas válvulas de bolas consideradas. Fuente propia.

### 3.6.2 Reguladores

Para la selección de reguladores se debe tener en cuenta el consumo de los equipos instalados, los reguladores seleccionados deben tener mayor caudal que el de la demanda de los

equipos. Para criterios de selección se toma en cuenta el caudal y presión con la que se trabajará. En la sección H de apéndices se encuentran las fichas técnicas de los reguladores seleccionados.

- Dival 600 Pietro Fiorentini: estos reguladores están seteados para regular la presión hasta 30 psi. Están ubicado en el tren de regulación de primera etapa, para altas presiones.

### Ilustración 40

*Dival 600 Pietro Fiorentini*



*Nota.* La ilustración muestra el dival 600 Pietro Fiorentini. Fuente propia.

- Dival 512 Pietro Fiorentini: estos reguladores están seteados para dar una presión de salida de 3 psi, están ubicados en los trenes de regulación de segunda etapa, para bajas presiones, mismas presiones con las que el G.L.P, ingresaría a los equipos.

## Ilustración 41

### *Dival 512 Pietro Fiorentini*



*Nota.* La figura muestra el dival 512 de Pietro Fiorentini. Fuente propia.

### 3.6.3 Filtros

En los trenes de regulación, antes de los medidores se colocó filtros de 50-100 micras de la marca Pietro Fiorentini, de esta manera protegemos a los reguladores, alargando el tiempo de vida de estos, estos filtros como su nombre lo indica dependiendo de las micras impiden el paso de impurezas o micropartículas presentes en el G.L.P, al momento del transporte de este por el tren de regulación, impidiendo así el paso de ciertas partículas para que estas no lleguen al regulador. En la sección de apéndice I se encuentra la ficha técnica de los modelos de filtros seleccionados.

## Ilustración 42

*Filtro 2" de Pietro Fiorentini*



*Nota.* La figura muestra el Filtro 2" de Pietro Fiorentini. Fuente propia.

## Ilustración 43

*Filtro 1 1/2" de Pietro Fiorentini*



*Nota.* La figura muestra el Filtro 1 1/2" de Pietro Fiorentini. Fuente propia.

### 3.7 Trenes de regulación

Se instaló un sistema de regulación de primera etapa a continuación de los tanques, el cual está compuesto por dos reguladores de primera etapa Pietro Fiorentini Dival 600, 2 filtros Pietro Fiorentini, 2 válvulas de 1/4", 2 manómetros de control y válvulas de corte antes y después del regulador.

## Ilustración 44

### *Tren de regulación de primera etapa*



*Nota.* La figura muestra el tren de regulación de primera etapa. Fuente propia.

En la foto correspondiente al tren de regulación de primera etapa, viendo de izquierda a derecha se observa una reducción de 1 ¼” a 2”, seguido por una brida de 2”, un filtro con entrada y salida de 2”, otra brida de 2” un manómetro de 0-240 psi, brida, un regulador con entrada y salida de 2”, brida, manómetro de 0-60 psi, brida, y finalmente una válvula de 2”.

Los sistemas de regulación de segunda etapa están compuestos por reguladores Pietro Fiorentini Dival 512 con entrada de 1” y salida de 1 ½”, un filtro de 1 ½”, válvulas de corte de 2” y manómetros antes y después del regulador, para los diferentes equipos de consumo de G.L.P.

### **Ilustración 45**

*Tren de regulación de segunda etapa para equipos*



*Nota.* La figura muestra el tren de regulación de segunda etapa para equipos 5, 6,7 y equipos 8 y 9. Fuente propia.

### **Ilustración 46**

*Tren de regulación de segunda etapa para equipos 10 y 11*



*Nota.* La figura muestra el tren de regulación de segunda etapa para equipos 10 y 11. Fuente propia.

**Ilustración 47**

*Tren de regulación de segunda etapa para los equipos 1, 2, 3 y 4*



*Nota.* La figura muestra el tren de regulación de segunda etapa para los equipos 1, 2, 3 y 4.

Fuente propia.

Conformado por filtro de entrada y salida de 2", y regulador Dival 512 con entrada de 1" y salida de 1 ½".

**3.8 Diseño de red**

En apéndice se encuentra el plano de la red G.L.P.

### 3.9 Sistema de enfriamiento

Se consideró un sistema de enfriamiento ubicado sobre los tanques de G.L.P, utilizando tubería de HN de 1” la tubería estará protegida con pintura roja, acorde con la INEN 2260, la válvula de corte estará afuera del área del tanque de G.L.P debidamente señalizada.

### 3.10 Análisis del consumo G.L.P, vs el sistema anterior (Diesel)

A continuación, se muestra una tabla comparativa entre el sistema generado por la conversión y el sistema seleccionado,

**Tabla 21**

*Conversión y comparativo*

	Diesel	Conversión a G.L.P.	G.L.P. (Nuevo sistema)	Unidades
Volumen	138	191,82	125,05	Galones/h
Masa	443,98	392,06	402,33	Kg/h
Costo mensual	\$92.073,60	\$85.626,10	\$87.868,87	\$
Emisiones	335.962,66	276.637,54	283.884,05	kg Co2/mes

*Nota.* La Tabla muestra la conversión del consumo de diésel y la comparativa con el nuevo sistema. Fuente propia.

Al hacer la conversión, tomando en cuenta se consumirán 138 galones de diésel por hora, esto representan 191.82 galones de G.L.P, es decir, 1.39 veces el valor de galones del diésel, que sin embargo por diferencia de densidades representaría menos kg/h de G.L.P, además el tema más influyente del cambio, es la cantidad de emisiones de Co2, ya que el G.L.P tiene 16% menos cantidad de emisiones de Co2 que el diésel, con lo cual aparte de un ahorro económico por diferencias de precios entre estos combustibles que representan \$4.204,73 de ahorro mensuales, también se obtendría otro ahorro económico debido a los impuestos verdes.

Nota: el ahorro mensual obtenido es el resultado del precio del combustible por 8 horas de trabajo diarias y por 30 días de trabajo al mes.

### **3.11 Eficiencia**

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.

## **CAPÍTULO 4**

## 4.1 Conclusiones y recomendaciones

### 4.1.1 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.
- La red de distribución de G.L.P, la cual está constituida por Polietileno PE80 de 2", tubería de ASTM A53 grado B ced 40 s/c (sin costura) de diámetros 2", 1 1/2", 1" según la ASTM A53, cumplen con la normativa INEN 2260:2010, protegida con pintura amarilla y debidamente señalizada, con su respectiva soportaría, mismas que serán sujetas con vinchas metálicas.
- El área del cerramiento y tanques cumplen con las distancias mínimas de seguridad establecidas en la norma INEN 2260:2010.
- Los reguladores, válvulas y diámetros de tuberías instalados cumplen con los requerimientos del sistema, garantizando el funcionamiento de los equipos correctamente según los parámetros establecidos en la norma INEN 2260:2010.
- A través del nuevo sistema se obtendrá un ahorro de \$ 4.204,73 mensuales, tomando el precio de venta a nivel industrial de estos combustibles, cabe mencionar que el precio del G.L.P aumentará por temas de distribución dependiendo de la comercializadora y el acuerdo entre el cliente y esta.
- 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 del aire y así reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### 4.1.2 *Recomendaciones*

- Se recomienda revisar y evaluar el sistema de enfriamiento dado que el alcance del proyecto no involucraba un análisis de dicho sistema, sin embargo, el sistema de enfriamiento seleccionado cumple con la normativa INEN 2260:2010.
- Se recomienda ubicar una pasarela aérea sobre los tanques para facilidad de los operarios al momento de realizar mantenimientos correctivos o preventivos.
- Es fundamental ser muy cuidadoso a la hora de utilizar esta fuente de energía, ya que está demostrado que la mayoría de los accidentes por gas están asociados a descuidos de los involucrados.
- Si se detectan anomalías en la instalación o en algún aparato, es necesario avisar al servicio técnico del fabricante o a una empresa instaladora para que se hagan las correcciones necesarias lo antes posible.
- Es recomendable que una empresa instaladora autorizada revise toda la instalación y aparatos de gas de manera periódica, y a su vez estos definan al menos una vez al año temas de mantenimientos de la red.
- No utilizar en las conexiones algún tipo de mangueras que no sean las certificadas oficialmente en las conexiones, pues no tendrán la resistencia suficiente para instalaciones a gas.
- En caso de detectar olor a gas:
  - Cerrar los mandos de los aparatos de gas.
  - Cerrar a continuación la válvula de paso general.
  - No llevar a cabo ninguna acción que produzca chispas: no encender por ningún motivo la luz o cualquier aparato eléctrico.

- No realizar llamadas telefónicas.
- Ponerse en contacto con profesionales para que revisen la red, detecten y corrijan la fuga.

## Referencias

Bases de Datos de Energía: La U.S. Energy Information Administration (EIA) y otras agencias nacionales e internacionales de energía publican regularmente datos sobre el contenido energético de los combustibles.

Bp. (2024). 5 diferencias principales entre diésel y gasolina. Bp:

[https://www.bp.com/es\\_es/spain/home/noticias/blog/5-diferencias-principales-entre-diesel-y-gasolina-.html#](https://www.bp.com/es_es/spain/home/noticias/blog/5-diferencias-principales-entre-diesel-y-gasolina-.html#)

CONAIF (2008). Depósitos fijos de GLP. Especificaciones técnicas CONAIF-SEDIGAS para la certificación de instaladores de gas. Materias específicas Tipo A.

Dombor. (2021). *Tipos de valvulas*. Obtenido de Tipos de valvulas:

<https://www.dombor.com/es/guia-de-diferentes-tipos-de-valvulas-de-cierre-de-gas/>

Energuias. (2022). *Energuias Reguadores G.L.P.* Obtenido de Energuias Reguladores G.L.P:

<https://www.energuias.com/escoger-reguladores-de-gas/#:~:text=%E2%9D%87%EF%B8%8FExisten%20dos%20tipos%20de,LP%20uno%20de%2038%20mbar.>

Ferrepat. (2021). *Manguera Pigtail*. Obtenido de Manguera Pigtail:

<https://www.ferrepat.com/detalles-landing/pigtail-de-cobre-gas-lp-nacobre-pti6x50/10682#:~:text=Manguera%20flexible%20de%20cobre%20para,del%20paso%20de%20gas%20L.P.>

Gas, T. (2018). *Tis Gas equipment*. Obtenido de Tis Gas equipment:

<http://www.tisgas.pe/productos/marca?id=RegoVal>

gas, T. (2020). *Corporacion todo gas*. Obtenido de Corporacion todo gas:

<https://todogas.pe/producto/toma-de-carga-G.L.P,-coreana-original/>

Gasnova, A. (2021). *Informe anual de G.L.P.* Obtenido de Informe anual de G.L.P:

<https://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2021/12/InformeG.L.P,2021vf.pdf>

GasPais. (2024). *Impacto de gas licuado de petroleo.* Obtenido de Impacto de gas licuado de

petroleo: <https://gaspais.com.co/impacto-del-G.L.P,-en-el>

ambiente/#:~:text=No%20genera%20derrames%2C%20en%20caso,menos%20que%20la%20del%20carb%C3%B3n.

ICOM. (2024). *Engineering in World.* Obtenido de Engineering in World:

[https://icomcompressors.com/producto/valvula-de-seguridad-de-apertura-total-](https://icomcompressors.com/producto/valvula-de-seguridad-de-apertura-total-instantanea-con-conexiones-roscadas-y-asiento-blando-para-vapor-gases-y-liquidos-tipo-462/?lang=es)

[instantanea-con-conexiones-roscadas-y-asiento-blando-para-vapor-gases-y-liquidos-tipo-462/?lang=es](https://icomcompressors.com/producto/valvula-de-seguridad-de-apertura-total-instantanea-con-conexiones-roscadas-y-asiento-blando-para-vapor-gases-y-liquidos-tipo-462/?lang=es)

industrias, T. (2022). *Tradefin.* Obtenido de Tradefin: [https://tradefin.com.ar/indicadores-de-](https://tradefin.com.ar/indicadores-de-nivel/)

[nivel/](https://tradefin.com.ar/indicadores-de-nivel/)

Ingenierosindustriales. (2024). *Calcular tuberias de Gas.* Obtenido de Calcular tuberias de Gas:

<https://www.ingenierosindustriales.com/como-calcular-tuberias-de-gas/>

Kagla. (2020). *Kagla Vaportech Corporation.* Obtenido de Kagla Vaportech Corporation:

<https://kagla.co.jp/en/>

Lopez, J. (2001). *Manual de instalaciones G.L.P.* Madrid: ELF GAS, S.A.

minas, M. d. (2022). *celec.* Obtenido de celec: 1. [https://www.celec.gob.ec/wp-](https://www.celec.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/Balance-Energetico-Nacional-BEN-2022_.pdf)

[content/uploads/2023/08/Balance-Energetico-Nacional-BEN-2022\\_.pdf](https://www.celec.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/Balance-Energetico-Nacional-BEN-2022_.pdf)

Manual de Propiedades de Combustibles: Publicaciones como el “CRC Handbook of Chemistry

and Physics” y “Perry Chemical Engineers’ Handbook” suelen tener datos detallados

sobre el contenido energético de diferentes combustibles.

