

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Química y Textil



TESIS

**Análisis de viabilidad técnica, económica y de seguridad para la
instalación de un gasocentro de GLP en una estación de
servicios**

Para obtener el título profesional en Ingeniería Química.

Elaborado por

Walter Rodrigo Ratto Tiburcio

 [0009-0002-2124-5632](https://orcid.org/0009-0002-2124-5632)

Asesor

MSc. Julia Victoria Salinas García

 [0009-0002-3646-1661](https://orcid.org/0009-0002-3646-1661)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Ratto Tiburcio [1]
Referencia/Reference	[1] W. Ratto Tiburcio, <i>“Análisis de viabilidad técnica, económica y de seguridad para la instalación de un gasocentro de GLP en una estación de servicios”</i> [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Ratto, 2025)
Referencia/Reference	Ratto, W. (2025). <i>Análisis de viabilidad técnica, económica y de seguridad para la instalación de un gasocentro de GLP en una estación de servicios</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico en especial a mi yo del futuro, para demostrar y recordar el esfuerzo puesto para finalizar una etapa importante para mí. Demostrando así que con esfuerzo, creatividad y disciplina se puede afrontar hasta los retos más complicados.

Agradecimientos

Mi agradecimiento a las personas que desearon, estuvieron pendientes e hicieron de que se materialice el finalizar una etapa en mi vida académica y profesional, en especial a mis padres, hermanos y a Susana.

Agradezco a mis padres por el esfuerzo brindado a lo largo de mi existencia, por su apoyo incondicional dado para poder salir adelante, sacrificando muchas cosas en este proceso.

A mi asesora, la Ing. Julia Salinas, por su disponibilidad para apoyarme y corregir ciertos aspectos en este trabajo.

Resumen

El uso del GLP automotor a lo largo del país ha determinado en muchos lugares el desempeño de las labores económicas llevadas a cabo, al ser un combustible de más amplio rango de uso y accesible que el GNV (en el contexto peruano), y pudiendo ser usado con mayor facilidad en vehículos menores. En ese aspecto, el GLP automotor ha sido el punto de interés en este estudio, donde se lleva a cabo una determinación de la factibilidad técnica y económico - financiero para la ampliación de un establecimiento, con la finalidad de que pueda comercializar GLP automotor.

El estudio incluye el dimensionamiento del tanque de GLP, diseño del sistema de protección catódica, la configuración de las instalaciones y una evaluación de las métricas económicas y financieras para determinar la rentabilidad del proyecto. Los precios de compra y venta del GLP automotor se evalúan en base a proyecciones para los próximos diez años, considerando los precios históricos reportados de la planta de fraccionamiento de Pisco y los precios promedio de venta en la región Huánuco.

El capítulo final presenta los resultados obtenidos, obteniendo que con una TIR del 17,51% para la evaluación económica y una TIR del 28,92% para la evaluación financiera, el proyecto se considera rentable.

Palabras clave – GLP, estación de servicios, evaluación económica y financiera, protección catódica.

Abstract

The utilization of automotive LPG nationwide has significantly influenced economic activities in many regions, as it is a more versatile and accessible fuel compared to NGV within the Peruvian context and is more readily applicable in smaller vehicles. This study focuses on automobile LPG, assessing the technical and economic-financial viability for the expansion of a facility to enable the commercialization of automotive LPG. The analysis includes the size of the LPG tank, the design of the cathodic protection system, the arrangement of the facilities, and an assessment of the economic and financial metrics to ascertain the project's viability. The acquisition and disposition prices of automobile LPG are assessed based on forecasts for the forthcoming decade, taking into account the documented historical prices from the Pisco fractionation facility and the typical sales prices in the Huanuco region.

The concluding chapter presents the findings, indicating that with an IRR of 17.51% for the economic assessment and an IRR of 28.92% for the financial evaluation, the project is deemed profitable.

Keywords – LPG, service station, economic and financial evaluation, cathodic protection.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xviii
Capítulo I. Problema de investigación	1
1.1 Antecedentes referenciales	1
1.1.1 Contexto nacional	1
1.1.2 Contexto internacional.....	4
1.2 Planteamiento de la realidad problemática.....	5
1.2.1 Formulación del problema	6
1.3 Objetivos y alcances	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 Alcances de la investigación	7
Capítulo II. Marco teórico y conceptual	9
2.1 Historia del Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	9
2.2 Composición y propiedades fisicoquímicas del GLP	11
2.2.1 Odorización.....	12
2.2.2 Aspectos de seguridad:.....	13
2.2.2.1 Riesgo de inflamabilidad.	14
2.2.2.2 Riesgos para la salud.....	15
2.2.3 Producción y procesamiento	15
2.2.4 Recuperación a partir del gas natural	18
2.2.5 Recuperación y manufactura en las refinerías	19
2.3 Almacenamiento y transporte.....	22
2.4 Usos.....	23
2.4.1 Principales usos	23

2.4.2	Mercado de Autogas	27
2.5	GLP en el Perú	30
2.5.1	Breve historia	30
2.5.2	Entidad Reguladora	32
2.5.3	Precio GLP en el Perú.....	33
2.5.3.1	Factores que afectan el precio del GLP.	34
2.5.3.2	Subsidios gubernamentales.	36
2.5.4	Problemática de GLP-G y GLP-E.....	37
2.6	Mercado de GLP en el Perú.....	39
2.6.1	GLP automotor.....	40
2.6.2	Demanda de GLP en el Perú	41
2.6.3	Producción de GLP en Plantas de procesamiento de Gas Natural.....	43
2.6.4	Producción de GLP en refinerías	44
2.6.5	Producción total de GLP	46
2.6.5.1	Balance Oferta – Demanda de GLP.....	47
2.7	Cadena de comercialización de GLP en el Perú	47
2.7.1	Plantas de Producción	49
2.7.2	Plantas de Abastecimiento.....	52
2.7.3	Plantas de Envasado	53
2.7.4	Medios de transporte de GLP a granel.....	54
2.7.5	Medios de transporte de GLP en cilindros.....	55
2.8	Estaciones de servicio con gasocentro de GLP.....	55
2.8.1	Infraestructura de un gasocentro de GLP.....	56
2.8.1.1	Componentes principales.....	56
2.8.1.2	Requisitos de instalación y operación.	56
2.8.1.2.1	Informe técnico favorable.	56
2.8.1.2.2	Verificación de pruebas y conformidad.....	57
2.9	Normativa técnica y reglamentos de seguridad.....	57

2.9.1	Reglamentos Nacionales sobre Hidrocarburos	29
2.9.2	Normas técnicas	30
2.9.2.1	Normativa nacional.	30
2.9.2.2	Normativa internacional.	31
2.9.3	Seguridad en gasocentros de GLP.....	57
2.9.3.1	Protocolos de seguridad en el almacenamiento y despacho.	58
2.10	Seguridad Energética.....	59
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		61
3.1	Metodología	61
3.1.1	Tipo y nivel de investigación.....	61
3.1.2	Diseño de la investigación.....	61
3.1.3	Población y muestra de la investigación.....	62
3.1.4	Operacionalización de variables.....	62
3.2	Generalidades de la ampliación del establecimiento	62
3.2.1	Ubicación del establecimiento	62
3.2.2	Distribución actual del establecimiento.....	63
3.2.3	Demanda de GLP a nivel de departamentos.....	65
3.2.4	Demanda de GLP a nivel local.....	67
3.2.5	Parque automotor	69
3.2.5.1	Nivel departamental.	69
3.2.5.2	Nivel provincial.....	70
3.2.6	Establecimientos que expenden GLP en las cercanías del establecimiento.....	71
3.2.7	Oferta de GLP a nivel local	73
3.2.8	Demanda de GLP a nivel local.....	73
3.3	Evaluación técnica de la ampliación.....	75
3.3.1	Diseño de la ampliación del establecimiento.....	75
3.3.2	Tanque de almacenamiento.....	76
3.3.2.1	Capacidad.....	77

3.3.2.2 Material.....	77
3.3.2.3 Forma.....	77
3.3.2.4 Instalación.....	77
3.3.2.5 Zona de seguridad.....	79
3.3.2.6 Accesorios.....	79
3.3.2.7 Dimensionamiento del tanque de GLP.....	81
3.3.2.8 Capacidad calculada de acuerdo con la demanda.....	81
3.3.2.9 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.....	82
3.3.2.10 Cálculo del espesor.....	86
3.3.2.10.1 Esfuerzo circunferencial.....	87
3.3.2.10.2 Esfuerzo longitudinal (uniones circunferenciales).....	88
3.3.2.11 Obras civiles.....	89
3.3.2.11.1 Caja de concreto.....	89
3.3.3 Tuberías.....	90
3.3.3.1 Tubería de llenado del tanque de almacenamiento.....	91
3.3.3.2 Tuberías hacia los dispensadores.....	92
3.3.4 Bomba para despacho de GLP.....	92
3.3.5 Válvulas y accesorios.....	94
3.3.6 Dispensadores.....	95
3.3.7 Sistema de protección catódica.....	96
3.3.7.1 Protección catódica para el tanque de almacenamiento.....	96
3.3.7.1.1 Área a proteger.....	98
3.3.7.1.2 Procedimiento para hallar el número de ánodos a instalar.....	98
3.3.7.1.3 Cálculo de resistencias con el método eléctrico.....	98
3.3.7.1.4 Resistencia total del circuito.....	99
3.3.7.1.5 Número de ánodos necesarios.....	99
3.3.7.1.6 Vida útil del sistema de protección catódica.....	100
3.3.7.2 Protección catódica para las tuberías de GLP.....	101

3.3.7.2.1	Área total a proteger.	102
3.4	Evaluación de seguridad en las instalaciones del proyecto de ampliación	104
3.4.1	Áreas clasificadas en las instalaciones	112
3.4.2	Acometida eléctrica.....	115
3.4.3	Seguridad en la descarga de GLP	117
3.5	Evaluación económica y financiera	118
3.5.1	Generalidades.....	118
3.5.2	Costos de inversión.....	119
3.5.2.1	Equipos e instalaciones	119
3.5.2.1.1	Costos intangibles.....	119
3.5.2.1.2	Tanque de almacenamiento y tuberías.	120
3.5.2.1.3	Sistema de despacho.....	121
3.5.2.1.4	Obras civiles.	121
3.5.2.1.5	Sistema de protección catódica.....	122
3.5.2.1.6	Accesorios y equipos para la seguridad en el establecimiento.....	123
3.5.2.1.7	Instalaciones	123
3.5.2.2	Inversión total en capital fijo	123
3.5.2.3	Costos fijos	124
3.5.2.3.1	Costo de mantenimiento	124
3.5.2.3.2	Costo de mano de obra.....	124
3.5.2.3.3	Costo del seguro de responsabilidad civil extracontractual.	125
3.5.2.4	Costos variables.	125
3.5.2.4.1	Inversión en energía.	125
3.5.2.4.2	Agua.	126
3.5.2.4.3	Telefonía e internet	126
3.5.3	Volumen de GLP a comercializar	126
3.5.4	Precios de compra y venta del GLP	127
3.5.4.1	Precio de compra GLP.....	127