Michelin. (2024). ¿Cómo calcular emisiones Co2?. Obtenido de Conected Michelin:

<https://connectedfleet.michelin.com/es/blog/calcular-emisiones-de-co2/>

NFPA(54). (2021). *Código Nacional del Gas Combustible*. Asociación Americana de Gas.

NTE INEN (2260). (2010). *Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial NTE INEN 260*. ECUADOR: INEN.

Paar, A. (2024). *Anton Paar GmbH*. Obtenido de Anton Paar GmbH: [https://www.anton-](https://www.anton-paar.com/co-es/productos/detalles/sistema-de-llenado-para-gases-licuados-adaptador-de-G.L.P.-para-dmatm-4200-m/)

[paar.com/co-es/productos/detalles/sistema-de-llenado-para-gases-licuados-adaptador-de-G.L.P.-para-dmatm-4200-m/](https://www.anton-paar.com/co-es/productos/detalles/sistema-de-llenado-para-gases-licuados-adaptador-de-G.L.P.-para-dmatm-4200-m/)

Pesa, L. (2020). *La Pesa G.L.P.* Obtenido de La Pesa G.L.P: <https://lapesa.es/es>

PetroEcuador. (2024). Estructura de precios. Precios de venta en terminal para las comercializadoras sector aéreo sectores pesquero y atunero sector automotriz calificadas y autorizadas a nivel nacional.

Satel. (2019). *Satelimportadores*. Obtenido de Satelimportadores:

<https://blog.satelimportadores.com/>

Sopeña, L. (2001). *Manual de instalaciones de G.L.P -CEPSA ELF GAS*. Mexico: CEPSA ELF GAS.

TecnoProducts. (2020). *Manguera prensada*. Obtenido de Manguera prensada: [https://tecno-](https://tecno-products.com/blog/prensado-de-racores/#:~:text=Se%20denomina%20prensar%20(tambi%C3%A9n%20crimpar,accesorio%20concreto%20o%20un%20racor.)

[products.com/blog/prensado-de-racores/#:~:text=Se%20denomina%20prensar%20\(tambi%C3%A9n%20crimpar,accesorio%20concreto%20o%20un%20racor.](https://tecno-products.com/blog/prensado-de-racores/#:~:text=Se%20denomina%20prensar%20(tambi%C3%A9n%20crimpar,accesorio%20concreto%20o%20un%20racor.)

Thermal. (2024). *Thermal Combustion*. Obtenido de Thermal Combustion:

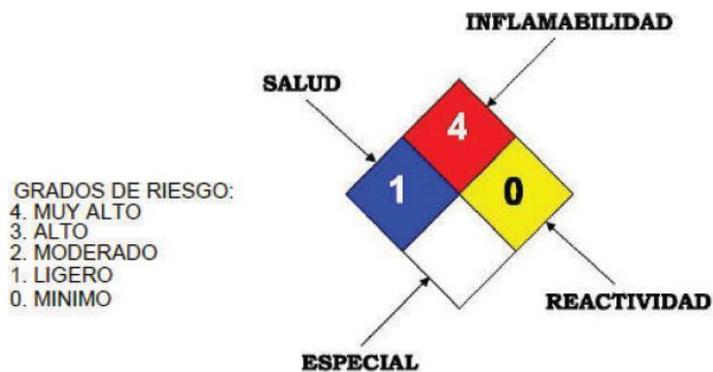
<https://www.thermalcombustion.com/disenio-de-trenes-de-gas-para-quemadores-industriales-guia->



## Apéndices

### Apéndice A

#### Hoja de seguridad de Eni



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	
Etili-mercaptano (odorzante)	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 (-98° 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>

**Mezcla Aire + Gas licuado**

Zonas A y B. 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. 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.



Punto 1 = 20% del LIE: Valor de ajuste de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas

Punto 2 = 60% del LIE: Se ejecutan acciones de paro de bombas, bloqueo de válvulas, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.

## Apéndice B

### Quemadores a Diésel

## RL SERIES

The RL series of burners covers a firing range from 154 to 2700 kW, and it has been designed for use in low or medium temperature hot water boilers, hot air or steam boilers, diathermic oil boilers.

Operation is "two stage"; the burners are fitted with a microprocessor-based control panel, which supplies indication of burner status and fault causes.

Optimisation of sound emissions is guaranteed by the special design of the air suction circuit **and by incorporated sound proofing material**. The elevated performance of the fans and combustion head, guarantee flexibility of use and excellent working at all firing rates.

The exclusive design ensures reduced dimensions, simple use and maintenance. A wide range of accessories guarantees elevated working flexibility.

RL 34 MZ	97/154 ÷	395 kW
RL 44 MZ	155/235 ÷	485 kW
RL 50	148/296 ÷	593 kW
RL 64 MZ	206/391 ÷	830 kW
RL 70	255/474 ÷	830 kW
RL 100	356/711 ÷	1186 kW
RL 130	486/948 ÷	1540 kW
RL 190	759/1423 ÷	2443 kW
RL 250 MZ	600/1250 ÷	2700 kW



## GULLIVER RGDF SERIES

The Riello Gulliver RG5DF is a new model of one stage light oil burner, developed to respond to any request for light industrial processes like bakery ovens, spray painting ovens, small steam or thermal boilers and all applications which require a reliable, user-friendly industrial product with enhanced performance and specific functions.

This model uses the same components designed by Riello for the Gulliver series and has the same ventilation system and overall dimensions as the previous two stage light oil model.

This new burner can operate on 50 or 60 Hz and a Voltage 220 - 230 Volt (dual frequency). It is conform to the EN 267 Standard (Forced draught oil burners) and to European Directives for EMC, Low Voltage and Machinery. For depressurised working field see EN 746-2 Standard.

The Gulliver RG5DF burner is fired before leaving the factory.



RG5DF

95/142 ÷ 296 kW

## Quemadores GLP

# GULLIVER RS SERIES

The Riello Gulliver RS5 is a new model of the series of one stage gas burners, characterized for its small dimensions in spite of its high combustion performance. It has been developed to respond to any request for home heating, conforming to current regulations in force.

This model uses the same components designed by Riello for the Gulliver series. The high quality level guarantees safe working.

The burners are fitted with a microprocessor-based burner safety control box which supplies indication of operation and diagnosis of fault cause.

In developing this burner, special attention was paid to reducing noise, the ease of installation and adjustment, to obtaining the smallest size possible to fit into any sort of boiler available on the market.

This model is approved by the EN 676 European Standard and European Directives, Gas Appliance, EMC, Low Voltage, Boiler Efficiency.

The Gulliver RS5 burner is tested before leaving the factory.



RS5	160 ÷ 330 kW
RS5 TL	160 ÷ 330 kW



### QUEMADOR GAS GLP RS130/M TC

#### 3.4 Technical data

Model			RS 70/M	RS 100/M	RS 130/M	RS 70/M	RS 100/M	RS 130/M
Type			828 T1	829 T1	830 T1	828 T80	829 T80	830 T80
Output (1)	maximum	kW	470 - 930	700 - 1340	920 - 1600	470 - 930	700 - 1340	920 - 1600
		Mcal/h	404 - 800	602 - 1152	791 - 1376	404 - 800	602 - 1152	791 - 1376
	minimum	kW	150	150	254	150	150	254
		Mcal/h	129	129	218	129	129	218
Fuel			Natural gas: G 20 - G23 - G25					
Gas pressure at max. output (2) - Gas: G20/G25	mbar		15.7/2.9	15.5/21.9	12.7/18.9	15.7/22.9	15.5/21.9	12.7/18.9
Operation			Intermittent (min. 1 stop in 24 hours)					
Standard applications			Boilers: water, steam, diathermic oil					
Ambient temperature	°C		0 - 40					
Combustion air temperature	°C max		60					
Noise levels (3)	Sound pressure	dB(A)	75	77	78,5	75	77	78,5
	Sound power		86	88	89,5	86	88	89,5
CE	No.		CE-0085AQ07 08					

#### 3.5 Electrical data

Type		828T80	829T80	830T80
Main electrical supply		3 ~ 380/220V +/- -10% 60Hz		
Control circuit power supply		1N ~ 220V 60Hz		
Fan motor IE3	rpm	3490	3450	3450
	V	220 / 380	220 / 380	220 / 380
	kW	1.1	2.2	2.2
	A	4.2 - 2.4	7.5 - 4.3	7.5 - 4.3
Ignition transformer	V1 - V2	230 V - 1 x 8 kV		
	I1 - I2	1 A - 20 mA		
Absorbed electrical power	kW max	1.4	1.8	2.6
Protection level		IP 44		



<p><b>PELIGROS ESPECIALES:</b> Producto extremadamente inflamable por calor, chispas, electricidad estática o llamas. Los vapores son más pesados que el aire y pueden desplazarse hasta fuentes de ignición alejadas, además los vapores desplazan el aire de zonas bajas y áreas confinadas, creando riesgos de insuficiencias respiratorias o asfobia.</p> <p>Los recipientes de GLP sin válvulas de seguridad pueden explotar tras exposición a elevadas temperaturas. Los recipientes casi vacíos, o vacíos, presentan los mismos riesgos que los llenos. Peligro de explosión de vapores en espacios cerrados, exteriores o en conductos.</p>			
<p><b>6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE DERRAME</b></p>			
<p><b>Precauciones para el medio ambiente:</b> El producto licuado (GLP) vertido al agua o al suelo, sufre intensa evaporación, por lo que no supone riesgos de contaminación acuática ni terrestre.</p>		<p><b>Precauciones personales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aislar el área.</li> <li>- Evitar la entrada innecesaria de personas dentro de la zona afectada.</li> <li>- No fumar.</li> <li>- Evitar cualquier tipo de fuente de ignición (llama abierta, chispa).</li> <li>- Evitar cargas electrostáticas.</li> </ul>	
<p><b>Eliminación y limpieza:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Derrames pequeños: Dejar evaporar.</li> <li>- Derrames grandes: Diluir los vapores con agua pulverizada y proceder como en el caso de fugas pequeñas.</li> </ul>		<p><b>Protección personal:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de respiración autónoma en presencia de elevadas concentraciones de producto.</li> <li>- Guantes de PVC.</li> <li>- Protección ocular cerrada.</li> <li>- Calzado de seguridad antiestabático.</li> </ul>	
<p><b>7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO</b></p>			
			