3.5.4.2 Precio de venta GLP	128
3.5.5 Evaluación económica	129
3.5.5.1 Estado de ganancias y pérdidas - evaluación económica	129
3.5.5.2 Capital de trabajo	130
3.5.5.3 Flujo de caja proyectado – económico	131
3.5.6 Evaluación financiera	133
3.5.6.1 Estado de ganancias y pérdidas - evaluación económica	134
3.5.6.2 Flujo de caja proyectado – financiero	135
Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados	137
4.1 Sobre el apartado económico – financiero	137
4.2 Sobre el apartado técnico	139
4.3 Sobre el apartado de seguridad	142
Conclusiones	144
Recomendaciones	146
Referencias bibliográficas	148
Anexos	1

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Principales países consumidores de GLP (en millones de toneladas)</i> -----	16
Figura 2 <i>Producción de GLP por región (en millones de toneladas)</i> -----	16
Figura 3 <i>Consumo de GLP por región</i> -----	17
Figura 4 <i>Sistema de recuperación de yacimientos</i> -----	18
Figura 5 <i>Componentes de producción de gas natural - GLP</i> -----	19
Figura 6 <i>Curva de destilación típica de una carga de petróleo</i> -----	20
Figura 7 <i>Fuentes de GLP dentro de los procesos en una refinería de petróleo.</i> -----	21
Figura 8 <i>Demanda mundial de GLP por sectores</i> -----	24
Figura 9 <i>Consumo total por sectores - Latinoamérica</i> -----	24
Figura 10 <i>Comercio de GLP entre Estados Unidos y China</i> -----	25
Figura 11 <i>Uso de GLP en la industria petroquímica</i> -----	27
Figura 12 <i>Número de vehículos a GLP a nivel mundial (2016)</i> -----	28
Figura 13 <i>Flota de vehículos a nivel mundial (2022)</i> -----	29
Figura 14 <i>Demanda de GLP automotor por región</i> -----	30
Figura 15 <i>Top 10 países consumidores de GLP automotor al 2022</i> -----	30
Figura 16 <i>Diseño y operación del FEPC</i> -----	33
Figura 17 <i>Evolución del Precio de Paridad de Exportación del GLP (2012-2018)</i> -----	34
Figura 18 <i>Identificación de beneficiarios del Vale de Descuento GLP</i> -----	36
Figura 19 <i>Proceso de canje del Vale Digital GLP</i> -----	37
Figura 20 <i>Tipos de GLP comercializados en el Perú</i> -----	38
Figura 21 <i>Esquema de operaciones</i> -----	39
Figura 22 <i>Establecimientos que comercializan GLP automotor</i> -----	41
Figura 23 <i>Demanda de combustibles a lo largo de los años</i> -----	42
Figura 24 <i>Producción de GLP en plantas de procesamiento de gas natural</i> -----	43
Figura 25 <i>Producción de GLP en refinerías</i> -----	44

Figura 26 <i>Producción de GLP (sólo) en refinerías al interior del país.</i>	45
Figura 27 <i>Producción total de GLP</i>	46
Figura 28 <i>Cantidades demandadas y ofertadas de GLP en MBPD (2016-2021)</i>	47
Figura 29 <i>Cadena de comercialización de GLP</i>	49
Figura 30 <i>Evolución de la producción de combustibles líquidos y GLP (2016 - 2021)</i>	50
Figura 31 <i>Producción de GLP a partir de líquidos de gas natural en MBPD (2016-2021)</i>	51
Figura 32 <i>Distribución de productos terminados importados (2021)</i>	52
Figura 33 <i>Ubicación geográfica del establecimiento</i>	63
Figura 34 <i>Situación actual (2023) del establecimiento</i>	63
Figura 35 <i>Tanque enterrado con líneas de GLP en una estación de servicios</i>	65
Figura 36 <i>Establecimientos venta de combustible</i>	67
Figura 37 <i>Cantidad de establecimientos que expenden combustible en las ciudades de Amarilis y Huánuco.</i>	71
Figura 38 <i>Establecimientos en los distritos de Huánuco y Amarilis</i>	71
Figura 39 <i>Establecimientos más cercanos al grifo en estudio.</i>	72
Figura 40 <i>Demanda local (en Huánuco) para los años 2014-2024 (en barriles)</i>	73
Figura 41 <i>Tipos de instalación de tanques de almacenamiento.</i>	78
Figura 42 <i>Sistema de llenado y abastecimiento en un gasocentro de GLP</i>	80
Figura 43 <i>Tipo de conexiones en las salidas de los tanques subterráneos</i>	80
Figura 44 <i>Representación del tanque de GLP de cuerpo cilíndrico y cabezas semiesféricas.</i>	81
Figura 45 <i>Perfiles del dimensionamiento del tanque de almacenamiento.</i>	83
Figura 46 <i>Segmento circular del volumen residual en el tanque</i>	84
Figura 47 <i>Sección cilíndrica de un tanque, esfuerzos en la sección circular</i>	87
Figura 48 <i>Sección semiesférica de la tapa un tanque, esfuerzos en la junta tapa-cuerpo</i>	88
Figura 49 <i>Dimensiones del tanque de almacenamiento y del porta-tanque.</i>	90
Figura 50 <i>Modelo FF de las bombas de GLP</i>	92

Figura 51 <i>Gráfico flujo vs presión diferencial, para el modelo 150 Coro-Flo.</i> -----	93
Figura 52 <i>Diagrama de instalación de ánodos de sacrificio</i> -----	97
Figura 53 <i>Layout de las instalaciones nuevas para la comercialización de GLP</i> -----	101
Figura 54 <i>Área clasificada para el dispensador de GLP (en metros).</i> -----	113
Figura 55 <i>Área clasificada para la toma de llenado del tanque de GLP (en metros).</i> ---	113
Figura 56 <i>Área clasificada para las conexiones variadas en el domo del tanque de GLP (en metros).</i> -----	114
Figura 57 <i>Área clasificada para la descarga de la válvula de emergencia del tanque de GLP (en metros).</i> -----	114
Figura 58 <i>Área clasificada para la zona de bomba de GLP (en metros).</i> -----	115
Figura 59 <i>Acometida eléctrica en equipos de despacho.</i> -----	115
Figura 60 <i>Acometida eléctrica en bombas de GLP.</i> -----	116
Figura 61 <i>Acometida eléctrica en detectores de gases de GLP.</i> -----	116

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Propiedades físicas del GLP</i> -----	11
Tabla 2 <i>Propiedades físicas de los principales componentes de GLP</i> -----	12
Tabla 3 <i>Agentes odorizantes más usados</i> -----	13
Tabla 4 <i>Valores de límite de inflamabilidad para mezcla de combustibles</i> -----	15
Tabla 5 <i>Principales usos del GLP</i> -----	25
Tabla 6 <i>Principales mercados de GLP automotor</i> -----	28
Tabla 7 <i>Principales usos del GLP en el Perú</i> -----	40
Tabla 8 <i>Producción de GLP – propano/butano (en miles de barriles)</i> -----	44
Tabla 9 <i>Principales empresas del mercado nacional de combustibles</i> -----	45
Tabla 10 <i>Plantas de abastecimiento de GLP en el Perú</i> -----	46
Tabla 11 <i>Capacidad instalada de Refinerías en el Perú (MBPD)</i> -----	51
Tabla 12 <i>Plantas de Abastecimiento de GLP (2022)</i> -----	53
Tabla 13 <i>Principales empresas titulares de Plantas Envasadoras a lo largo del país</i> ----	54
Tabla 14 <i>Diseño de la investigación</i> -----	61
Tabla 15 <i>Operacionalización de la variable independiente</i> -----	62
Tabla 16 <i>Operacionalización de la variable dependiente</i> -----	62
Tabla 17 <i>Dimensiones del establecimiento actual</i> -----	64
Tabla 18 <i>Distribución de tanques y productos del establecimiento (actualmente).</i> -----	64
Tabla 19 <i>Distribución de las islas (actualmente).</i> -----	64
Tabla 20 <i>Demanda de GLP a nivel nacional (en barriles)</i> -----	66
Tabla 21 <i>Establecimientos que expenden combustibles en las provincias de Huánuco</i> --	67
Tabla 22 <i>Calculo ponderado de la demanda por provincia (anualmente).</i> -----	68
Tabla 23 <i>Demanda de GLP automotor en función a la población</i> -----	68
Tabla 24 <i>Número de mototaxis en la región</i> -----	69
Tabla 25 <i>Número de automóviles (colectivos) en función a la población.</i> -----	69

Tabla 26 <i>Número de mototaxis y automóviles (colectivos)</i> -----	70
Tabla 27 <i>Datos de los establecimientos más cercanos al grifo en estudio</i> -----	72
Tabla 28 <i>Demanda mensual promedio de GLP vehicular en el departamento de Huánuco desde el año 2014 – 2024.</i> -----	74
Tabla 29 <i>Distribución de tanques y productos para la ampliación.</i> -----	76
Tabla 30 <i>Distribución de dispensadores e islas para la ampliación.</i> -----	76
Tabla 31 <i>Tipos de instalación para tanques de almacenamiento.</i> -----	77
Tabla 32. <i>Variables para determinar el espesor de las carcasas bajo presión interna.</i> --	86
Tabla 33 <i>Valores hallados para el diseño del tanque</i> -----	87
Tabla 34 <i>Configuraciones para la instalación de tuberías</i> -----	90
Tabla 35 <i>Características de la bomba seleccionada.</i> -----	93
Tabla 36 <i>Distancias que considerar para la instalación del dispensador de GLP.</i> -----	95
Tabla 37 <i>Distancias según normativa hacia instalaciones eléctricas</i> -----	105
Tabla 38 <i>Distancias obtenidas para el proyecto</i> -----	106
Tabla 39 <i>Clasificación de los peligros que existen en un gasocentro de GLP</i> -----	109
Tabla 40 <i>Áreas clasificadas en un establecimiento que expende GLP</i> -----	110
Tabla 41 <i>Consideraciones para la instalación de sellos antiexplosivos.</i> -----	111
Tabla 42 <i>Indicadores de la inversión</i> -----	138
Tabla 43 <i>Resultados del dimensionamiento del tanque de GLP</i> -----	139
Tabla 44 <i>Resultados sistema de protección catódica</i> -----	140
Tabla 45 <i>Volumen proyectado a comercializar anualmente por el establecimiento (en galones)</i> -----	141
Tabla 46 <i>Comparación demanda GLP – cantidad vehículos</i> -----	141

Introducción

El objetivo de esta investigación es evaluar la viabilidad de la ampliación de un establecimiento para que pueda expender GLP automotor en la ciudad de Amarilis, Huánuco. El análisis comprende una evaluación técnica, de seguridad y económico-financiera, a partir de la cual se determinará la viabilidad de la ampliación, culminando con una evaluación de la rentabilidad del proyecto en un período de 10 años.

Actualmente en la ciudad de Huánuco el aumento de las mototaxis y vehículos menores que usan GLP ha generado que la demanda de este combustible también se incremente, en ese aspecto cualquier interrupción o demora en la cadena de distribución de GLP afecta al comercio local. Además, el GLP aún es más barato y limpio en su combustión que el diésel y los gasoholes, por lo que se espera que su demanda local como alternativa siga en aumento en los próximos años.

Este estudio pretende dar un resultado de viabilidad de acuerdo con un enfoque general para el diseño de establecimientos que expenden GLP automotor, teniendo en cuenta que en este trabajo se hace una evaluación de la modificación de un establecimiento que ya comercializa otros combustibles.

En el primer capítulo se exponen los antecedentes de esta investigación, donde se encuentran trabajos elaborados a nivel nacional principalmente; en el planteamiento de la problemática, el estudio se enfoca en la demanda local de GLP a lo largo de los años, también se mencionan los objetivos que tiene el estudio y el alcance que engloba.

El marco teórico y conceptual en el que se basa este estudio se analiza en el segundo capítulo. El objetivo principal de este capítulo es clasificar las propiedades fisicoquímicas del GLP, el almacenamiento y la utilización del GLP para su comercialización, el mercado del GLP tanto a nivel nacional como internacional, la normativa nacional aplicable al sector y la cadena de comercialización vinculada a la distribución de GLP envasado y a granel.

En el tercer capítulo se describe la evolución del trabajo de investigación. Este capítulo también incluye la presentación de la metodología que se utilizó, así como las generalidades del proyecto de ampliación que se basan en las estadísticas previstas para la demanda local en función de la población de cada zona. Esta sección también incluye el diseño y dimensionamiento del tanque de almacenamiento de GLP, la selección de sus accesorios y equipos auxiliares, el cálculo del espesor de la plancha de acero, el diseño del sistema de protección catódica y el sistema de despacho de GLP automotor que tendrá el establecimiento.

Incluido en el mismo capítulo, se tiene también la evaluación de seguridad de las instalaciones, donde se establecen distancias y equipos adecuados de acuerdo con la normativa nacional del sector. Por último, se lleva a cabo la evaluación económica y financiera de la ampliación de las instalaciones. Esta evaluación determina si el proyecto es viable o no mediante el análisis de los indicadores de tasa interna de rentabilidad (TIR), valor actual neto (VAN) y relación B/C, que se obtienen a partir de las cotizaciones de equipos y servicios.

En el último capítulo es donde se desarrollan las discusiones de las conclusiones que se obtuvieron en base a los objetivos que se propusieron en un principio. Con el fin de determinar si el proyecto de ampliación es viable o no, se revisan tanto la parte técnica como la económico-financiera.

Capítulo I. Problema de investigación

1.1 Antecedentes referenciales

1.1.1 Contexto nacional

En la tesis “Ampliación de una estación de servicios para satisfacer la demanda de GLP del parque automotor de la ciudad de Huancayo”, Polo (2014) propone examinar la ampliación de una estación de servicios en Huancayo, evaluando la demanda de combustible, el cumplimiento de las normas técnicas y de seguridad, y los gastos financieros necesarios para su ampliación. Este estudio básico cuantitativo empleó una metodología descriptiva, utilizando estadísticas e indicadores de evaluación económica y financiera para evaluar la factibilidad del proyecto. Los hallazgos demuestran que las dimensiones de la estación de servicio designada para la ampliación son adecuadas para la instalación de equipos dispensadores de GLP, requiriendo alteraciones mínimas en el sitio del proyecto, y que todos los requisitos mínimos de la normativa peruana se cumplen en el proyecto. La evaluación económica y financiera indica que la demanda media proyectada de GLP automotor es inferior a la demanda actual de las instalaciones que venden este combustible por lo que en el análisis financiero realizado, se obtuvo un VAN y TIR atractivos para la inversión, mientras que la relación B/C parecería indicar lo contrario. Esto es debido a que el dinero involucrado en la comercialización de GLP (compra y venta) son altos en comparación a la inversión del proyecto.

En la tesis “Modificación de una estación de servicios con gasocentro de GLP para la instalación de un establecimiento de venta al público de gas natural vehicular, con suministro eléctrico basado en energía solar”, Corrales (2021), indica que los principales agentes motivadores del proyecto, que se sitúa en el distrito de Paucarpata (Arequipa), son la escasez de gas natural vehicular en la ciudad y el énfasis en el uso de energías renovables (energía solar); por lo que propone la reforma de una estación de servicios para suministrar a vehículos de gas natural y un suministro eléctrico parcialmente alimentado por energía solar. La red de gas natural a alta presión se ha planificado y calculado conforme a criterios reconocidos. Se

emplea tecnología de gas natural comprimido para alimentar la estación de servicio, mientras que se utiliza un sistema de unidad de potencia hidráulica para mantener la presión del gas natural a 250 bares para la entrega al cliente. Para el suministro eléctrico se ha seleccionado un sistema híbrido, este incorporará un diseño de instalación fotovoltaica conectada a la red, lo que permitirá a la estación de servicio utilizar energía solar durante las horas diurnas y electricidad convencional por la noche. La tesis abarca el diseño de las instalaciones mecánicas, el dimensionamiento de las instalaciones eléctricas y el diseño del sistema de seguridad, entre otros aspectos. En las conclusiones se tiene que la estación de servicios de combustibles líquidos y gasocentro mixto (de GLP y GNV), podrá operar durante el día con energía renovable producida por los paneles solares, y durante la noche funcionará con la energía eléctrica de la red convencional. Así también cuando se den los casos en los cuales no haya energía mediante el sistema híbrido, la estación de energía eléctrica operará con un grupo electrógeno.

En la tesis “Optimización Técnico Económica del Grifo Universitario de la UNJBG, mediante la instalación adicional de un Gasocentro de expendio de GLP para uso automotor en la región Tacna”, Vilca (2013), propone un estudio para la optimización técnica y económica del Grifo Universitario de la UNJBG, centrado en el diseño arquitectónico, las instalaciones mecánicas y eléctricas, la selección de componentes mecánicos y equipos, así como el análisis de costes y la elaboración del presupuesto para la instalación de un gasocentro para el suministro de GLP. También se adhiere a las normas de seguridad oficialmente reconocidas por las autoridades gubernamentales peruanas pertinentes y a las normas internacionales de diseño para las instalaciones que se construirán. Los resultados sugieren que el establecimiento complementario de un gasocentro es un proyecto altamente lucrativo, facilitando la recuperación de la inversión en un plazo de 5 años. El principal aporte que se obtiene del estudio es que se basa en una serie de estadísticas nacionales para evaluar y obtener la demanda local, con el objetivo de establecer una principal base para el desarrollo del proyecto de ampliación.

En la tesis “Estudio de ampliación de un servicentro con Gasocentro de GLP de uso automotriz de 5 000 galones de capacidad”, Macines (2009) propone diseño para la ampliación de un centro de servicio de combustibles líquidos para la comercialización de GLP el cual tiene como objetivo cumplir las normas reglamentarias y técnicas para el despacho de GLP, garantizando al mismo tiempo que no se interrumpan las instalaciones existentes del centro de servicio. Dentro de los resultados obtenidos se tiene que la principal dificultad para este tipo de proyectos son las estrictas normas de seguridad aplicadas para el diseño y funcionamiento correcto de los equipos y dispositivos, además menciona que los gasocentros pueden compartir instalaciones con la venta de gasolinas y diésel; en relación a la evaluación económica se tiene que teniendo una inversión inicial de US\$ 82 249, el VPN económico para un período de 10 años, a una tasa de interés del 12 % anual, resultó ser de US\$ 695 608 con una relación B/C de 1,35 y una TIR de 127,2%. Para la evaluación financiera se obtiene que, para una tasa del 12 % anual, el VPN financiero resulta de US\$ 647 799, una relación B/C de 1,32 y una TIR de 115,2%. Un componente asociado a este resultado es el bajísimo capital circulante en relación con la inversión y los gastos anuales de adquisición de GLP.

En la tesis “Proyecto para la instalación de planta envasadora de gas licuado de petróleo en el distrito de Bagua Grande-Utcubamba-Amazonas”, Salas (2019) busca establecer un proyecto para la instalación de una planta de envasado de GLP en el distrito de Bagua Grande-Utcubamba-Amazonas, con el objetivo de dotar a las empresas envasadoras de GLP de un modelo constructivo y operativo acorde con los estándares actuales. El crecimiento demográfico anual de la región es de 3,61%, lo que aumenta la demanda de GLP; además, la ausencia de una planta envasadora de GLP en Bagua Grande ha provocado un aumento de los precios de este. La investigación realizada es descriptiva, e implica un examen estadístico de la oferta y la demanda tanto en el mercado exterior como en el mercado objetivo, lo que lleva a la conclusión de un aumento del 2% en la demanda. El estudio de mercado indica que hay 10.517 hogares que utilizan GLP y se prevé una demanda de 9.671 balones de GLP (10 kg) al mes durante el primer año. El diseño se ajustó a los requisitos existentes, con una capacidad de almacenamiento de 10.000 galones de GLP. La

evaluación económica de este proyecto en un periodo de cinco años resulta ventajosa desde el punto de vista financiero, ya que presenta un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 110 529,91, una tasa interna de retorno (TIR) de 11,86% y una relación beneficio-costos de 1,05.

En la tesis “Estudio y diseño de ampliación de un Grifo a Estación de Servicio con Gasocentro de GLP de uso vehicular de 3200 galones de capacidad”; Jamanca y Meregildo (2017), plantean realizar el estudio y diseño de ampliación de un grifo a estación de servicio de GLP automotor, para lo cual evalúa en primer lugar el dimensionamiento del tanque de GLP según la demanda diaria de vehículos que usarían este combustible, todo esto lo realiza basándose en normativa legal y técnica nacional e internacional. También evalúa la correlación entre las dimensiones del tanque de GLP y el uso diario de GLP automotor previsto por el grifo en cuestión. Otro aspecto pertinente examinado en la investigación es la infraestructura auxiliar requerida para el correcto funcionamiento del nuevo gasocentro, que abarca obras civiles, planos de ubicación de dispositivos, protección catódica, equipos y tuberías para adherirse a las regulaciones establecidas por la autoridad supervisora Osinergmin.