<p><b>MANEJO</b></p>			
<p><b>PRECAUCIONES PARA EL MANEJO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar ropa de protección adecuada, para evitar el contacto con el producto licuado y protección respiratoria si existe posibilidad de inhalación del gas.</li> <li>- Mantener alejado de posibles fuentes de ignición.</li> <li>- No soldar o cortar cerca de los contenedores.</li> <li>- Evitar la acumulación de cargas electrostáticas, los equipos y las líneas deben estar correctamente conectados a tierra.</li> </ul>			
<p><b>CONDICIONES ESPECÍFICAS:</b> En locales cerrados, emplear sistemas de ventilación local eficiente, bien sea fija y/o forzada (consultar normativa INEN 2260) con equipos de trabajo y herramientas antichispas. La limpieza y mantenimiento de los recipientes debe ser realizado por personal calificado bajo las normas de seguridad existentes.</p>			
<p><b>ALMACENAMIENTO</b></p>			
<p><b>INCOMPATIBILIDADES:</b> Agentes oxidantes.</p>			
<p><b>REACCIONES PELIGROSAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto extremadamente inflamable y combustible.</li> <li>- El líquido tiene una marcada tendencia a almacenar electricidad estática cuando se transporta por tubería.</li> <li>- Almacenar preferentemente en espacios exteriores o espacios interiores preparados para el almacenamiento de gases inflamables.</li> <li>- Proteger contra el daño físico y el fuego.</li> <li>- Almacenar el GLP en áreas que cumplan con la normativa INEN 2260.</li> </ul>			
<p><b>8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL</b></p>			
<p><b>Equipos de protección personal:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección respiratoria: Máscara de protección respiratoria en presencia de vapores o equipo autónomo en altas concentraciones.</li> <li>- Protección ocular: Guantes de PVC, calzado de seguridad antiestabático resistente a productos químicos.</li> <li>- Protección Ocular: Gafas de seguridad cerradas, lentes.</li> <li>- Otras Protecciones: Duchas en el área de trabajo.</li> </ul>			
<p><b>Preocupaciones generales:</b> Evitar el contacto con el producto licuado y la inhalación del gas. Las ropas contaminadas de gas licuado deben ser mojadas rápidamente para evitar las irritaciones y el riesgo de inflamación y retirarse si no están adheridas a la piel.</p>			
<p><b>Prácticas higiénicas en el trabajo:</b> No fumar, comer ni beber en zonas donde se manipule o almacene gas licuado. Seguir las medidas de cuidado e higiene lavando con agua y jabón frecuentemente.</p>			
<p><b>Controles de exposición:</b> Son poco detectables por el olor en el aire, cuando no están odorizados.</p>			
<p><b>Rubro:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- TLV/TWA (ACGIH): 1000 ppm</li> <li>- REL/TWA (NIOSH): 800 ppm</li> <li>- MAK: 100 ppm</li> </ul>		<p><b>Propeno:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- TLV/TWA (ACGIH): 1000 ppm</li> <li>- REL/TWA (NIOSH): 1000 ppm</li> <li>- PEL/TWA (OSHA): 1000 ppm</li> <li>- MAK: 1000 ppm</li> <li>- IDLH (nivel inmediato peligroso para la salud y la vida): 2100 ppm</li> </ul>	
<p><b>9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b></p>			
Aspecto: Gas Licuado	Color: Incoloro	pH: No pertinente	Olor: Característico, reforzado por derivados sulfurados (Mercaptano).
Punto de ebullición: (-42.1 °C) - (-3.7 °C)		Punto de fusión/congelación: No pertinente	
Punto de inflamación: (-107.5 °C) - (-101.6 °C)		Autoinflamabilidad: >400 °C	
Propiedades explosivas. Lim. inferior explosivo: 1.67 - 2.02% Lim. Superior explosivo: 9.36 - 10.05%		Propiedades combustibles: No pertinente	
Presión de vapor: 10 - Kg/cm <sup>2</sup> a 37.8°C		Densidad: 0.535 g/cm <sup>3</sup> min. A 15°C (ASTM 1657)	
Tensión superficial: 16 dinas/cm a -47°C		Coef. Reparto (n-octanol/agua): log Kow: 2.35	
Densidad de vapor: 1.5 (aire: 1) a 0°C		Solubilidad: (a 100°C) 10.5 - 11.5 g/l (ASTM D-445)	
Hidrosolubilidad: 0.0047% vol/vol.			
<p><b>Otros datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Azufre total: 150 ppm máx.</li> <li>- Poder calorífico Neto: 10600 Kcal/Kg</li> <li>- Climas tobiel: 50% (ASTM D2160)</li> <li>- Residuo volúe (T evaporación 95% vol.): 2.2 °C máx.</li> </ul>			
<p><b>10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b></p>			
<p><b>ESTABILIDAD QUÍMICA:</b> Extremadamente inflamable y combustible.</p>			
<p><b>MATERIALES INCOMPATIBLES:</b> Oxidantes fuertes.</p>			
<p><b>PRODUCTOS PELIGROSOS POR DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA:</b> CO (en deficiencia de oxígeno), CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O.</p>			
<p><b>POLIMERIZACIÓN PELIGROSA:</b> NO OCURRIRÁ Ó NO PRESENTA</p>			
<p><b>CONDICIONES QUE SE DEBE EVITAR:</b> Exposición a llamas, chispas, calor y electricidad estática.</p>			
<p><b>11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA</b></p>			
<p><b>VÍAS DE ENTRADA:</b> La inhalación es la ruta más frecuente de exposición, contacto con la piel y ojos del gas licuado, la aspiración y la ingestión a temperatura y presión ambiente no son probables ya que el producto es un gas.</p>			
<p><b>EFFECTOS AGUDOS Y CRÓNICOS:</b> El producto es un gas asfiancete simple, debido al desplazamiento de oxígeno del aire. Puede causar efectos adversos sobre el sistema nervioso central.</p>			
<p><b>CARCINOGENICIDAD:</b> No presenta.</p>			
<p><b>TOXICIDAD PARA LA REPRODUCCIÓN:</b> No existen evidencias de toxicidad para la reproducción en mamíferos.</p>			

<b>CONDICIONES MÉDICAS AGRAVADAS POR LA EXPOSICIÓN:</b> No suministrar epinefrina u otras aminas simpaticomiméticas.			
<b>12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA</b>			
El GLP al combustión genera anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> ), el cual es biodegradable a mediano plazo.			
<b>13. INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DE PRODUCTOS</b>			
<b>MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE LA SUSTANCIA (EXCEDENTES):</b> Dada la naturaleza altamente volátil del producto y los usos a los que normalmente se destina, no suelen existir excedentes de GLP. El destino final de los mismos es la combustión, la adición como materia prima en la elaboración de otros compuestos o la dispersión a la atmósfera cuando se emplea como propulente de aerosoles.			
<b>RESIDUOS</b>			
Eliminación: No Pertinente		Manipulación: No Pertinente	
Disposiciones: Los establecimientos y empresas que se dediquen a la recuperación, eliminación, recogida o transporte de residuos deberán cumplir las disposiciones existentes relativas a la gestión de residuos u otras disposiciones municipales, provinciales y/o nacionales en vigor.			
<b>14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE</b>			
<b>PRECAUCIONES ESPECIALES:</b> Etiquetado como gas inflamable. Prohibido el transporte en aviones de pasajeros y limitado en barcos de pasajeros.			
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN: UN (NACIONES UNIDAS) 1075			
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO: 2.1			
NOMBRE DE EXPEDICIÓN: GLP (GAS LICUADO DE PETRÓLEO)			
<b>15. INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN</b>			
<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>ETIQUETADO</b>	<b>Frases R:</b>	<b>Frases S:</b>
F+, R12	Símbolos: F+	R12: Extremadamente inflamable.	S5: Conserve el recipiente en lugar bien ventilado. S16: Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar. S33: Evite la acumulación de cargas electrostáticas.
Otras regulaciones: El producto está listado en el Inventario Químico TSCA (EPA)			
<b>16. OTRA INFORMACIÓN</b>			
<b>Bases de datos consultadas:</b>			
EINECS: European Inventory of Existing Commercial Substances			
RTECS: US Dept. of Health & Human Services.			
HSDB: US National Library of Medicine.			
CHRIS: US Dept. of Transportation.			
TSCA: Toxic Substances Control Act, US Environmental Protection Agency			
<b>GLOSARIO:</b>			
IARC: Agencia Internacional para la Investigación de Cáncer			
NFPA: (National Fire Protection Association) Asociación Nacional de Protección contra el Fuego			

## Apéndice D

### Cálculo de Vaporización

Volumen de tanque GLP (m <sup>3</sup> )	Marca	Diametro ext (m)	Diametro ext (mm)	Longitud del tanque (m)	Longitud del tanque (mm)	Superficie por tanque (m <sup>2</sup> )
0,454	TRINITY	0,76	760	1,28	1280	3,601
0,946	TRINITY	0,8	800	2,2	2200	6,132
1,893	TRINITY	0,95	950	3	3000	9,804
3,785	TRINITY	1,04	1040	4,85	4850	16,866
7,57	ARCOSA	1,62	1620	4,29	4290	24,307
10,17	B&T	2	2000	4	4000	28,903
20	ACERO	2	2000	9,2	9200	61,575
	LOS ANDES					

Donde “S” es la superficie total del tanque seleccionado, en este caso el valor es de 24,307 m<sup>2</sup>

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

“k” es un factor que permite determinar aproximadamente la superficie mojada en función del porcentaje de llenado y tiene los siguientes valores dependiente del porcentaje de llenado a escoger para el diseño del tanque, en nuestro caso seleccionamos un porcentaje mínimo de llenado de 40%.

Valores de K

% de llenado	K
10	0.26
20	0.34
30	0.4
40	0.45

*Nota.* Datos obtenidos Depósitos fijos de GLP, 2008.

“Q” es un valor experimental del calor transmitido desde el ambiente y es igual a:

Valores de Q

12 Kcal/hm <sup>2</sup> °C	Depósitos aéreos.
8 Kcal/hm <sup>2</sup> °C	Depósitos enterrados

*Nota.* Datos obtenidos Depósitos fijos de GLP, 2008.

En nuestro caso el depósito es aéreo dado que se encuentran al aire libre, por lo que se toma un valor de 12 Kcal/hm<sup>2</sup> °C

“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, (utilizamos Butano 30% y Propano a 70%).

Valores de Ti

Ti	
Bar	Temp [°C ]
1	-24
1,25	-21
1,5	-19
1,75	-16

*Nota.* Datos obtenidos por fuente propia.

Seleccionamos la temperatura correspondiente a 1 bar, -24 °C

Finalmente, “Cv” es el calor latente de vaporización del propano,  $92 \frac{Kcal}{kg}$

En resumen, tenemos los siguientes valores:

Parámetros de entrada

Parámetros de entrada	
K	0,45
q(kcal/hm <sup>2</sup> )	12
Te(°C)	23
Ti (°C)	-24
cv (Kcal/kg)	92

Se procede a reemplazar estos valores en la fórmula de vaporización, con lo cual nos quedaría de la siguiente manera:

$$Q\left(\frac{Kg}{h}\right) = \frac{24.307 \text{ m}^2 \times 0.45 \times 12 \frac{Kcal}{hm^2} \text{ } ^\circ\text{C} \times (23^\circ\text{C} - (-24^\circ\text{C}))}{92 \frac{Kcal}{kg}}$$

Se procede a calcular la vaporización de un solo tanque de 7.57 m<sup>3</sup>

$$Q = 67.055 \left(\frac{Kg}{h}\right)$$

Este resultado que nos arroja es la vaporización un solo tanque, por lo tanto, para saber la cantidad de equipos necesarios que se ocupará, se necesitará el valor de  $V_p$ :

$$\# \text{ de equipos necesarios} = \frac{V_p}{Q}$$

Donde “ $V_p$ ” es el consumo total de equipos con un valor de  $275.72 \frac{kg}{h}$

“ $Q$ ” es el valor de vaporización de un solo equipo  $67.055 \left(\frac{kg}{h}\right)$

Se procede a reemplazar en la fórmula para sacar la cantidad de equipos necesarios

$$\# \text{ de equipos necesarios} = \frac{275.72}{67.055}$$

$$\# \text{ de equipos necesarios} = 4.11$$

Redondeamos este valor ya que no se puede poner esa cantidad

$$\# \text{ de equipos necesarios} = 5 \text{ Tanques de } 7.57 \text{ m}^3$$

Para calcular la vaporización de los 5 tanques, multiplicaremos el valor de vaporización de un solo tanque por la cantidad de tanques requeridos

$$Q = \left( \frac{S \times k \times q \times (T_e - T_i)}{C_v} \right) * 5$$

$$Q = \left( \frac{24.307 \text{ m}^2 \times 0.45 \times 12 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2} \text{ } ^\circ\text{C} \times (23^\circ\text{C} - (-24^\circ\text{C}))}{92 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}} \right) * 5$$

$$Q = (67.055 \frac{kg}{h}) * 5$$

Por lo tanto, esta es la vaporización total de los 5 equipos:

$$Q = 335.275 (\frac{Kg}{h})$$

## **Apéndice E**

### *Cálculos de autonomía*

Para calcular la autonomía se hace uso de la siguiente fórmula

$$V_{\text{útil}} = (\text{volumen del tanque} * \#\text{numero de equipos})m^3 * 45\%$$

Esta fórmula nos ayudará a saber cada cuanto día el cliente requerirá que sus tanques se carguen.

El Volumen del tanque es  $7.57 m^3$ , por lo que para saber el volumen total se multiplicará por el número de tanques, 5.

*Donde el 65% representa el volumen útil promedio de tanques:*

$$V_{\text{útil}} = (7.57 * 5)m^3 * 65\%$$

$$V_{\text{útil}} = 24.60 m^3$$

Para calcular la capacidad útil de masa se necesitará la siguiente formula

$$m(kg) = V_{\text{útil}} * d_{\text{liquido}}$$

Donde Vutil es igual a  $24.60 m^3$

Y “dliquido” es la densidad del G.L.P en la fase liquida, que es igual a  $535 \text{ kg/m}^3$

Se procede a reemplazar en la formula los siguientes valores

$$m(\text{kg}) = 24.60 \text{ m}^3 * 535 \text{ kg/m}^3$$

Por lo tanto, la capacidad útil de masa en kg tiene el siguiente valor

$$m(\text{kg}) = 13162.34 \text{ kg}$$

Uso de equipos por días

$$A = \frac{m}{C}$$

Donde  $A$  es la autonomía en días

“ $m$ ” es la capacidad útil en masa  $13162.34 \text{ kg}$

“ $C$ ” es el valor total de consumo en  $2205.78 \text{ kg/dia}$

$$A = \frac{13162.34 \text{ kg}}{2205.78 \text{ kg/dias}}$$

$$A = 5.96 \text{ días}$$

Este valor de días lo redondeamos al menor número entero obteniendo una autonomía:

$$A = 5 \text{ días}$$

Sin embargo, dado que se tomó en cuenta los cálculos considerando la ampliación de los equipos, propusimos añadir un tanque más, es decir 6 tanques en total, con esto se proceden a calcular ahora con 6 equipos.

Para calcular la vaporización de los 6 equipos, multiplicaremos el valor de vaporización de un solo equipo por la cantidad de tanques:

$$Q = \left( \frac{S \times k \times q \times (T_e - T_i)}{C_v} \right) * 6$$

$$Q = \left( \frac{24.307 \text{ m}^2 \times 0.45 \times 12 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2} \text{ } ^\circ\text{C} \times (23^\circ\text{C} - (-24^\circ\text{C}))}{92 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}} \right) * 6$$

$$Q = (67.055) * 6$$

Por lo tanto, la capacidad de vaporización de los 6 tanques sería:

$$Q = 402.333 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right)$$

Cálculo de autonomía

$$V_{\text{útil}} = (7.57 * 6) \text{ m}^3 * 65\%$$

$$V_{\text{útil}} = 29.523 \text{ m}^3$$

$$m(\text{kg}) = V_{\text{útil}} * d_{\text{liquido}}$$

$$m(\text{kg}) = 29.523 \text{ m}^3 * 535 \text{ kg/m}^3$$

Por lo tanto, la capacidad útil de masa en kg tiene el siguiente valor

$$m(\text{kg}) = 15794.805 \text{ kg}$$

La cual dividiéndola para consumo de los equipos nos daría la autonomía en días de la nueva configuración de 6 tanques

$$A = \frac{15794.805 \text{ kg}}{2205.78 \text{ kg/días}}$$

$$A = 7.16 \text{ días} \equiv 7 \text{ días}$$

## Apéndice F

*Cálculo de diámetros de tuberías mediante la ecuación de Renouard para altas presiones*

Para calcular los diámetros de las tuberías despejamos la fórmula de Renouard para altas presiones

$$P_1^2 - P_2^2 = 4088 \dot{Q}_{st}^{1.82} L d^{0.82} D^{-4.82}$$

$$\frac{P_1^2 - P_2^2}{4088 \dot{Q}_{st}^{1.82} L d^{0.82}} = \frac{1}{D^{4.82}}$$

$$D^{4.82} = \frac{4088 \dot{Q}_{st}^{1.82} L d^{0.82}}{P_1^2 - P_2^2}$$

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

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

Una vez ya despejado la formula con sus respectivos parámetros nos queda de la siguiente manera

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

Donde  $\dot{Q}_{st}$  Caudal del gas a condiciones estándar, m<sup>3</sup>/s

Donde  $L$  Longitud de tubería, m

Donde  $d$  Densidad relativa del gas, adimensional

Donde  $P_1$  Presión absoluta de la tubería a la entrada, Pa

Donde  $P_2$  Presión absoluta de la tubería a salida, Pa

Esta  $P_2$  en la cual habrá una caída de presión, se considera al 10% respecto a la presión de entrada, este criterio es recomendado en algunos manuales de instalaciones de gas y NFPA.

Procedemos a calcular los diámetros de tubería a 80 psig, es decir en el primer tramo antes del regulador de primera etapa, donde se tienen en consideración la capacidad total de los equipos que conforman la red, por lo que el caudal transformado a m<sup>3</sup>/s sería el siguiente:

### Caudal

$$\dot{Q}_{st} = \text{Caudal de gas} \frac{Btu}{h} \left( \frac{1m^3}{43443.27Btu} \right) \left( \frac{1}{2.01} \right) \left( \frac{1h}{3600s} \right)$$

$$\dot{Q}_{st} = 17094831 \frac{Btu}{h} \left( \frac{1}{43443.27} \right) \left( \frac{1}{2.01} \right) \left( \frac{1h}{3600s} \right)$$

$$\dot{Q}_{st} = 0.0544 \frac{m^3}{s}$$

### Longitud equivalente

$$L_{equivalente} = 1.2 L$$

$$L_{equivalente} = 1.2 (18.05 m)$$

$$L_{equivalente} = 21.66 m$$

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” es la longitud del tramo seleccionado.

### Densidad relativa del glp

$$d = 2.01$$

### Presión de trabajo p1

$$P = (\text{Presion de entrada} * 6894.76)$$

$$P = (80 \frac{lb}{in^2} * 6894.76 \frac{kg in^2}{s^2 lb m})$$

$$P = 551580.80 Pa$$

$$P1 = (\text{Presion de entrada} + 14.7) * 6894.76 \frac{kg in^2}{s^2 lb m}$$

$$P1 = (80 + 14.7) \frac{lb}{in^2} * 6894.76 \frac{kg in^2}{s^2 lb m}$$

$$P1 = (94.7 * 6894.76) Pa$$

$$P1 = 652933.8 Pa$$

### Presión de p2

$$p2 = P - (P * 0.1)$$

$$p_2 = 551580.80 \text{ Pa} - (551580.80 \text{ Pa} * 0.1)$$

$$p_2 = 496422.7 \text{ Pa}$$

$$P_e = p_2 * 0.000145038$$

$$P_e = 496422.7 \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2} * 0.000145038 \frac{\text{lb m s}^2}{\text{in}^2 \text{ kg}}$$

$$P_e = 72 \text{ psig}$$

$$P_s = P_e + 14.7 \text{ psi}$$

$$P_s = 72 \text{ psig} + 14.7 \text{ psi}$$

$$P_s = 86.7 \text{ psia}$$

$$P_2 = P_s * 6894.76$$

$$P_2 = 86.7 \text{ psia} * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}}$$

$$P_2 = 597.776.8 \text{ Pa}$$

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 psig

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

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088 \left(0.0544 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1.82} (21.66 \text{ m}) (2.01)^{0.82}}{652933.8^2 \text{ Pa} - 597778.8^2 \text{ Pa}}}$$

$$D = 0.022 \text{ m}$$

$$D = 0.022 \text{ m} \times \frac{39.37 \text{ in}}{1 \text{ m}}$$

$$D = 0.88 \text{ in}$$

Dado que este no es un diámetro comercial, nos saltamos al siguiente número en el cual, si existan diámetros comerciales, el cuál sería de 1 in.

### *TUBERÍA SELECCIONADA 1 in*

Para calcular los 30 psig, que corresponde a la presión después del regulador de primera etapa, se tiene lo siguiente, TRAMO A-B

#### **Caudal**

$$\dot{Q}_{st} = \text{Caudal de gas} \left( \frac{1}{43443.27} \right) \left( \frac{1}{2.01} \right) \left( \frac{1}{3600} \right)$$

$$\dot{Q}_{st} = 17094831 \left( \frac{1}{43443.27} \right) \left( \frac{1}{2.01} \right) \left( \frac{1}{3600} \right)$$

$$\dot{Q}_{st} = 0.0544 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

#### **Longitud equivalente**

$$L_{equivalente} = 1.2 \text{ L}$$

$$L_{equivalente} = 1.2 (14.49 \text{ m})$$

$$L_{equivalente} = 17.38 \text{ m}$$

#### **Densidad relativa del g.l.p**

$$d = 2.01$$

**Presión de trabajo p1**

$$P = (\text{Presion de entrada} * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}})$$

$$P = (30 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}})$$

$$P = 206842.80 \text{ Pa}$$

$$P1 = (\text{Presion de entrada} + 14.7) \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}}$$

$$P1 = (30 + 14.7) \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}}$$

$$P1 = (41.7 * 6894.76) \text{ Pa}$$

$$P1 = 308195.8 \text{ Pa}$$

**Presión de p2**

$$p2 = P - (P * 0.1)$$

$$p2 = 206842.80 \text{ Pa} - (206842.80 \text{ Pa} * 0.1)$$

$$p2 = 186158.5 \text{ Pa}$$

$$Pe = p2 * 0.000145038 \frac{\text{lb m s}^2}{\text{in}^2 \text{ kg}}$$

$$Pe = 186158.5 \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2} * 0.000145038 \frac{\text{lb m s}^2}{\text{in}^2 \text{ kg}}$$

$$Pe = 27 \text{ psig}$$

$$Ps = Pe + 14.7$$

$$Ps = 27 \text{ psig} + 14.7 \text{ psi}$$

$$P_s = 41.7 \text{ psia}$$

$$P_2 = P_s * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}}$$

$$P_2 = 41.7 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}}$$

$$P_2 = 287511.9 \text{ Pa}$$

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

### Cálculo de diámetro de tubería, 30 psig TRAMO A-B

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

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088 \left(0.0544 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1.82} (17.388 \text{ m}) (2.01)^{0.82}}{251658.7^2 \text{ Pa} - 236628.5^2 \text{ Pa}}} = 0.034 \text{ m}$$

$$D = 0.034 \text{ m} \times \frac{39.37 \text{ in}}{1 \text{ m}}$$

$$D = 1.35 \text{ in} \equiv 2 \text{ in}$$

*TUBERÍA SELECCIONADA 2 in*

Se seleccionada de 2" ya que es el diámetro comercial de la tubería de polietileno, por normativa esta tubería al ser enterrada debe ser de dicho material.

Para calcular a 3 psig, la cual es la presión después de los reguladores de segunda etapa, se tiene lo siguiente, se toma de ejemplo el TRAMO B1-C

### Caudal

$$\dot{Q}_{st} = \text{Caudal de gas} \left(\frac{1}{43443.27}\right) \left(\frac{1}{2.01}\right) \left(\frac{1}{3600}\right)$$

$$\dot{Q}_{st} = 4504027 \left( \frac{1}{43443.27} \right) \left( \frac{1}{2.01} \right) \left( \frac{1}{3600 \text{ s}} \right)$$

$$\dot{Q}_{st} = 0.0143 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

### Longitud equivalente

$$L_{equivalente} = 1.2 L$$

$$L_{equivalente} = 1.2 (4.55 \text{ m})$$

$$L_{equivalente} = 5.46 \text{ m}$$

### Densidad relativa del g.l.p

$$d = 2.01$$

### Presión de trabajo p1

$$P = (\text{Presion de entrada} * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}})$$

$$P = (3 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}})$$

$$P = 20684.28 \text{ Pa}$$

$$P1 = (\text{Presion de entrada} + 14.7) * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}}$$

$$P1 = (3 + 14.7) \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}}$$

$$P1 = (17.4 * 6894.76) \text{ Pa}$$

$$P1 = 122037.3 \text{ Pa}$$

### Presión de p2

$$p_2 = P - (P * 0.1)$$

$$p_2 = 122037.3 \text{ Pa} - (122037.3 \text{ Pa} * 0.1)$$

$$p_2 = 18615.9 \text{ Pa}$$

$$Pe = p_2 * 0.000145038 \frac{\text{lb m s}^2}{\text{in}^2 \text{ kg}}$$

$$Pe = 18615.9 \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2} * 0.000145038 \frac{\text{lb m s}^2}{\text{in}^2 \text{ kg}}$$

$$Pe = 2.70 \text{ psig}$$

$$Ps = Pe + 14.7 \text{ psi}$$

$$Ps = 2.70 \text{ psig} + 14.7 \text{ psi}$$

$$Ps = 17.4 \text{ psia}$$

$$P_2 = Ps * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}}$$

$$P_2 = 17.4 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 6894.76 \frac{\text{kg in}^2}{\text{s}^2 \text{ lb m}}$$

$$P_2 = 119968.9 \text{ Pa}$$

Procedemos a reemplazar los valores en la fórmula para poder calcular el diámetro de la tubería.

### **Cálculo de diámetro de tubería, 3 psig TRAMO B1-C**

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

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{4088 \left(0.0143 \frac{m^3}{s}\right)^{1.82} (5.46 m) (3.01)^{0.82}}{122037.3^2 Pa - 119968.9^2 Pa}} = 0.028 m$$

$$D = 0.028 m \times \frac{39.37 in}{1 m}$$

$$D = 1.12 in \equiv 1.1/4 in.$$

*TUBERÍA SELECCIONADA 1 1/4 in*

## **Apéndice G**

*Ficha técnica de reguladores*

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>1</sup> )**	from -20 °C to +60 °C from -4 °F to +140 °F
Inlet gas temperature* <sup>***</sup>	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>1</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>1-4</sup> )	DN 1"; DN 1" 1/2
Connections	Threaded Rp EN 10226-1, NPT ASME B1.20.1

<sup>(1)</sup> according to EN334 standard

<sup>(2)</sup> according to ISO 23555-1 standard

<sup>(\*)</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>(\*\*)</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>(\*\*\*)</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
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-H<sub>2</sub> 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>1</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> )	from (Pd + 0.01) MPa to 2 MPa from (Pd + 0.1) barg to 20 barg
Range of downstream pressure (Wd <sup>1</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>1</sup> )	0.01 MPa   0.1 barg
Accuracy class (AC <sup>1</sup> )	up to 5   up to 1% absolute (depending on working conditions)
Lock-up pressure class (SG <sup>1</sup> )	up to 10 (depending on version and set point)
Nominal size (DN <sup>1,2</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>1</sup>) according to EN334 standard

(<sup>2</sup>) according to ISO 22555-1 standard

(\*) 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.

(\*\*) 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.