1.1.2 Contexto internacional

En la tesis “Diseño de una Estación de Servicio”, González (2017) presenta un análisis exhaustivo de todos los elementos pertinentes para el diseño e implantación de una estación de servicio de vehículos. Se trata de un proyecto eminentemente mecánico, por lo que no se profundiza en las instalaciones no mecánicas. El almacenamiento y distribución de hidrocarburos se realizará mediante la instalación de once depósitos de combustible junto con una red de tuberías y bombas, con ello se pretende satisfacer la demanda existente de combustible. Los tanques se han elegido de conformidad con las normas, utilizando depósitos horizontales de doble pared de fibra de acero, enterrados en fosas independientes bajo el pavimento. Los tanques recibirán el combustible de los camiones cisterna a través de la red de tuberías de carga designada en el emplazamiento. El combustible se transferirá a los surtidores mediante bombas sumergidas situadas en cada depósito, facilitadas por la red de tuberías de aspiración de combustible. El proyecto incorpora un estudio de seguridad y salud

para mitigar posibles accidentes durante la obra civil; en el estudio de viabilidad económica utilizó el presupuesto esbozado en el informe del proyecto, este análisis económico sienta las bases de la inversión y evalúa la rentabilidad del proyecto. El estudio presenta resultados favorables, corroborados principalmente por los ingresos previstos de los servicios de la estación.

En la tesis “Estudio y diseño de estaciones de servicio sostenibles”, Flores (2023), propone redefinir el concepto actual de estación de servicio. Esto debido a que las gasolineras convencionales están perdiendo peso en el mercado; razón por la cual seleccionó una estación de servicio concreta para facilitar un presupuesto y unas especificaciones más precisas en la consecución de los objetivos planteados para seguir la transición energética planteada en la Unión Europea. De este modo, realiza modificaciones viables en la estación de servicio seleccionada, adaptándola a las nuevas demandas del mercado y mejorando su sostenibilidad. La decisión de modificar estas estructuras surge de la transición del mercado automovilístico hacia combustibles menos contaminantes. El objetivo es ajustarse a la evolución del parque automovilístico, un sector que se prevé que experimente importantes transformaciones en los próximos años, al tiempo que se aprovechan las posibles oportunidades de mercado.

1.2 Planteamiento de la realidad problemática

El abastecimiento de combustible, en las regiones y a lo largo del país, resulta ser un tópico muy importante correspondiente a la seguridad energética y al suministro continuo de energía en el país. En el Perú el GLP llega a distribuirse mediante buques gaseros a Plantas de Abastecimiento ubicadas en su mayoría en la costa limeña, para luego trasladarse mediante camiones cisterna al interior del país. Algunas regiones dependen en mayor medida del GLP para su desarrollo económico, por lo que el suministro adecuado y la satisfacción de la demanda de GLP son aspectos fundamentales para las economías en las ciudades.

En la región de Huánuco, de acuerdo con un estudio realizado por el BCRP (2021), dentro de las actividades principales que generan mayores ingresos se encuentra el comercio y los servicios brindados por terceros (55%). Siendo los trimóviles y automóviles de motor

pequeño los medios de transporte más usados dentro de la ciudad, el número de taxis, colectivos o transporte de personas dentro de la capital del departamento ha aumentado a lo largo de estos años por tal motivo el desabastecimiento (ya sea parcial) de GLP genera problemas para la economía familiar de actividades relacionadas al comercio. Principalmente el desabastecimiento se da debido a factores externos al mercado local, como: problemas climatológicos en la carretera Central, problemas en la descarga del GLP en las Plantas de Abastecimiento debido a oleajes anómalos, bloqueos de carreteras, la Planta de Abastecimiento ubicada en Ucayali (lote 31C) solo cubre la demanda de su zona, entre otros problemas y causalidades que son de menor influencia.

Existen en conjunto entre el distrito de Huánuco y Amarilis un total de 29 establecimientos que comercializan combustibles (EVP), estos se encuentran en las periferias de la ciudad y a lo largo de la Carretera Central. Debido al aumento de vehículos menores en los últimos años y por ende de la demanda de GLP para uso vehicular; en la zona se hace necesario una evaluación de nuevos proyectos para cubrir y satisfacer a los consumidores de GLP automotor.

Actualmente el servicentro TWALSS E.I.R.L. expende gasoholes (Regular y Premium) y diésel (B5 S50UV), y al no brindar el servicio de venta de GLP está desaprovechando su ubicación estratégica en el ingreso a la ciudad para el expendio de este combustible. Cerca de la Estación de Servicio TWALSS, hay otra EVP situada a 500 m, equipada con instalaciones para dispensar GLP automotor, atendiendo a la mayor demanda de la zona.

La importancia de la evaluación del proyecto de ampliación radica en cubrir una demanda que va en aumento en la zona, así como también disminuir la sensación de desabastecimiento de GLP cuando este se produce, debido a las razones descritas anteriormente.

1.2.1 Formulación del problema

A partir de la problemática descrita se formula lo siguiente: ¿Cómo se debe llevar a cabo la ampliación de la Estación de Servicio TWALSS SRL para cubrir parcialmente la demanda de GLP en Huánuco?

1.3 Objetivos y alcances

1.3.1 *Objetivo general*

Evaluar la ampliación de una estación de servicio en base a criterios técnicos, de seguridad y económico-financieros, enfocándose en la ampliación para el despacho de GLP y la satisfacción de la demanda de este combustible en Amarilis - Huánuco.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Evaluar los aspectos técnicos a considerar para la instalación de equipos y dispositivos para el expendio de GLP en el establecimiento.
- Hacer un diseño y dimensionamiento del tanque de almacenamiento de GLP a instalar en el establecimiento.
- Hacer un diseño del sistema de protección catódica para el tanque de GLP instalado en el establecimiento.
- Evaluar la implementación de accesorios y equipos para la operación segura de las instalaciones de GLP en el establecimiento.
- Realizar una evaluación de la demanda de combustible, GLP, a lo largo de la provincia de Huánuco y tenerlo en cuenta para la ampliación del establecimiento.
- Proyectar los precios de GLP en los próximos 10 años, tanto para la compra y venta para el análisis económico – financiero.
- Proyectar el volumen de comercialización de GLP para los próximos 10 años, que tendrá el establecimiento.

1.4 Alcances de la investigación

El área geográfica para la investigación de tesis se sitúa en la Urb. Santa Elena en el Km. 0.5 de la Carretera Huánuco - Tingo María, dentro del distrito de Amarilis, provincia y región Huánuco. Comprende un área total aproximada de 1100 m², con 750 m² destinados a patio de maniobras para las operaciones de la Estación de Servicio, por lo que se cuenta con espacio disponible para la ampliación y venta de GLP automotor.

En este estudio se realizará una evaluación de manera general de la instalación de equipos necesarios para el despacho de GLP en el establecimiento actual, analizando la demanda histórica de este combustible en la ciudad de Huánuco para luego proyectar esta demanda para los próximos diez años.

La principal limitante del estudio se debe a que el EVP ya cuenta con equipos para el despacho de gasoholes y diésel, por lo que la evaluación se basa solo en la ampliación del establecimiento y los requisitos mínimos que debe cumplir para operar. Este estudio no se basa en una puesta en marcha desde cero para operar como establecimiento que comercialice combustibles.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1 Historia del Gas Licuado de Petróleo (GLP)

El descubrimiento y los primeros usos del Gas Licuado de Petróleo datan de inicios del siglo XX,

cuando en 1903 fue mencionado por primera vez por el químico y farmacéutico alemán Hermann Blau dentro de experimentos sobre el fraccionamiento de gases que realizaba. De acuerdo con estos experimentos, el gas producido era muy puro y no contenía al gas tóxico CO; este gas inicialmente fue llamado Leuchtgas en comparación al Stadtgas mencionado previamente que se usaba en las ciudades para su iluminación. Blau patentó en 1903 su invención y la primera planta comercial de producción fue abierta en Augsburg-Oberhausen (Schütze y Elvers, 2022).

En el continente americano, de manera independiente otro científico estaba realizando pruebas,

el químico y experto en explosivos Walter Snelling, en similares experimentos fraccionando el petróleo y obteniendo gases, descubre en el año 1910 la existencia de propano y butano en estas mezclas. Dos años después realiza la primera instalación de GLP doméstico y en 1913 patenta la producción de propano (GLP) a escala industrial. Ese mismo año, la patente le fue comprada por Frank Phillips que luego sería el fundador de Conoco-Phillips Oil Company (Schütze y Elvers, 2022).

A pesar del temprano descubrimiento, el uso que se le daba al GLP era casi nulo. A medida que avanzaban los años se le dieron usos más de ámbito doméstico como para el alumbrado, calentamiento y cocción de alimentos, este GLP se comercializaba en cilindros. En el año 1928 fue usado por primera vez como combustible del motor de un camión y también en el primer refrigerador que tenía como líquido de enfriamiento GLP. En Europa se usaba como combustible de aeronaves en reemplazo del Hidrógeno que resultaba ser muy peligroso, haciéndose viajes desde Europa hacia Estados Unidos (todo esto hasta que sucedió el accidente del Hindenburg en 1937).

Luego de la invención del motor Otto fue un cambio muy notorio en el uso de gas en motores de combustión, los primeros motores estacionarios funcionaban con gas y el primer vehículo de dos ruedas, Reiwagen, también usaba gas para su funcionamiento. “Las primeras gasolineras en Europa aparecieron alrededor de 1930 en Italia, en Alemania la primera estación abrió en 1935 en Hannover” (Schütze y Elvers, 2022). En esos años el GLP era obtenido como un condensado luego de la compresión del gas de refinería para la producción de gasoil.

En los siguientes años, debido a la Primera Guerra Mundial muchos países europeos tuvieron desabastecimiento de combustible.

Alemania e Inglaterra empezaron a experimentar con combustibles alternativos debido a la escasez de petróleo que se padecía en esos años. En 1935 en la feria internacional de automóviles de Berlín se presentaron alternativas de combustibles estas fueron Diésel, metano, GLP y metanol. A mediados de 1950 en Países Bajos, el GLP se volvió muy popular y se llegó a tener alrededor de 100 gasolineras a lo largo del país, esto debido a problemas geopolíticos principalmente que elevaron el precio del petróleo considerablemente, se usaban camiones importados de EE. UU. con la disponibilidad de ser alimentados tanto con gasolina y GLP (Schütze y Elvers, 2022).