(\*\*\*) 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



High turn-down ratio



IRV token



Top Entry



Easy maintenance



Built-in accessories



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

## Apéndice H

### Ficha técnica de filtros

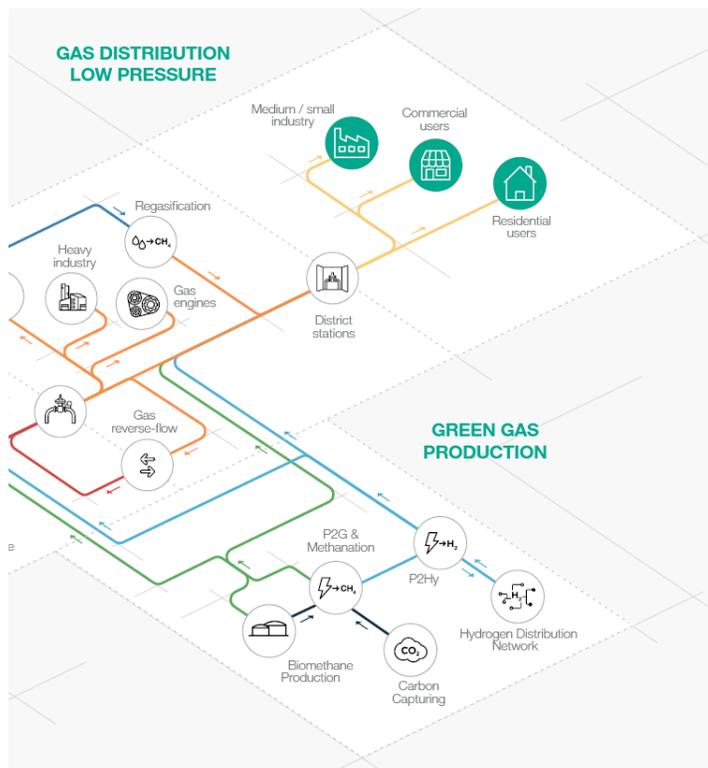


Figure 2 Mod. 50000 cartridge filter



Figure 3 Mod. 50000 cartridge filter with clogging indicator



Figure 4 Mod. 10000 gas filter



Figure 5 Mod. 10000 gas filter with flanges

## Cartridge filters

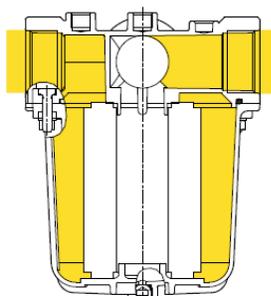


Figure 6 Mod 50000 cartridge filter

## Filters

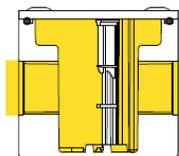


Figure 7 Mod. 10000 gas filter

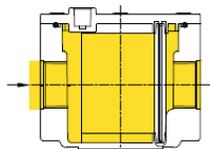


Figure 8 Mod. 10500 gas filter

## Features

Features	Values
Maximum working pressure	1 MPa 10 bar
Maximum allowable pressure	1 MPa 10 bar
Maximum working temperature	From -20 °C up to +80 °C From -4 °F up to +176 °F
Collecting capacity	Over 12% of total filter capacity with drain on bottom part
Flange connections	EN 1092-4
Threaded connections	UNI-ISO 228/1
Filter cartridge	5 µm cloth cartridge

Table 1 Features

## Materials

Part	Material
Body	Aluminium alloy EN AB 46100
Covers	Aluminium alloy EN AB 46100

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

Table 2 Materials

## Available accessories

- Test point standard
- DP clogging indicator
- Manometer

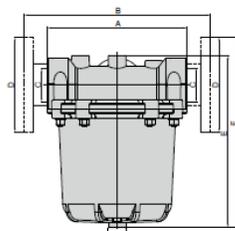


Figure 9 Mod. 50000 cartridge filter

## Weight and dimensions

Mod.	Connections	A		B		C	D	E		F		Weights	
		mm	in	mm	in	in	DN	mm	in	mm	in	kg	lbs
50101	1"	180	6.3	-	-	1"	-	195	7.7	-	-	2.2	4.8
50102	1" 1/4	180	6.3	-	-	1" 1/4	-	195	7.7	-	-	2.2	4.8
50103	1" 1/2	180	6.3	-	-	1" 1/2	-	195	7.7	-	-	2.2	4.8
50201	1" 1/2	200	7.9	-	-	1" 1/2	-	258	10.2	-	-	4	8.8
50202	2"	200	7.9	-	-	2"	-	258	10.2	-	-	4	8.8
50101.F	DN 25/S	-	-	262	10.3	-	DN 25	-	-	215	8.5	4.2	9.2
50102.F	DN 32/S	-	-	253	10.0	-	DN 32	-	-	228	9.0	5	11.0
50103.F	DN 40/S	-	-	278	10.9	-	DN 40	-	-	233	9.2	5.6	12.6
50201.F	DN 40/S	-	-	318	12.5	-	DN 40	-	-	267	11.3	6	13.2
50202.F	DN 50/S	-	-	318	12.5	-	DN 50	-	-	295	11.6	7.6	16.7

Table 3 Dimensions and weights

## Mod. 10000 filters

10000 filters are designed to comply with DIN 3386/3940 and EN 12516 standards and can be used for all types of natural gas, LPG or non corrosive gases.

Thanks to their small size, these compact die-cast aluminium filters are suitable for use in wall mounted boilers, hot water heaters and other domestic or light commercial appliances. The large surface area of the cartridge ensures a high degree of separation of both dust and solid particles, minimizing the maintenance required on all equipment installed downstream the filter.

### Features

Features	Values
Maximum working pressure	1 MPa 10 barg
Maximum allowable pressure	1 MPa 10 barg
Maximum working temperature	From -20 °C up to +80 °C From -4 °F up to +176 °F
Collecting capacity	Over 12% of total filter capacity with drain on bottom part
Threaded connections	UNI-ISO 228/1
Filter capacity	60 µm

Table 4 Features

### Materials

Part	Material
Body	Aluminium alloy EN AB 46100
Covers	Aluminium alloy EN AB 46100

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

Table 5 Materials

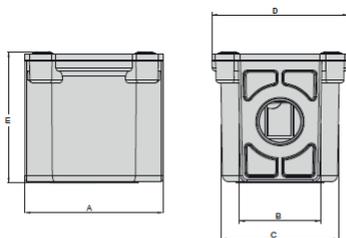


Figure 10 Mod. 10000 filter

### Weight and dimensions

Mod.	Connections	A		B		C		D		E		Weight	
		mm	In	Kg	Lbs								
10003	1/2"	63	2.5	37	1.5	53	2.1	62	2.4	60	2.4	0,25	0,6
10004	3/4"	83	2.5	37	1.5	53	2.1	62	2.4	60	2.4	0,25	0,6

Table 6 Dimensions and weights

## Mod. 10600-10600F 10210/F filters

Pietro Fiorentini 106-106/F and 10210/F are gas filters designed to comply with DIN 3386/3840 and EN 12516 standards suitable for all the types of natural gas, LPG and non corrosive gases.

These filters are widely used for protection of control devices, pressure regulators, meters and on systems requiring a high degree of filtration. The high filtration capacity of the cartridges and their broad surface allow separation of both dust and solid particles, thereby reducing maintenance times for the equipment installed downstream.

### Features

Features	Values
Maximum working pressure	1 MPa 10 bar
Maximum allowable pressure	1 MPa 10 bar
Maximum working temperature	From -20 °C up to +80 °C From -4 °F up to +176 °F
Collecting capacity	Over 12% of total filter capacity with drain on bottom part
Flange connections	EN 1092-4
Threaded connections	UNI-ISO 7/1
Filter cartridge	50 µm cloth cartridge, 160 µm - 300 µm on request

Table 7 Features

### Materials

Part	Material
Body	Aluminium alloy EN AB 46100
Covers	Aluminium alloy EN AB 46100

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

Table 8 Materials

## Available accessories

- Test point standard
- DP clogging indicator
- Manometer

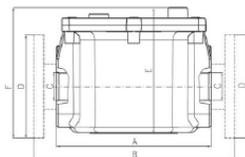


Figure 11 Mod. 106 / 10210 filter

## Weight and dimensions

Mod.	Connections	A		B		C		D		E		F		Weights	
		mm	In.	mm	In.	In.	DN	mm	In.	mm	In.	kg	Ibs		
10601	1/2"	114	4.5	-	-	1/2"	-	106,5	4.2	-	-	0,9	2,0		
10602	3/4"	114	4.5	-	-	3/4"	-	106,5	4.2	-	-	0,9	2,0		
10603	1"	114	4.5	-	-	1"	-	106,5	4.2	-	-	0,9	2,0		
10604	1" 1/4	150	5.9	-	-	1" 1/4	-	135,5	5.3	-	-	2,6	5,7		
10605	1" 1/2	150	5.9	-	-	1" 1/2	-	135,5	5.3	-	-	2,6	5,7		
10606	2"	180	7.1	-	-	2"	-	135,5	5.3	-	-	2,6	5,7		
10603F	DN 25/G	-	-	216	8.5	-	DN 25	135,5	5.3	-	-	2,9	6,4		
10604F	DN 32/S	-	-	243	9.6	-	DN 32	135,5	5.3	-	-	4,1	9,0		
10605F	DN 40/S	-	-	289	10.6	-	DN 40	135,5	5.3	-	-	5,2	11,4		
10606F	DN 50/S	-	-	290	11.7	-	DN 50	135,5	5.3	-	-	7,3	16,1		
10607	DN 65	-	-	354	13.9	-	DN 65	198,5	7.8	245,5	9,7	8	17,6		
10608	DN 80	-	-	354	13.9	-	DN 80	198,5	7.8	245,5	9,7	9,6	21,1		
10609	DN 100	-	-	354	13.9	-	DN 100	198,5	7.8	245,5	9,7	11,4	25,1		
10210	DN 150	-	-	474	18.7	-	DN 150	322	12.7	-	-	24,2	53,2		

# Customer Centricity

Pietro Fiorentini is one of the main Italian international company with high focus on product and service quality.

The main strategy is to create a stable long-term oriented relationship, putting the customer's needs first. Lean management and thinking and customer centricity are used to improve and maintain the highest level of customer experience.



### Support

One of Pietro Fiorentini's top priorities is to provide support to the client in all phases of project development, during installation, commissioning and operation. Pietro Fiorentini has developed a highly standardized intervention management system, which helps to facilitate the entire process and effectively archive all the interventions carried out, drawing on valuable information to improve the product and service. Many services are available remotely, avoiding long waiting times or expensive interventions.



### Training

Pietro Fiorentini offers training services available for both experienced operators and new users. The training is composed of the theoretical and the practical parts, and is designed, selected and prepared according to the level of use and the customer's need.



### Customer Relation Management (CRM)

The centrality of customer is one of the main missions and vision of Pietro Fiorentini. For this reason, Pietro Fiorentini has enhanced the customer relation management system. This enable to track every opportunity and request from Customer in one single point and make free the information flow.

## Apéndice I

*Cálculos para la conversión a G.L.P.*

Cálculos de diésel

De los datos proporcionados por el cliente, tenemos que sus quemadores consumen 138 Galones/h

Transformamos los galones/h a Kg/h, para ello hacemos suso de la densidad del diésel  $850 \frac{kg}{m^3}$  (Michelin, 2024).

$$138 \text{ Gl} \times \frac{3.785 \text{ l}}{1 \text{ Gl}} \times 850 \frac{kg}{m^3} \times \frac{1 m^3}{1000 \text{ l}} = 443.98 \frac{Kg}{h} \text{ (diésel)}$$

Procedemos a calcular cuánto es el precio al mes aproximado del consumo por mes de la planta en base a los galones por hora que se consumen, a través de la tabla de Petroecuador obtenemos que el valor del diésel industrial está en \$2.78 el galón (PetroEcuador, 2024), para el análisis del costo consideramos que se trabaja 8 horas diarias por 30 días, dado que la empresa trabaja hasta fines de semanas.

$$\text{Precio al mes (diésel)} = \$2.78 \text{ ( C. galones diesel )} ( \text{horas} ) ( \text{dias} )$$

$$\text{Precio al mes (diésel)} = 2.78 \$ \left( 138 \frac{Gl}{h} \right) ( 8 h ) ( 30 )$$

$$\text{Precio al mes (diésel)} = \$ 92073.60$$

Otro tema que consideramos importante es saber la cantidad de emisiones del CO2 producto de la combustión del diésel, los 138 Galones los transformaremos a litros para calcular el consumo energético al mes.

$$138 \text{ Galones} \times \frac{3.785 \text{ Litros}}{1 \text{ Galones}} = 522.33 \text{ Litros}$$

*Consumo energetico diésel = 522.33 Litros (8 horas)(30 días)*

$$\text{Consumo energetico diésel} = 125359.20 \frac{\text{Litros}}{\text{mes}}$$

Para el cálculo de la emisión se procede a buscar el factor de emisión del Diesel que tiene un valor de  $2.68 \frac{\text{Kg Co}_2}{\text{litros}}$ .

*Emsion de CO<sub>2</sub> Diesel = Factor de emision diesel ( Consumo energetico )*

$$\text{Emsion de CO}_2 \text{ Diesel} = 2.68 \frac{\text{Kg Co}_2}{\text{litros}} \left( 125359.20 \frac{\text{Litros}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Emsion de CO}_2 \text{ Diesel} = 335962.66 \frac{\text{Kg Co}_2}{\text{mes}}$$

*Conversión a GLP*

Para transformar los 138 galones de diésel a galones G.L.P. hacemos uso de la siguiente relación en base al contenido energético por galón contenido en un galón de los diferentes combustibles.

$$\text{Galones GLP} = \frac{\text{Energía en un galón de diésel}}{\text{Energía en un galón de GLP}}$$

Donde

*La energía en un galón de diésel tiene un valor de 37.3 MJ (Manual de Propiedades de Combustibles).*

*La energía en un galón de GLP tiene un valor de 26.8 MJ/Galón (Base de Datos de Energía).*

*Procedemos a reemplazar estos valores*

$$\text{Galones GLP} = \frac{\text{Energía en un galon de diesel}}{\text{Energía en un galon de GLP}}$$

$$\text{Galones GLP} = \frac{37.3 \text{ MJ}}{268 \frac{\text{MJ}}{\text{Galon}}}$$

$$\text{Galones GLP} = 1.39 \text{ Galones de GLP}$$

Con este valor de 1.39 Galones de GLP, procedemos a calcular cuánto es la equivalencia de 138 galones de diésel a galones de GLP.

$$\text{Eq Galones GLP} = C. \text{Galones a Diesel (Galones GLP)}$$

$$\text{Eq Galones GLP} = 1.39 \times 138 \text{ Gl (diésel)}$$

$$\text{Eq Galones GLP} = 191.82 \text{ Gl (GLP)}$$

Ahora procedemos a obtener los Kg en GLP, sabiendo que la densidad de este es de  $540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (Manual de Propiedades de Combustibles).

$$191.82 \text{ Gl (GLP)} \times \frac{3.785 \text{ l}}{1 \text{ Gl}} \times 540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 392.06 \text{ Kg (GLP)}$$

Para calcular el precio al mes de lo que representa este consumo de GLP necesitamos saber que el precio por Kilogramos, el cual mediante la tabla actualizada al mes de agosto de los precios de Petroecuador se tiene un valor de \$ 0.91 por Kg (PetroEcuador, 2024), lo cual nos representaría:

$$\text{Precio al mes (GLP)} = \$ 0.91 (\text{Kg (GLP)}) (\text{Horas})(\text{Dias})$$

$$\text{Precio al mes (GLP)} = \$ 0.91 (392.06) (8 \text{ horas})(30 \text{ dias})$$

$$\text{Precio al mes (GLP)} = \$ 85626.10$$

Ahora para obtener la cantidad de Co2 procedente de la combustión del G.L.P, analizamos su consumo energético GLP/mes,

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

$$\text{Consumo energetico (GLP)} = \left( 392.06 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} (\text{GLP}) \right) (8 \text{ horas})(30 \text{ dias})$$

$$\text{Consumo energetico (GLP)} = 94094.40 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} (\text{GLP})$$

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  $2.94 \frac{\text{Kg CO}_2}{\text{Kg}}$  (Bp, 2024).

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

$$\text{Emision de (GLP)} = \left( 2.94 \frac{\text{Kg CO}_2}{\text{Kg}} \right) (94094.40 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} (\text{GLP}))$$

$$\text{Emision de (GLP)} = 276637.54 \frac{\text{Kg CO}_2}{\text{mes}}$$

Análisis de costos y emisiones con el nuevo sistema de G.L.P. propuesto

Para esto se tiene que la capacidad de vaporización de los tanques es de  $402.33 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$  (GLP), la cual representa 196.84 g/h

$$402.33 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{540 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ Gl}}{3.785 \text{ l}} = 196.84 \frac{\text{Gl}}{\text{h}}$$

Y cuyo precio al mes representaría lo siguiente:

$$\text{recio al mes (GLP)} = \$ 0.91 (\text{Kg (GLP)}) (\text{Horas})(\text{Dias})$$

$$\text{Precio al mes (GLP)} = \$ 0.91 (402.33) (8 \text{ horas})(30 \text{ dias})$$

$$\text{Precio al mes (GLP)} = \$ 87868.87$$

Su consumo energético sería:

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

$$\text{Consumo energetico (GLP)} = \left(402.33 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} (\text{GLP})\right) (8 \text{ horas})(30 \text{ dias})$$

$$\text{Consumo energetico (GLP)} = 96559.20 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} (\text{GLP})$$

Finalmente se calcula las emisiones de CO2 que generaría este sistema:

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

$$\text{Emision de (GLP)} = \left(2.94 \frac{\text{Kg CO2}}{\text{Kg}}\right) \left(96559.20 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} (\text{GLP})\right)$$

$$\text{Emision de (GLP)} = 283884.05 \frac{\text{Kg CO2}}{\text{mes}}$$

Haciendo una comparación para obtener el ahorro que se generaría se tiene lo siguiente:

$$\text{Ahorro mensual} = \text{Precio al mes (Diesel)} - \text{Precio al mes (GLP)}$$

$$\text{Ahorro mensual} = \$ 92073.60 - \$ 87868.87$$

$$\text{Ahorro mensual} = \$ 4204.73$$

Este resultado que nos da es el ahorro mensual trabajando 8 horas al día por 30 días.

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

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

$$\% \text{ Emision} = \frac{335962.66 \text{ Kg} \frac{\text{CO2}}{\text{mes}} - 283884.05 \text{ kg} \frac{\text{CO2}}{\text{mes}}}{335962.66 \text{ Kg} \frac{\text{CO2}}{\text{mes}}}$$

$\% \text{ Emision} = 16 \%$

Esto quiere decir que G.L.P. genera 16 % menos emisiones que el diésel

## Apéndice J

### Tabla de precios

PRODUCTO	Unidad de medida	PRECIO EN TERMINAL (Incluye el 15% del I.V.A.) Expresado en US\$
<b>SECTOR PETROLERO MINERO</b>		
ABSORVER PETROLERO	Galones	\$ 2,783961
DIESEL 1 PETROLERO	Galones	\$ 2,783961
DIESEL 2 PETROLERO	Galones	\$ 2,783961
DIESEL PREMIUM PETROLERO	Galones	\$ 3,213281
FUEL OIL PETROLERO	Galones	\$ 1,912368
GASOLINA EXTRA PETROLERO	Galones	\$ 3,112063
EXTRA CON ETANOL PETROLERO	Galones	\$ 3,068805
GASOLINA SUPER PREMIUM 95 PETROLERO	Galones	\$ 3,392661
<b>SECTOR INDUSTRIAL</b>		
DIESEL 1 INDUSTRIAL	Galones	\$ 2,783961
DIESEL 2 INDUSTRIAL	Galones	\$ 2,783961
DIESEL PREMIUM INDUSTRIAL	Galones	\$ 3,213281
EXTRA INDUSTRIAL	Galones	\$ 3,112063
EXTRA CON ETANOL INDUSTRIAL	Galones	\$ 3,068805
SUPER PREMIUM 95 PREMIUM INDUSTRIAL	Galones	\$ 3,392661
FUEL OIL No. 6 INDUSTRIAL	Galones	\$ 1,912368
FUEL OIL LIVIANO	Galones	\$ 1,912368
GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP) INDUSTRIAL	Kilogramos	\$ 0,911798
GAS NATURAL	Millón de BTUs	\$ 4,336075
GAS NATURAL LICUADO	Millón de BTUs	\$ 7,550825
RESIDUO INDUSTRIAL	Galones	\$ 1,095303
MINERAL TURPENTINE	Galones	\$ 2,332331
RUBBER SOLVENT	Galones	\$ 2,300633
CEMENTOS ASFALTICOS NO OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,610938
ASFALTOS INDUSTRIALES NO OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,610938
CEMENTOS ASFALTICOS OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,306475
ASFALTOS INDUSTRIALES OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,306475
GASOLINA EXTRA CAMARONERO	Galones	\$ 3,112063
GASOLINA EXTRA CON ETANOL CAMARONERO	Galones	\$ 3,068805
DIESEL 2 CAMARONERO	Galones	\$ 2,783961
DIESEL PREMIUM CAMARONERO	Galones	\$ 3,213281
<b>SECTORES ELÉCTRICO Y OTROS</b>		
DIESEL 2 / PREMIUM ELÉCTRICO	Galones	\$ 0,924830
FUEL OIL 4 ELÉCTRICO LIBERTAD	Galones	\$ 0,552000
CRUDO REDUCIDO ELÉCTRICO	Galones	\$ 0,374789
FUEL OIL 6 ELÉCTRICO	Galones	\$ 0,417879
GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.) AGRÍCOLA	Kilogramos	\$ 0,193500
GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.) DOMÉSTICO	Kilogramos	\$ 0,110000

Fuente: (PetroEcuador, 2024).

SECTOR NAVIERO		
DIESEL PREMIUM MARINO	Galones	\$ 3,213281
DIESEL PREMIUM TURISTA	Galones	\$ 3,213281
DIESEL 2 MARINO	Galones	\$ 2,783961
DIESEL 2 NACIONAL	Galones	\$ 2,783961
GASOLINA EXTRA	Galones	\$ 3,112063
EXTRA ETANOL MARINO	Galones	\$ 3,068805

SECTOR USO PARTICULAR Y PESCA DEPORTIVA		
DIESEL 2 INTERNACIONAL	Galones	\$ 2,783961
DIESEL PREMIUM INTERNACIONAL	Galones	\$ 3,213281
EXTRA CON ETANOL INTERNACIONAL	Galones	\$ 3,112063
EXTRA INTERNACIONAL	Galones	\$ 3,068805
SUPER PREMIUM 95 INTERNACIONAL	Galones	\$ 3,392661

SECTORES PESQUERO Y ATUNERO		
GASOLINA PESCA ARTESANAL	Galones	\$ 0,820625
GASOLINA EXTRA PESQUERO	Galones	\$ 3,112063
GASOLINA EXTRA CON ETANOL PESQUERO	Galones	\$ 3,068805
DESEL 2 PESQUERO	Galones	\$ 1,803190
DIESEL PREMIUM PESQUERO	Galones	\$ 1,803190
DIESEL 2 ATUNERO	Galones	\$ 1,803190
DIESEL PREMIUM ATUNERO	Galones	\$ 1,803190

SECTOR AUTOMOTRIZ		
GASOLINA EXTRA AUTOMOTRIZ	Galones	\$ 2,581452
GASOLINA EXTRA CON ETANOL AUTOMOTRIZ	Galones	\$ 2,581452
DIESEL PREMIUM (AUTOMOTRIZ)	Galones	\$ 1,649297
GASOLINA SUPER PREMIUM 95 AUTOMOTRIZ	Galones	\$ 3,356076
DIESEL PREMIUM TRANSP. DE CARGA PESADA PLACA INTERNACIONAL	Galones	\$ 1,649297
GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.) TAXIS	Kilogramos	\$ 0,193500

Nota:   Precio establecido en el Decreto Ejecutivo No. 150, vigente a partir del 30 de enero de 2024

Nota:   Precio establecido por la ARCH conforme Decreto Ejecutivo No. 308

SECTOR AEREO		
JET FUEL TPCO	Galones	\$ 2,679229
AVGAS PARTICULAR E INTERNACIONAL	Galones	\$ 8,228778
AVGAS NACIONAL	Galones	\$ 2,530000

Fuente: (PetroEcuador, 2024).

SECTOR AEREO		
JET FUEL TPCO	Galones	\$ 2,679229
AVGAS PARTICULAR E INTERNACIONAL	Galones	\$ 8,228778
AVGAS NACIONAL	Galones	\$ 2,530000

DECRETOS EJECUTIVOS No. 308

SECTOR NAVIERO INTERNACIONAL		
------------------------------	--	--

PERIODO DE VIGENCIA: DEL 12 DE AGOSTO AL 11 DE SEPTIEMBRE DE 2024

PRODUCTO	Unidad de medida	PRECIO EN TERMINAL (Incluye el 15% del I.V.A.) Expresado en US\$
DIESEL PREMIUM MARINO	Galones	\$ 3,213281
DIESEL PREMIUM MARINO (CRED.)	Galones	\$ 3,235693
MDO 1 (MARINE GASOIL)	Toneladas	\$ 882,515486
MDO 2 (MARINE GASOIL)	Toneladas	\$ 882,515486

Fuente: (PetroEcuador, 2024).

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

SECTOR INDUSTRIAL		
RESIDUO CEMENTERO	Galones	\$ 1,000059

Nota: El IVA de este producto corresponde a la tarifa señalada en la Resolución No. NAC-DGERCGC24-00000013, ratificada por el SRI a través de Oficio Nro. SRI-NAC-SGC-2024-0094-O de 07 de junio de 2024.

Fuente: (PetroEcuador, 2024).

## Apéndice K

### Especificaciones de mantenimiento para la red G.L.P.

Protocolo de mantenimiento de los elementos del sistema de G.L.P,

**Tabla 20**

*Protocolo de mantenimiento e inspección de elementos de red G.L.P,*

Nº	Actividad	FRECUANCIA	DURACIÓN	ESTADO
1	Inspección visual externa	Mensual	1 hora	en operación
2	Medición de espesores	5 años	30 min	en operación
3	Prueba hidrostática	10 años	8 horas	no operación
4	Pintura y señalización	5 años	5 horas	no operación

*Nota.* En la Tabla se muestra los parámetros de mantenimiento e inspección de elementos de red

G.L.P.