Así como en Europa se empezaron a desarrollar tempranas tecnologías para el uso de GLP su consumo no era comparable con el desarrollo de éstas siendo afectado principalmente por los impuestos que se le imponían como combustible. A partir del siglo XXI la gran problemática a tratar es el cambio climático, por lo que el GLP al ser un combustible más limpio en comparación al petróleo y sus derivados pesados, los incentivos fiscales aumentaron, haciendo que los consumidores vayan retomando el interés en su uso ya que el consumo de GLP se vio mermado hasta ahora último. “Un estimado de 28,3 millones de vehículos son manejados con GLP a lo largo del mundo, la mayoría se encuentran en Asia y Europa, y el consumo global de GLP ha aumentado en 40% en los últimos 10 años” (World LPG Association [WLPGA], 2023).

2.2 Composición y propiedades fisicoquímicas del GLP

El término gas licuado de petróleo (GLP) describe una mezcla de hidrocarburos gaseosos dentro de los cuales se tiene al propano, butano, isobutano, propeno y buteno, siendo el propano y butano los principales componentes. Esta mezcla es gaseosa a condiciones normales de temperatura y presión, pero puede ser licuefactado si se aplica una presión, enfriamiento o ambos procesos (Schütze et al., 2022).

La composición de los productos de grado comercial varía entre amplios límites, así como también sus propiedades físicas y dependen de muchos factores, como la estacionalidad, la procedencia del GLP, entre otros.

Tabla 1

Propiedades físicas del GLP

Propiedad	Valores
Formula química	Mezcla, principalmente propano y butano
Punto de ebullición (intervalo)	-26.48 °C a -0.34 °C
Punto de inflamación (intervalo)	-96.8 °C a -75.9 °C
Temperatura autoinflamación	> 400 °C
Límite explosividad inferior	1.50 – 1.59 %
Límite explosividad superior	8.99 – 9.37 %
Densidad de vapor (aire = 1)	1.5 - 2
Gravedad específica (líquido)	aprox. 0.56 gr/cm ³
Apariencia	Incoloro
Olor	inodoro
Estado físico	líquido
Presión de vapor	7.5 kg/cm ² a 50°C

Nota: Adaptado de “Ficha de datos de seguridad para el GLP”, por REPSOL, 2021.

Adicionalmente se tiene que existen otros compuestos que se presentan en mínimas cantidades, típicamente están el agua, compuestos sulfurosos, alquitranes y residuos oleos pueden aparecer. “Es conveniente en esos casos reducir estos contaminantes hasta un nivel aceptable para el uso que se le va a dar” (Taylor, 2000, pp. 1-11).

Tabla 2*Propiedades físicas de los principales componentes de GLP*

Componente	Punto de ebullición (°C) (101,3 kPa)	Presión de vapor (37,8 °C) (kPa)	Densidad líquida (a la presión de saturación; 15,6°C) (kg/m³)	Poder calorífico bruto (25 °C) (kJ/kg)
Propano	- 42.1	1310	506.0	50 014
Propeno	- 47.7	1561	520.4	48 954
n-Butano	- 0.5	356	583.0	49 155
Isobutano	- 11.8	498	561.5	49 051
1-Buteno	- 6.3	435	599.6	48 092
cis-2-buteno	3.7	314	625.4	47 941
trans-2-buteno	0.9	343	608.2	47 878
Isobuteno	- 6.9	435	600.5	47 786

Nota: Recuperado de "Liquefied Petroleum Gas", por Thompson et al., 2011, p. 3.

2.2.1 Odorización

En un inicio se odorizaba el gas para prevenir el riesgo por intoxicación con monóxido de carbono (CO) que existía en el gas manufacturado, normalmente estos gases contenían altos niveles de CO. El gas usado como combustible no se odorizaba inicialmente debido a que el peligro que tenía con respecto al gas manufacturado era mínimo, ya que como el GLP no era un gas tóxico no había necesidad en odorizarlo, hasta que una serie de accidentes que involucraron explosiones e incendios con este gas no odorizado ocurrieron. A lo largo de los años se han desarrollado una serie de compuestos odorantes que incluyen mercaptanos, acetileno y mezclas de sulfitos para poder identificar si existe fuga de GLP (Falkiner, 2003).

Actualmente la odorización es hecha a nivel mundial, es mencionada en el código del GLP (NFPA 58) y en normativas propias aplicadas a cada país. El proceso de odorización se da en el gas natural principalmente, al momento de extraer el gas de los pozos que van posteriormente a los sistemas de tuberías o a las redes de transporte; mientras que en el caso del GLP se da en las redes de llenado de los tanques almacenamiento (normalmente esféricos), donde se introduce cierta cantidad del odorizante (en estado líquido) haciendo uso de un sistema apropiado para la dosificación (Seguel, Mancilla y Sakamoto, 2018); esta

acción permite una fácil detección de una fuga de gas natural o del GLP, ya que los mercaptanos aumentan el contenido de azufre en el gas, existen algunos odorantes libres de azufre (Reders et al., 2022).

Tabla 3

Agentes odorizantes más usados

Agente odorizante	Concentración (lb /10000 gal (GLP))
Etil mercaptano	1.0
Amil mercaptano	1.0
Tiofeno	1.4

Nota: Adaptado de CFR 49 Part 173 – Shippers – General Requirements.

2.2.2 Aspectos de seguridad:

Debido a la elevada inflamabilidad del GLP, es necesario extremar las precauciones en sus actividades de fabricación, producción, transporte y comercialización, ya que puede provocar importantes catástrofes y emergencias regionales. Debido a su considerable peligrosidad, es esencial mitigar los riesgos de fugas y derrames, ya que el GLP, al ser más denso que el aire, tiende a acumularse en espacios bajos y confinados, creando atmósferas explosivas; por ello, es imperativo sellar o cerrar las aberturas y desagües adyacentes.

La industria del GLP requiere por lo tanto equipos y dispositivos que cumplan con una serie de aspectos y normativas de seguridad empezando con los materiales de fabricación, espesor de paredes de equipos, dispositivos de protección, válvulas de seguridad, herramientas de despresurización, sistemas de enfriamiento y válvulas de emergencia, así también las distancias de seguridad son primordiales para evitar la generación de chispas en las instalaciones, y también las conexiones a tierra a las que deben estar sometidos los equipos para evitar la acumulación de electricidad estática (Thompson et al., 2011, p. 14).

2.2.2.1 Riesgo de inflamabilidad. Para analizar el potencial de inflamabilidad del GLP se requiere conocer los límites de explosividad que este presenta, además por razones de seguridad y con el fin del incremento en la eficiencia de las operaciones en el campo industrial, comercial y en los hogares donde se consume el GLP. La explosión es una combustión de una mezcla de varios combustibles en fase vapor (nube de gas) que genera un rápido incremento en la presión; este incremento de presión generada depende de la velocidad de propagación de la llama y del confinamiento al cual está sometido la nube de vapor (gas) (Izirwan et al., 2011). Se define un rango de explosividad entre el Límite Inferior de Explosividad (LEL por sus siglas en inglés) y el Limite Superior de Explosividad (UEL), para el cual una mezcla de vapor de combustible – aire se inflamará y quemará, este rango es característico para cada mezcla de vapores, según Mishra & Rahman (2003) es de vital importancia conocer estos límites para la prevención de peligros de explosión y el desarrollo de sistemas de prevención de ignición.

Si el gas o vapor tiene una concentración en el aire por debajo del LEL no existe combustible suficiente para que se produzca una explosión, de igual manera el UEL es la máxima concentración de gas o vapor en el aire con capacidad de producir un destello de fuego en presencia de una fuente de ignición. Concentraciones por debajo del LEL son “muy deficientes” para quemarse y por encima del LEL son “muy ricas” para quemarse (Izirwan et al., 2011, p. 400).

Fugas en estado líquido pueden crear grandes áreas de mezcla explosiva, un litro de GLP en estado líquido se expande en aproximadamente 240 litros de GLP en forma gaseosa, el cual a 2% LEL es suficiente para crear una atmósfera explosiva de 12000 L (Totten et al., 2003).

Tabla 4

Valores de límite de inflamabilidad para mezcla de combustibles

Mezcla de gases	Límite de flamabilidad (explosividad)	
	LFL	UFL
GLP - aire	8.1	8.86
Butano - aire	2.1	9.5

Nota: Límite de flamabilidad es llamado también al límite de explosividad. Adaptado de “An experimental study of flammability limits of LPG/air mixtures”, por Mishra y Rahman, 2003.

La manipulación, almacenamiento, transporte y posterior venta o distribución del GLP debe ser hecha por personas capacitadas y con certificados de manejo en el transporte, el estrecho rango de explosividad hace que no sean tan comunes los accidentes de ese tipo; sin embargo, derrames y fuentes de ignición cercanas elevan el riesgo, inclusive corrientes tan pequeñas generadas por acumulación de corriente estática puede ocasionar grandes incendios y explosiones.

2.2.2.2 Riesgos para la salud. El GLP resulta ser un gas sofocante, debido a que no tiene olor, y puede asfixiar al desplazar al oxígeno del ambiente; pero no es tóxico. “Para poder entrar a un tanque que haya contenido GLP previamente, es necesario desconectarlo del sistema de trabajo y además purgarlo de sustancias inflamables con gas inerte para luego volverlo un ambiente respirable, con oxígeno” (Schütze et al., 2022).

En caso de liberación al ambiente, se debe tener cuidado debido ya que, como está a una temperatura baja causa daños severos por quemaduras y en adición puede asfixiar si la fuga es de grandes proporciones.

2.2.3 Producción y procesamiento

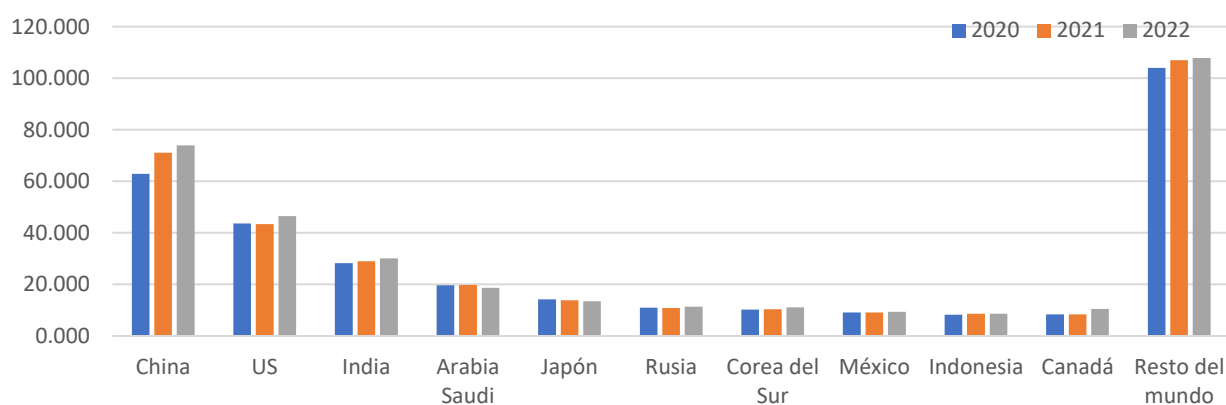
El GLP es obtenido de dos principales fuentes, de los líquidos de gas natural y del fraccionamiento del crudo en las refinerías; existen otras fuentes alternativas, como la fermentación de biomasa y como subproducto de procesos químicos a nivel industrial, estos últimos métodos de producción de GLP son mínimos.

De acuerdo con un estudio publicado y realizado por la empresa SHELL, al año 2015 el mayor productor de GLP era “EE. UU. seguido de países de Oriente Medio (Emiratos

Árabes Unidos, Arabia Saudí), China y Rusia. En Estados Unidos, la mayor fuente de producción de GLP es mediante la extracción de gases naturales no convencionales, y su posterior recuperación” (Shell Deutschland Oil, 2015). Debido al incremento de la producción de gas natural, la producción de GLP en el mundo también lo está, para los años 2020 - 2022 los mayores productores se pueden ver en la Figura 2, siendo alrededor de 345 millones de toneladas producidas en total el año 2022, mientras que para el consumo se tienen los datos de los años 2020 – 2022 de acuerdo con la Figura 1.

Figura 1

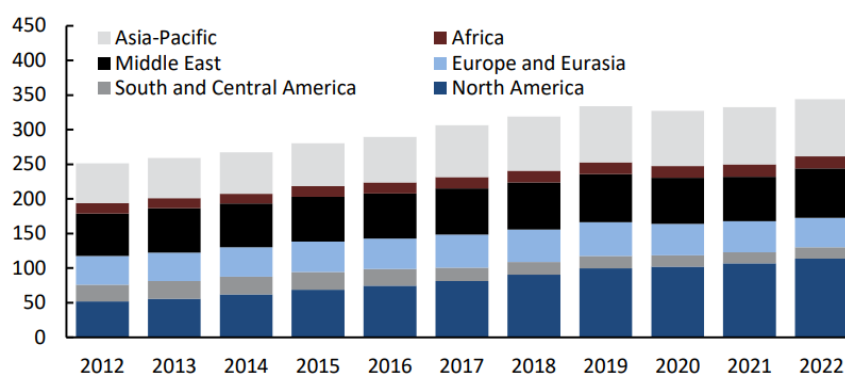
Principales países consumidores de GLP (en millones de toneladas)



Nota: Adaptado de “Statistical Review of global LPG”, por Argus Media y WLPGA, 2023, p.5 (<https://www.smf.com.sg/wp-content/uploads/2024/07/WLPGA-Statistical-Review-2023.pdf>).

Figura 2

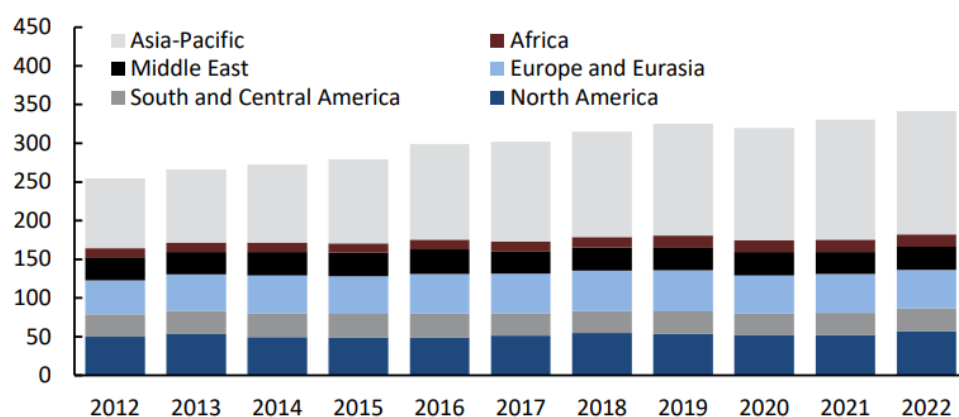
Producción de GLP por región (en millones de toneladas)



Nota: Adaptado de “Statistical Review of global LPG”, por Argus Media y WLPGA, 2023, p.7 (<https://www.smf.com.sg/wp-content/uploads/2024/07/WLPGA-Statistical-Review-2023.pdf>).

Figura 3

Consumo de GLP por continente



Nota: Valores en millones de toneladas. Adaptado de “Statistical Review of global LPG”, por Argus Media y WLPGA, 2023, p.8 (<https://www.smf.com.sg/wp-content/uploads/2024/07/WLPGA-Statistical-Review-2023.pdf>).

Dentro de la extracción de GLP a partir del gas natural o petróleo, la calidad y la cantidad de GLP extraído e incluso las especificaciones luego de su refinación dependen de su reservorio, este puede ser de solo gas natural, de gas natural y líquidos de gas natural o de un reservorio de gas natural y petróleo; “mediante esta fuente de producción se obtiene un GLP principalmente con parafinas, propano y butanos, así como parafinas de cadena larga y cantidades parciales de etano”(Morganti et al., 2013, p. 1).

El segundo proceso de obtención de GLP se da en la refinación del crudo dentro de la columna de fraccionamiento, los componentes de GLP son propano, butano e isobutano. Adicionalmente el GLP se produce dentro de los procesos de conversión en la refinería como en el reformado catalítico, el cracking térmico, el cracking catalítico y el hidro-cracking. De este proceso se obtiene un GLP con olefinas, particularmente propileno y butileno, estos compuestos usualmente no se separan del GLP debido al alto costo de separación dada por su similar volatilidad (Morganti et al., 2013).

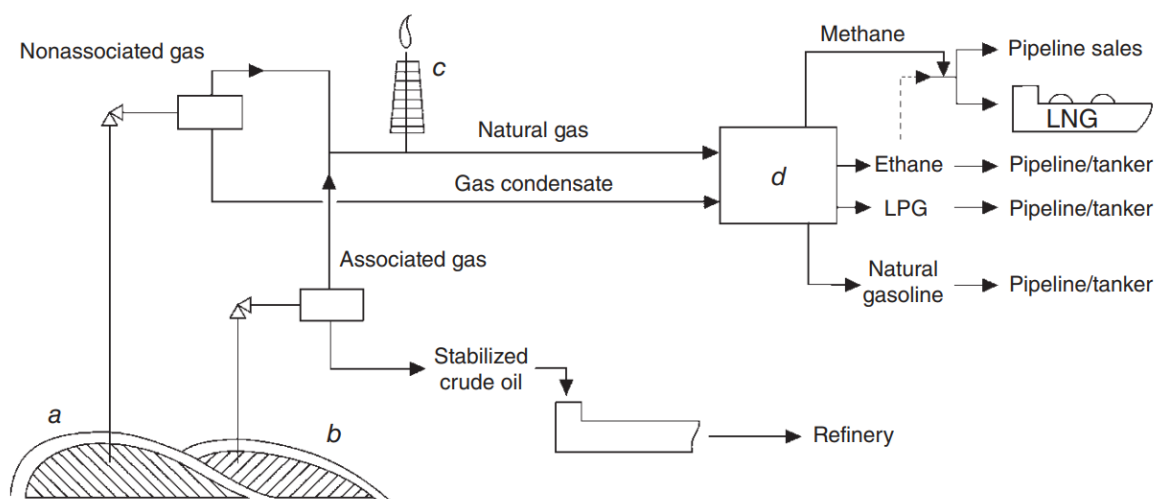
Según Schütze et al., “en el mundo el 40% de GLP se obtiene de procesos de refinación del petróleo mientras que el 60% de procesos de separación del gas natural y del petróleo que se extraen de pozos” (2022).

2.2.4 Recuperación a partir del gas natural

Se obtienen de reservorios y pozos que contienen gas natural o petróleo, este GLP contiene principalmente propano y butano, las cantidades existentes dependen de la naturaleza del reservorio. “La producción puede ser de gas natural a partir de un reservorio de gas, de gas e hidrocarburos líquidos ligeros, de un reservorio de condensados o de un pozo de gas y petróleo combinados” (Thompson et al., 2011, p. 1). Principalmente se obtiene GLP y gasolina natural como los hidrocarburos más valiosos a partir de la extracción del gas natural de pozos; para su transporte y almacenamiento se tiene que remover estos componentes muy ligeros llamando a este proceso estabilización de GLP.

Figura 4

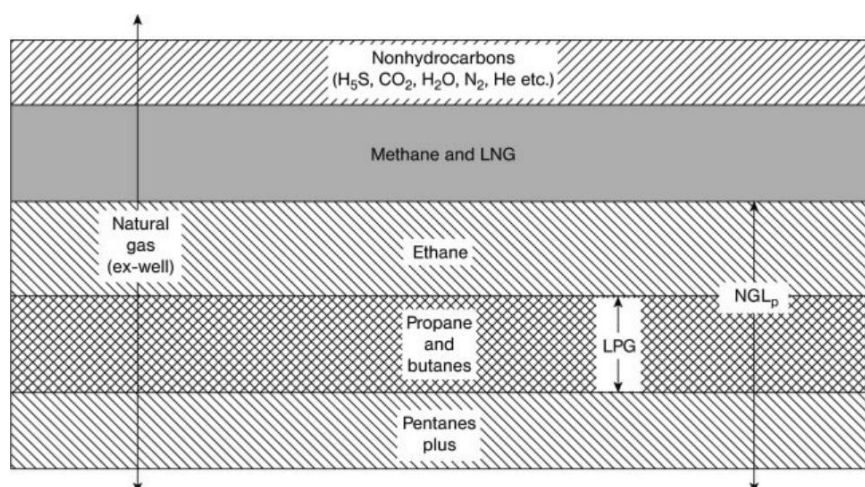
Sistema de recuperación de yacimientos



Nota: (a) gas y condensado de gas, (b) petróleo y gas, (c) quema de gases y (d) planta procesamiento de gas. Recuperado de “Liquefied Petroleum Gas”, por Thompson et al., 2011, Wiley, p.2.