## Apéndice L

### Tuberías

	TRAMO / SECCION	CAUDAL (BTU/H)	Longitud [m]	Longitud Equivalente [m]	Presión de trabajo				Presión 2				Desidad relativa	Caudal		Diámetro Calculado		Diámetro seleccionado		VEL CAL	VEL SEL
					[psig]	[Pa]	[psia]	[Pa]	[psig]	[Pa]	[psia]	[Pa]		[BTU/h]	[m <sup>3</sup> /s]	[in]	[in]	[in]	[m]	[m/s]	[m/s]
1	tanques - reg Iena et	17.094.831	18,05	21,66	80	551.580,80	94,7	652.933,8	72,00	496.422,7	86,7	597.776,8	2,01	17.094.831	0,0544	0,022	0,88	1,25	0,03175	139,4778	69,9135
2	A-B	17.094.831	14,49	17,388	30	206.842,80	44,7	308.195,8	27,00	186.158,5	41,7	287.511,9	2,01	17.094.831	0,0544	0,031	1,21	2,00	0,0508	74,7622	27,3100
3	B - B1	4.504.027	177,78	213,336	30	206.842,80	44,7	308.195,8	27,00	186.158,5	41,7	287.511,9	2,01	4.504.027	0,0143	0,031	1,23	2,00	0,0508	19,0581	7,1954
4	B1-C	4.504.027	4,55	5,46	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	4.504.027	0,0143	0,028	1,12	2,00	0,0508	23,0857	7,1954
5	C-EQ1	3.378.021	1,92	2,304	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	3.378.021	0,0107	0,021	0,84	1,25	0,03175	30,7779	13,8153
6	C-D	3.378.021	2,32	2,784	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	3.378.021	0,0107	0,022	0,87	2,00	0,0508	28,4535	5,3966
7	D-EQ2	2.252.014	1,88	2,256	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	2.252.014	0,0072	0,018	0,72	1,25	0,03175	28,1140	9,2102
8	D-E	2.252.014	2,42	2,904	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	2.252.014	0,0072	0,019	0,75	2,00	0,0508	25,3176	3,5977
9	E-EQ3	1.126.007	1,94	2,328	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,014	0,55	1,25	0,03175	23,4188	4,6051
10	E-F	1.126.007	2,4	2,88	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,015	0,58	2,00	0,0508	21,4398	1,7989
11	F-EQ4	1.126.007	1,98	2,376	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,014	0,56	1,25	0,03175	23,2214	4,6051
12	B-B2	12.590.804	4,32	5,184	30	206.842,80	44,7	308.195,8	27,00	186.158,5	41,7	287.511,9	2,01	12.590.804	0,0401	0,021	0,84	2,00	0,0508	114,6180	20,1145
13	B2-G	12.590.804	118,64	142,368	30	206.842,80	44,7	308.195,8	27,00	186.158,5	41,7	287.511,9	2,01	12.590.804	0,0401	0,042	1,67	2,00	0,0508	28,9909	20,1145
14	G1	3.378.021	5,92	7,104	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	3.378.021	0,0107	0,027	1,06	2,00	0,0508	19,2897	5,3966
15	I-EQ5	2.252.014	1,08	1,296	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	2.252.014	0,0072	0,016	0,64	1,25	0,03175	35,3845	9,2102
16	I1	2.252.014	4,43	5,316	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	2.252.014	0,0072	0,022	0,85	2,00	0,0508	19,6999	3,5977
17	J-EQ6	1.126.007	0,2	0,24	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,009	0,35	1,25	0,03175	60,1193	4,6051
18	J-EQ7	1.126.007	3,14	3,768	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,016	0,61	1,25	0,03175	19,1774	4,6051
19	G-K	9.212.783	0,6	0,72	30	206.842,80	44,7	308.195,8	27,00	186.158,5	41,7	287.511,9	2,01	9.212.783	0,0293	0,013	0,49	2,00	0,0508	240,8688	14,7180
20	K-L	2.252.014	5,79	6,948	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	2.252.014	0,0072	0,023	0,90	2,00	0,0508	17,6286	3,5977
21	L-EQ8	1.126.007	0,58	0,696	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,011	0,43	1,25	0,03175	38,6498	4,6051
21	L-EQ9	1.126.007	2,61	3,132	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	1.126.007	0,0036	0,015	0,59	1,25	0,03175	20,7064	4,6051
22	K-K1	6.960.770	7,23	8,676	30	206.842,80	44,7	308.195,8	27,00	186.158,5	41,7	287.511,9	2,01	6.960.770	0,0221	0,019	0,75	2,00	0,0508	80,0638	11,1202
23	K1-M	6.960.770	5,46	6,552	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	6.960.770	0,0221	0,035	1,37	2,00	0,0508	23,8107	11,1202
24	M-EQ10	3.480.385	4,87	5,844	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	3.480.385	0,0111	0,026	1,03	2,00	0,0508	21,0709	5,5601
25	M-EQ11	3.480.385	4,8	5,76	3	20.684,28	17,7	122.037,3	2,70	18.615,9	17,4	119.968,9	2,01	3.480.385	0,0111	0,026	1,02	2,00	0,0508	21,1979	5,5601

## Apéndice M

### Equipos de consumo

Tabla 1. Equipos de Consumo				Tabla 2. Consumo de GLP			Factores de conversión	
Descripción	Cantidad	Consumo Unitario [Btu/h]	Consumo Total [Btu/h]	Consumo Total [Kg/h]	Consumo	Carga Total BTU/Kg. De Gas	Unidades	Kw a btu/h (x3412,142)
RS 100 TL FS1 3/220/60Hz 150/700-1340 kw	2	3.480.384,84	6.960.769,68	149,69	PCI	46.500	Btu/Kg	btu/h a kg/h (x46500)
GULLIVER RSSF 1/220-60Hz 160 ± 330 kw	9	1.126.006,86	10.134.061,74	217,94	Consumo	275,72	Kg/h	
		Subtotal	17.094.831,42		Horas de uso	8	h/día	
		Factor de Simultaneidad	0,75		Consumo diario	2.205,78	kg/día	
		Carga Total	12.821.123,57	275,72	Consumo por mes	66.173,54	kg/mes	
		<b>Total</b>	<b>12.821.123,57</b>					

CONFIGURACIÓN DE TANQUES		
Volumen de tanque (m3)	7,57	m3
Tipo de tanque	Aéreo	
Cantidad de Tanques	6	
Vaporización del sistema al 40%	402,33	kg/h
Autonomía	7	días

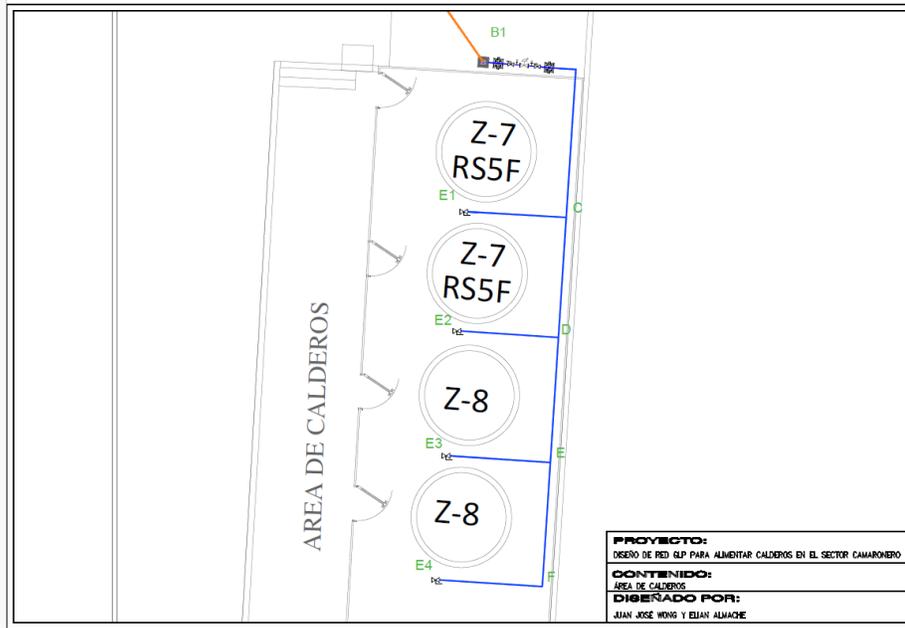
## Apéndice N

### Vaporización

Volumen de tanque GLP (m3)	Marca	Diametro ext (m)	Diametro ext (mm)	Longitud del tanque (m)	Longitud del tanque (mm)	Superficie por tanque (m2)	Superficie Total dependiendo cantidad de tanque (m2)	Con un tanque	Cantidad de tanques requeridos	Cantidad de tanques exactos requeridos	VAPORIZACIÓN de un tanque (kg/h)	VAPORIZACIÓN total tanques exactos (kg/h)	Cumple	Capacidad útil instalada	Autonomía	Autonomía exacta
0.454	TRINITY	0.76	760	1.28	1280	3.601	100.615	1	27.76	28	9.933	276.117	SI	4379.284	1.99	1
0.946	TRINITY	0.8	800	2.2	2200	6.132	104.251	1	16.30	17	16.917	167.596	SI	5540.249	2.51	2
1.893	TRINITY	0.95	950	3	3000	9.804	107.846	1	10.19	11	27.047	297.513	SI	7173.524	3.25	3
3.785	TRINITY	1.04	1040	4.85	4850	16.866	101.194	1	5.93	6	46.527	279.163	SI	7823.595	3.55	3
7.57	ARCOSA	1.62	1620	4.29	4290	24.307	145.842	1	4.11	6	67.055	402.333	SI	15647.190	7.09	7
10.17	B&T	2	2000	4	4000	28.903	115.611	1	3.46	4	79.734	318.935	SI	14014.260	6.35	6
20	ACERO LOS ANDES	2	2000	9.2	9200	61.575	123.151	1	1.62	2	169.068	339.735	SI	13700.000	6.25	6