Figura 5

Componentes de producción de gas natural - GLP



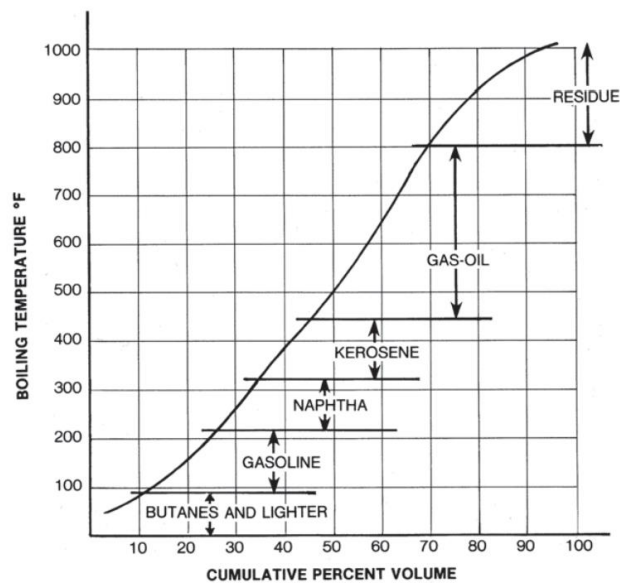
Nota: NGL_p= gas natural licuado de plantas de procesamiento, LNG= gas natural licuado, LPG = gas licuado de petróleo. Recuperado de "Liquefied Petroleum Gas", por Thompson et al., 2011, Wiley, p.3 (https://doi.org/10.1002/14356007.a15_347.pub2).

2.2.5 Recuperación y manufactura en las refinerías

El petróleo sufre un proceso de fraccionamiento en una torre de destilación atmosférica, en dicho proceso se obtienen los derivados de este, por la parte superior de la torre se producen gases tales como el GLP, etano y metano. Normalmente se obtienen en función a su punto de ebullición, tanto los más ligeros y pesados son sometidos a tratamientos de conversión para mejorar sus propiedades, algunos procesos son el cracking tanto catalítico como térmico, reforming catalítico, hidrocracking y alquilación. Los productos del craqueo son GLP y gases ligeros (etano, metano, hidrogeno), normalmente estos gases son usados como combustible dentro de los procesos en la refinería, pero el GLP debido a sus diversos usos es atractivo para ser separado y comercializado, en cambio el etano solo tiene un uso en la petroquímica (Elvers y Schütze, 2022, pp. 103-104). Mientras más ligero sea un petróleo (más alto grado API) tendrá mayor cantidad de hidrocarburos livianos, esto queda evidenciado según las curvas de destilación, de acuerdo con la Figura 6.

Figura 6

Curva de destilación típica de una carga de petróleo



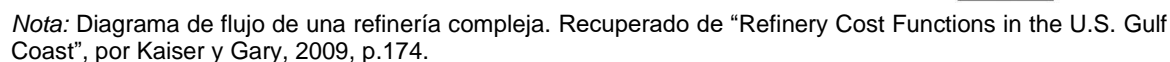
Nota: Recuperado de "Petroleum Refining in nontechnical language", por Leffler, 2008, p. 17.

El GLP obtenido en el proceso de refinación del petróleo contiene en mayor proporción propano, butano e isobutano (Thompson et al., 2011).

Se tienen las siguientes técnicas de recuperación de GLP en las refinerías de petróleo.

- Re-contacto - compresión
- Refrigeración
- Absorción
- Adsorción
- Combinación de los otros métodos

Fuentes de GLP dentro de los procesos en una refinería de petróleo.



En la unidad de destilación atmosférica

- Torre de destilación primaria
- Reformado catalítico
- Hidrocraqueo catalítico
- Isomerización catalítica
- Hidro-desulfuración

21

- Cracking catalítico (FCC)
- Visbreaking

2.3 Almacenamiento y transporte

Principalmente el GLP se almacena de las siguientes maneras, presurizado a temperatura ambiente, refrigerado a presión ambiental y semi-refrigerado parcialmente presurizado (Thompson, Robertson, y Johnson, 2011). Las formas de almacenamiento de GLP puede darse de las siguientes maneras:

- Almacenamiento en tanques enterrados, ofrece una variedad de beneficios que abarcan la seguridad, la estética, el uso del espacio y las consideraciones ambientales. Minimiza los riesgos, de producirse algún fuego, de generar alguna explosión. Son de capacidad media, requieren sistema de protección catódica contra la corrosión. Son usados normalmente en establecimientos que expenden GLP como combustible.
- Almacenamiento en tanques en superficie, normalmente son usados en instalaciones que almacenan grandes cantidades de GLP (plantas de abastecimiento), en lugares que por cuestiones de fuerza mayor no puedan usarse tanques subterráneos, en consumidores directos que consideran su uso para sus labores comerciales. Hay que tener cautela al trabajar con tanques instalados superficialmente debido a los múltiples peligros externos que afronta. Requieren sistemas de protección contra incendios (aspersores y rociadores) entre otros sistemas complejos de control y mitigación de peligro. Thompson et al., menciona que para volúmenes pequeños y medianos (hasta 100 toneladas) se pueden instalar horizontal y verticalmente, volúmenes más grandes requieren ser almacenados en tanques esféricos (2011).
- Almacenamiento en tanques monticulados, es una instalación híbrida entre los dos anteriores, ofrece protección contra incendios y explosiones debido a la capa de tierra, protege al tanque de condiciones climáticas, tiene un mantenimiento e

inspecciones más sencillas que el tanque instalado bajo el suelo, sin embargo, también tiende a ser atacado por la corrosión por lo que se debe instalar un sistema de protección catódica.

El transporte depende del lugar de producción y suele realizarse por oleoductos, rutas marítimas, carreteras o ferrocarriles. Su traslado es mayormente presurizado, en barcos metaneros o en camiones cisterna o vagones de tren. La máxima capacidad para barcos presurizados con GLP está limitada a 2000 m³ debido a costos de manufactura y de operación, mientras que los buques semi-refrigerados están restringidos entre 2.500 - 5.000 m³, y los buques completamente refrigerados pueden albergar capacidades de hasta 100.000 m³. A mayor carga de GLP, más apropiado es usar los metaneros totalmente refrigerados, luego de ser descargados el GLP pasa a tanques refrigerados o se vaporiza para pasarlos a otros recipientes (Thompson et al., 2011).

Los gasoductos son usados cuando el transporte es en grandes volúmenes, normalmente se da en los Estados Unidos (Elvers y Schütze, 2022, pp. 110 -111) ya que el precio para el consumidor final depende más que todo del transporte. En Europa (Alemania, Francia y Reino Unido) también se tienen varios gasoductos donde se conectan terminales y zonas rurales. En América Latina existen gasoductos en Brasil y Argentina entre plantas fraccionadoras y centros de consumo.

2.4 Usos

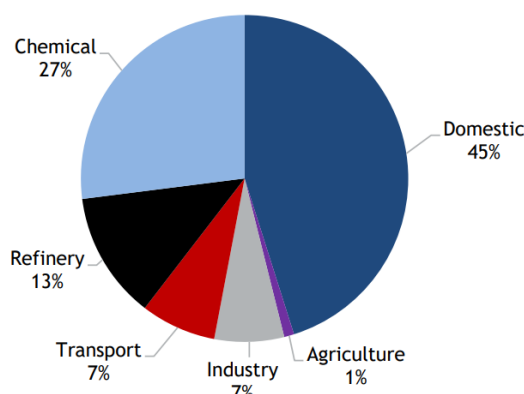
2.4.1 Principales usos

Entre los países que son mayores consumidores de GLP están Estados Unidos, China y Arabia Saudí, aunque el GLP es muy usado en países asiáticos como Japón, India, Tailandia y Corea del Sur.

Según Argus Media group (2019), el sector residencial continúa con el dominio de la demanda global, en tanto que el mercado tradicional en climas fríos que usan el GLP para calentamiento se ha incrementado de manera mínima.

Figura 8

Demanda mundial de GLP por sectores

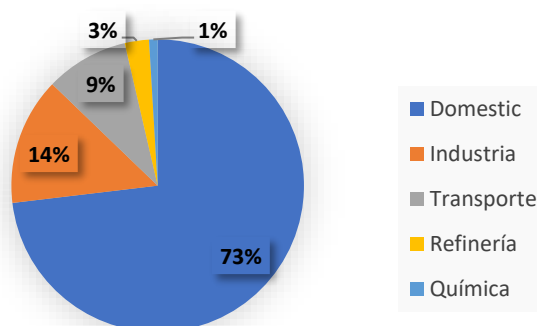


Nota: Recuperado de “Statistical Review of global LPG”, por Argus Media y WLPGA, 2023, p.6 (<https://www.smf.com.sg/wp-content/uploads/2024/07/WLPGA-Statistical-Review-2023.pdf>).

En los Estados Unidos, aproximadamente el 35% de su uso se da en la industria petroquímica para la formación de polímeros de mayor valor comercial. La producción de polipropileno, polietileno y policloruro de vinilo requieren grandes cantidades de propeno y etileno los cuales son producidos por el cracking térmico y deshidrogenación del propano, butano y etano. Un 24% es usado en comercios y hogares, usualmente está relacionado al crecimiento económico del país. Un 20% del GLP consumido es usado en la industria de los automóviles a pesar del impacto de la normativa relacionada al medio ambiente (Taylor, 2000, p. 10).

Figura 9

Consumo total por sectores - Latinoamérica

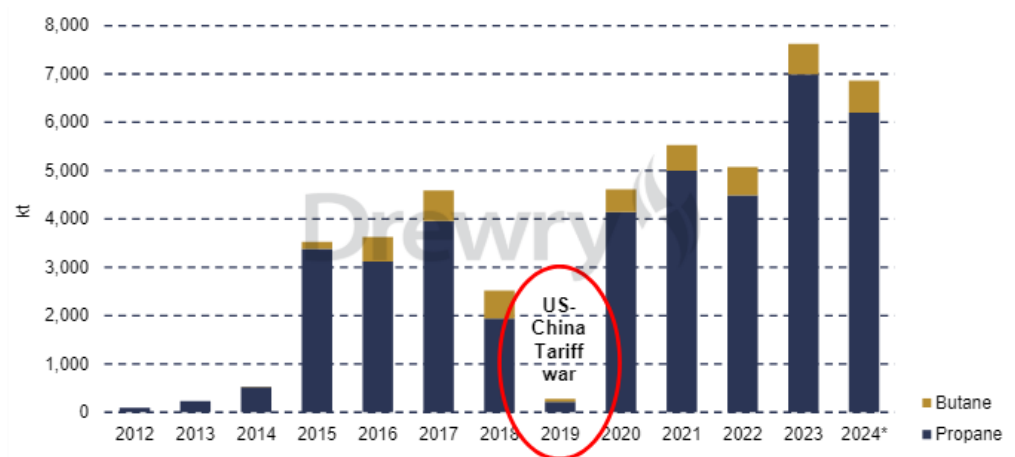


Nota: Recuperado de “Statistical Review of global LPG”, por Argus Media y WLPGA, 2023, p.6 (<https://www.smf.com.sg/wp-content/uploads/2024/07/WLPGA-Statistical-Review-2023.pdf>).