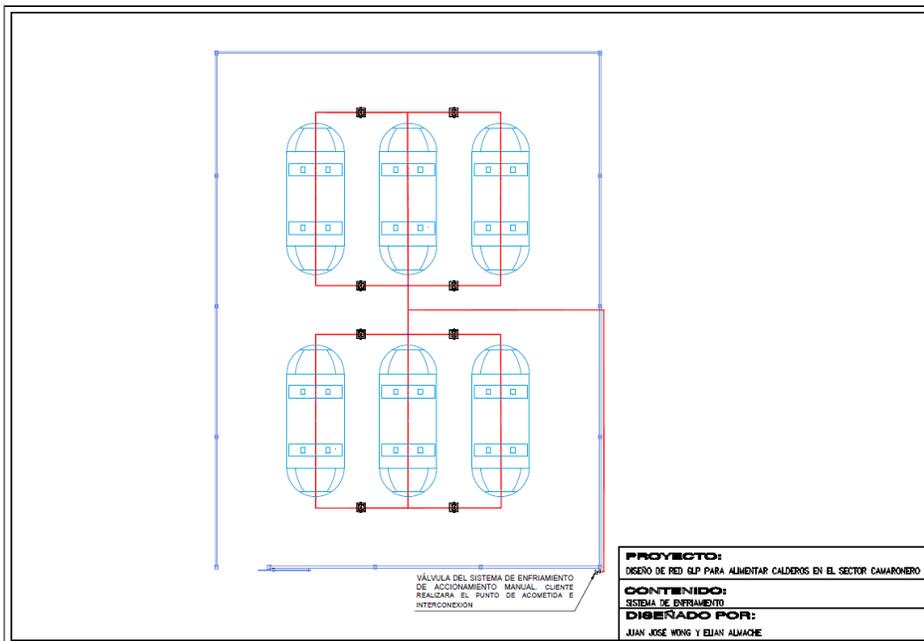
### Apéndice O

#### Área de calderos 1



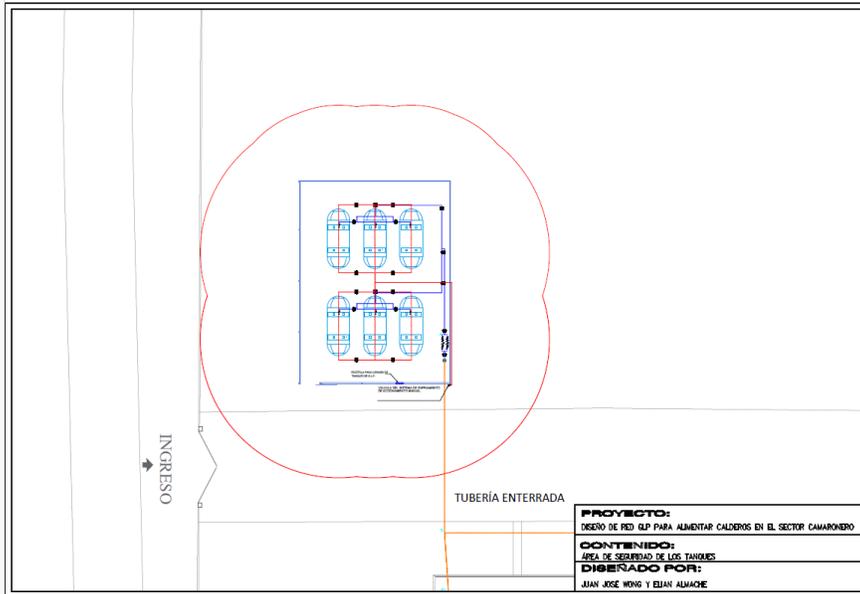
### Apéndice P

#### Sistema de enfriamiento plano



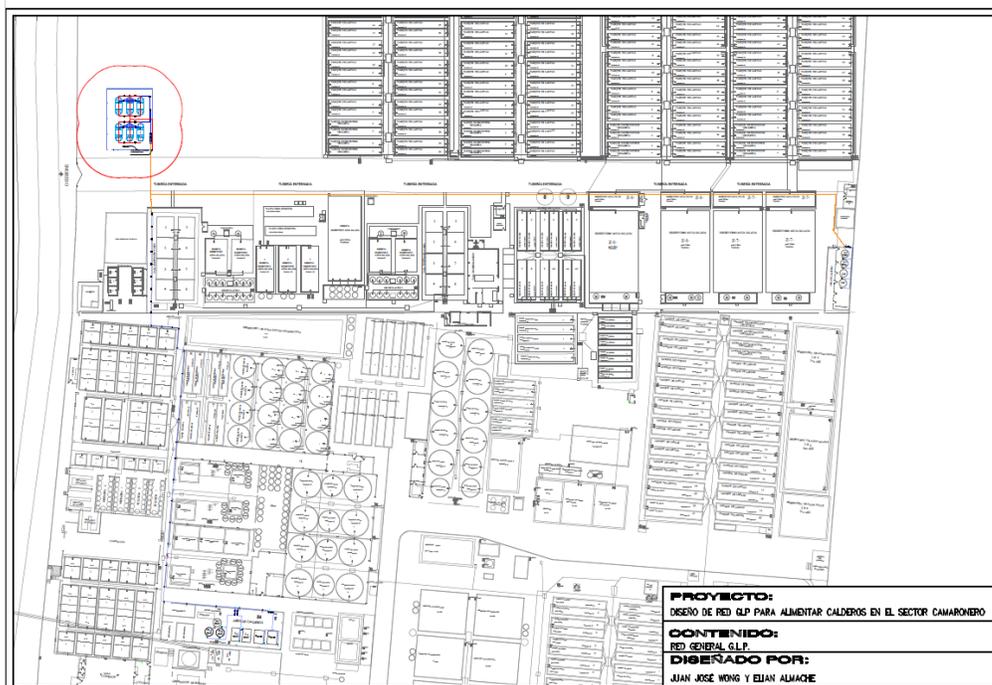
## Apéndice Q

### Área de Seguridad



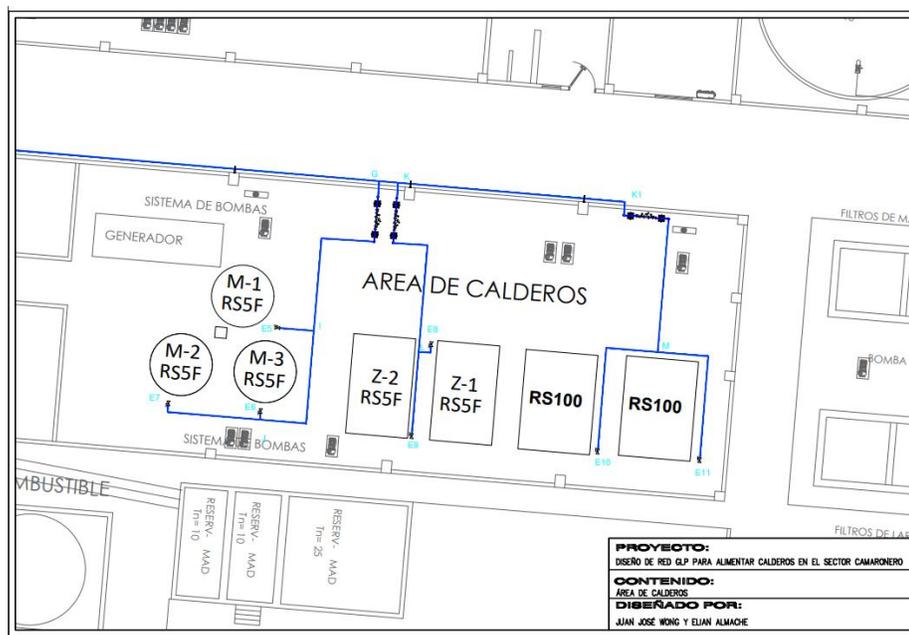
## Apéndice R

### Planos - Red General



## Apéndice S

### Área de Calderos 2



## Apéndice T

### Presupuesto del Proyecto

ÍTE M	CANT	UND	DETALLE	COSTO HORA MANO DE OBRA	TOTAL MANO DE OBRA	V. UNIT. MATERIA L	TOTAL MATERIALES	TOTAL
<b>RED PRINCIPAL DE G.L.P.</b>								
1	170	m	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PARA G.L.P. FASE GASEOSA, ASTM A53 GRADO B AL CARBONO ASTM A53 SCH. 40 S/C, 2", INCLUYE ACCESORIOS Y ELEMENTOS SOPORTANTES.	\$20,22	\$3.437,40	\$24,86	\$4.226,20	\$7.663,60
2	10	m	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PARA G.L.P. FASE GASEOSA, ASTM A53 GRADO B AL CARBONO ASTM A53 SCH. 40 S/C, 1 1/2", INCLUYE ACCESORIOS Y ELEMENTOS SOPORTANTES.	\$13,83	\$138,30	\$18,93	\$189,30	\$327,60
3	42	m	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PARA G.L.P. FASE GASEOSA, ASTM A53 GRADO B AL CARBONO ASTM A53 SCH. 40 S/C, 1 1/4", INCLUYE ACCESORIOS Y ELEMENTOS SOPORTANTES.	\$12,24	\$514,08	\$18,93	\$795,06	\$1.309,14
4	10	m	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PARA G.L.P. FASE GASEOSA, ASTM A53 GRADO B AL CARBONO ASTM A53 SCH. 40 S/C, 1", INCLUYE ACCESORIOS Y ELEMENTOS SOPORTANTES.	\$10,64	\$106,40	\$13,46	\$134,60	\$241,00
5	197	m	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PARA G.L.P. FASE GASEOSA, POLIETILENO PE-80 2", INCLUYE ACCESORIOS Y TRANSICIONES.	\$5,17	\$1.018,49	\$12,85	\$2.531,45	\$3.549,94
6	2	u	REGULADOR DE PRIMERA ETAPA G.L.P., CAPACIDAD 600 KG/H, PRESIÓN DE ENTRADA MÁX 16 BAR, PRESIÓN DE SALIDA 2 BAR, CONEXIONES DE ENTRADA Y SALIDA 2"	\$49,63	\$99,26	\$3.878,68	\$7.757,36	\$7.856,62
7	4	u	REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA G.L.P., CAPACIDAD 150 KG/H, PRESIÓN DE ENTRADA 1.9 BAR, PRESIÓN DE SALIDA 150-300 MBAR.	\$49,63	\$198,52	\$1.062,50	\$4.250,00	\$4.448,52
8	6	u	CONEXIÓN FLEXIBLE 3/4" PARA GAS L.P. 80 CM, CON ACOPLE POOL.	\$24,81	\$148,86	\$93,75	\$562,50	\$711,36
9	6	u	MANÓMETRO 0 - 200 PSI, TOMA VERTICAL NPT M. 1/4".	\$24,81	\$148,86	\$25,68	\$154,08	\$302,94
10	6	u	MANÓMETRO 0 - 500 MBAR, TOMA VERTICAL NPT M. 1/4".	\$24,81	\$148,86	\$62,50	\$375,00	\$523,86
11	12	u	VÁLVULA DE CORTE MEDIA VUELTA 1/4", TIPO CABO LARGO.	\$24,81	\$297,72	\$18,08	\$216,96	\$514,68

12	9	u	VÁLVULA DE CORTE MEDIA VUELTA 1 1/4", TIPO CABO LARGO.	\$24,81	\$223,29	\$36,46	\$328,14	\$551,43
13	6	u	VÁLVULA DE CORTE MEDIA VUELTA 1 1/2", TIPO CABO LARGO.	\$24,81	\$148,86	\$82,53	\$495,18	\$644,04
14	14	u	VÁLVULA DE CORTE MEDIA VUELTA 2", TIPO CABO LARGO.	\$24,81	\$347,34	\$124,63	\$1.744,82	\$2.092,16
15	1	gbl.	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA SEIS (6) TANQUES ESTACIONARIOS DE GLP 8M3, CON TUBERÍA HG 1" INCLUYE SIETE (7) ROCIADORES SPIRAL JET POR TANQUE Y VALVULAS DE CORTE PARA ACCIONAMIENTO MANUAL.	\$1.477,43	\$1.477,43	\$1.762,13	\$1.762,13	\$3.239,56
16	6	u	SEÑALÉTICA ADHESIVA DE SEGURIDAD PARA TANQUE ESTACIONARIO DE ACUERDO CON EL ANEXO 1.	\$49,63	\$297,78	\$87,50	\$525,00	\$822,78
17	10	u	LETREROS DE SEGURIDAD EN FORMATO A3, ESPECIFICADO EN ANEXO "LETREROS", INCLUYE INSTALACIÓN.	\$13,03	\$130,30	\$43,75	\$437,50	\$567,80
18	6	u	LETREROS INFORMATIVO EN FORMATO A3 ESPECIFICADO EN ANEXO "LETREROS", INCLUYE INSTALACIÓN.	\$13,03	\$78,18	\$43,75	\$262,50	\$340,68
19	2	u	LETRERO PROCEDIMIENTO DE CARGA Y DESCARGA DE GAS L.P. EN FORMATO 1, ESPECIFICADO EN ANEXO "LETREROS", INCLUYE INSTALACIÓN.	\$13,03	\$26,06	\$56,25	\$112,50	\$138,56
20	11	u	PRUEBAS DE ESTANQUIDAD CONFORME LO ESPECIFICADO EN LA NORMA INEN 2260 NUMERAL 8 "ENSAYOS Y VERIFICACIONES".	\$62,50	\$687,50	\$31,25	\$343,75	\$1.031,25
21	1	gbl.	MEMORIAS TÉCNICAS, PLANOS Y GESTIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PERMISOS DEL CUERPO DE BOMBEROS DE LA LOCALIDAD.	\$937,50	\$937,50	\$ -	\$ -	\$937,50
22	1	gbl.	ELABORACIÓN DE PLANOS P&ID.	\$937,50	\$937,50	\$ -	\$ -	\$937,50
<b>OBRA CIVIL</b>								
23	30	u	CONSTRUCCIÓN DE SOPORTERÍA CON TUBO CUADRADO 75X75X3MM	\$24,81	\$744,30	\$24,81	\$744,30	\$1.488,60
24	3	u	PROTECCIÓN MECÁNICA PARA TRANSICIÓN DE TUBERÍA DE POLIETILENO A TUBERÍA DE AN CD 40, ACABADO DE PINTURA AMARILLA CON FRANJAS NEGRAS.	\$24,81	\$74,43	\$31,25	\$93,75	\$168,18

QUEMADORES								
25	2	u	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN DE QUEMADOR PARA G.L.P. CALDERA 150 BHP, REF. QUEMADOR RIELLO RS100TL 700 - 1340KW, DEBERÁ INCLUIR; TREN DE GAS, DESMONTAJE DEL QUEMADOR ANTIGUO, MONTAJE DEL QUEMADOR NUEVO, CORRECCIÓN CONO REFRACTARIO, CONEXIONES FLEXIBLES DE GAS, PUESTA EN MARCHA.	\$1.488,00	\$2.976,00	\$9.828,72	\$19.657,44	\$22.633,44
26	9	u	SUMINISTRO E IMPLEMENTACIÓN DE QUEMADOR PARA G.L.P. CALDERA 30 BHP, REF. QUEMADOR RIELLO RS5F 160 - 330KW, DEBERÁ INCLUIR; TREN DE GAS, DESMONTAJE DEL QUEMADOR ANTIGUO, MONTAJE DEL QUEMADOR NUEVO, CORRECCIÓN CONO REFRACTARIO, CONEXIONES FLEXIBLES DE GAS, PUESTA EN MARCHA.	\$876,00	\$7.884,00	\$2.646,29	\$23.816,61	\$31.700,61
TOTAL								\$94.743,35

**No incluye los siguientes trabajos:**

- ✓ Aranceles por permisos por parte del Cuerpo de Bomberos de la localidad.
- ✓ Valores no contemplados en la presente oferta.
- ✓ Filtros para los reguladores de primera y segunda etapa.