Mientras que China domina el mercado mundial con una demanda de GLP de 74 millones de toneladas anuales, equivalente al 21,5% del consumo mundial. Y en el comercio entre China y EE.UU. el GLP ocupa casi el 50% de las importaciones de China, donde el propano es una fuente clave en la producción de propileno, que es crucial para la fabricación de plástico.

Figura 10

Comercio de GLP entre Estados Unidos y China



Nota: Tomado de “China’s LPG imports to face the brunt in a second trade war scenario”, por Drewry Maritime Research, 2024, (<https://www.drewry.co.uk/maritime-research-opinion-browser/maritime-research-opinions/chinas-lpg-imports-to-face-the-brunt-in-a-second-trade-war-scenario>).

Tabla 5

Principales usos del GLP

Campo	Aplicación
Industrial	Montacargas, motores de carburador interior
	Soldadura de alta presión
	Soldadores portátiles, sopletes pequeños, sopletes manuales
	Calefacción
	Refrigeración (ciclo de compresor), evaporación o especialidad (tuberías de vaporización)
	Calefacción de pavimentos
	Descongelación del suelo, derretimiento de hielo/nieve, calentamiento de hormigón
	Propulsor para aerosoles, cosméticos, cremas de afeitar, perfumes, etc.
	Propulsor para pulverizadores de pintura y aerógrafos de pintura
	Disolvente para limpieza, reacción, diluyente
	Grupos electrógenos

	Vehículos a GLP
	Calentadores de carga, precalentadores de refrigerante de motor, eliminación de hielo.
Transporte	Combustible alternativo para camiones pesados (fumigación)
	Combustible de hidrocarburos para reformar aplicaciones de pilas de combustible
	Vehículos híbridos de microturbinas
	Secado de granos, calentadores de graneros/criadoras, calentadores de huertos, control de malezas
	Soldadores generales
Agricultura	Erradicación del insecto de la papa
	Deshidratación/esterilización de estiércol de animales de granja
	Control de malezas como alternativa a los herbicidas para controlar la escorrentía
	Bombas de agua de riego
	Calefacción de aire de ventilación de pozo de mina
Minería	Cocinas en la mina, calefacción de viviendas
	Bombas de agua para liberar metano de las vetas de carbón.
	Anestésico de ciclopropano
Medicina	Generadores estacionarios
	Combustible de reserva para suministro interrumpible de gas
	Cocinar, calefacción, secar ropa, agua caliente
	Calentadores radiantes catalíticos/radiantes/de tubería, luces de repisa.
Residencial	Barbacoas caseras
	Encendedores
	Instalación fija casa móvil calefacción/cocina

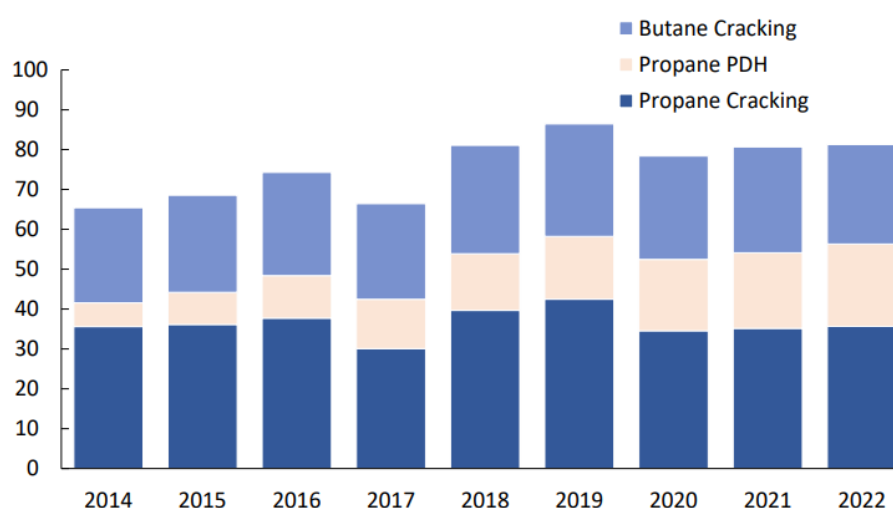
Nota: Adaptado de “Fuel and lubricants Handbook”, por Falkiner, 2003, p. 56.

El consumo de GLP para uso doméstico sigue dominando la demanda mundial, pero el uso de GLP como materia prima petroquímica está creciendo rápidamente en importancia. “El consumo mundial de GLP aumentó en 63 millones de toneladas entre 2015 y 2022, de los cuales el 27 % se debió al uso de GLP como materia prima petroquímica” (GASNOVA (Asociación Colombiana de GLP), 2024, p.27). Al 2022, el uso del GLP en el ámbito petroquímico representa el 26 % de la demanda mundial de GLP, esto lo convierte en el siguiente mercado más importante para el GLP después del sector residencial (representa el

45 % de la demanda mundial). Hasta el año 2000, el uso de GLP como materia prima petroquímica se limitaba casi por completo a América del Norte y, en particular, a los EE. UU, ya desde algunos años atrás la situación global ha cambiado por completo, América del Norte representa apenas el 25% de la demanda mundial de GLP no energético, y Asia-Pacífico más del 45%. Este aumento del consumo en Asia-Pacífico se ha basado casi por completo en importaciones de productos estadounidenses a precios competitivos (WLPGA y Argus Media, 2023).

Figura 11

Uso de GLP en la industria petroquímica



Nota: Recuperado de "Statistical Review of global LPG", por Argus Media y WLPGA, 2023, p.9 (<https://www.smf.com.sg/wp-content/uploads/2024/07/WLPGA-Statistical-Review-2023.pdf>).

2.4.2 Mercado de Autogas

Inicialmente utilizado para el transporte y como combustible, alrededor del 50% del consumo de GLP se atribuye ahora al sector de la calefacción y la cocina, siendo la industria petroquímica el segundo mayor consumidor. Como combustible, se utiliza en operaciones industriales para sistemas de refrigeración y calefacción, generación de vapor y para motores de vehículos.

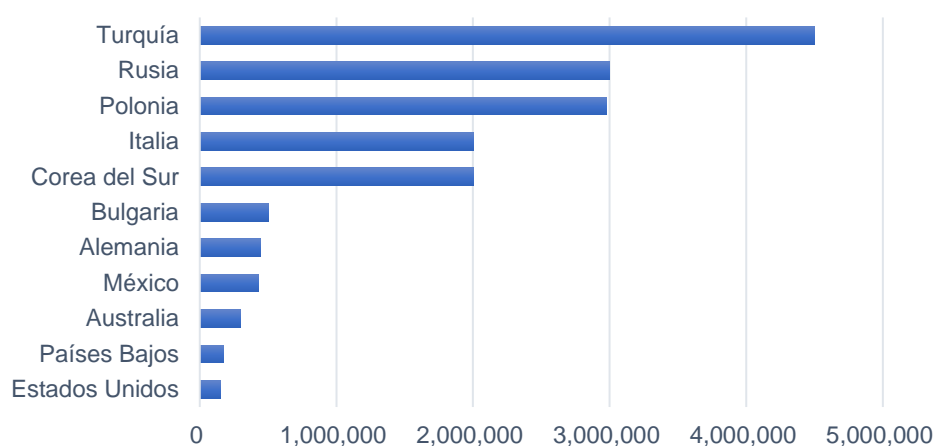
El sector de transporte solo cubre un 10% a nivel mundial, siendo Asia y Europa donde se concentra la mayor porción. De acuerdo con un reciente estudio (Research Nester), el mercado global verá crecer en 4.2% al GLP entre 2018 y 2027, debido a iniciativas

gubernamentales de promoción de GLP y su aplicación ya que resulta ser una fuente conveniente de energía por aspectos ambientales que maneja.

Vehículos de GLP son comúnmente usados para el transporte de pasajeros o carros ligeros, la mayoría en Asia y Europa, en este ultimo los carros tienen un sistema dual de alimentación de combustible, pueden ser alimentados con gasolina y GLP o en carros grandes con diésel y GLP. Otro tipo de vehículo es el trimóvil, muy común en países en desarrollo (Elvers y Schütze, 2022, p. 112).

Figura 12

Número de vehículos a GLP a nivel mundial (2016)



Nota: Adaptado de Liquefied Petroleum Gas, por Schütze et al., 2022, p. 112.

Tabla 6

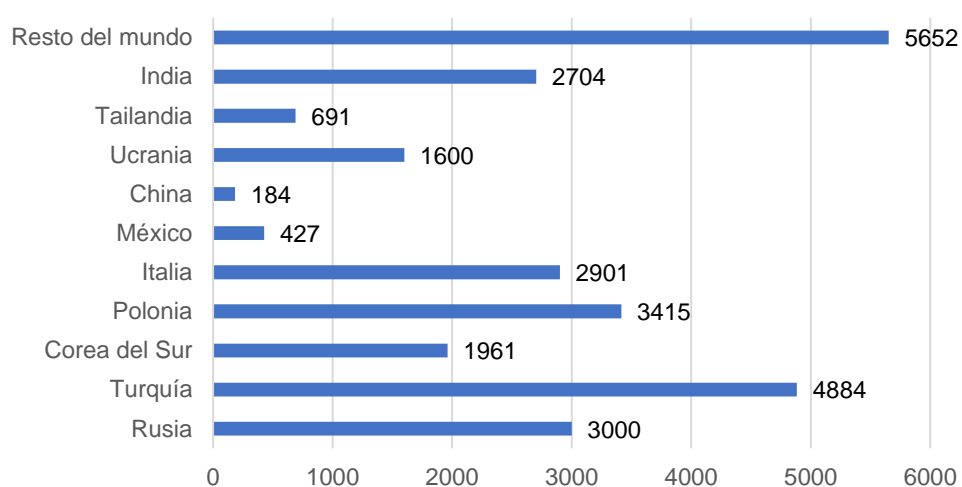
Principales mercados de GLP automotor

País	Consumo (miles toneladas)	Vehículos (miles)	Establecimientos
Rusia	3450	3000	4900
Turquía	3098	4884	10059
Corea del Sur	2542	1961	1972
Polonia	1880	3415	7486
Italia	1535	2901	4500
México	1455	427	2180
China	1096	184	543

Ucrania	1096	1600	3700
Tailandia	871	691	1530
India	408	2704	1470
Resto del mundo	8041	5652	40691
Total	25472	27419	79031

Figura 13

Flota de vehículos a nivel mundial (2022)

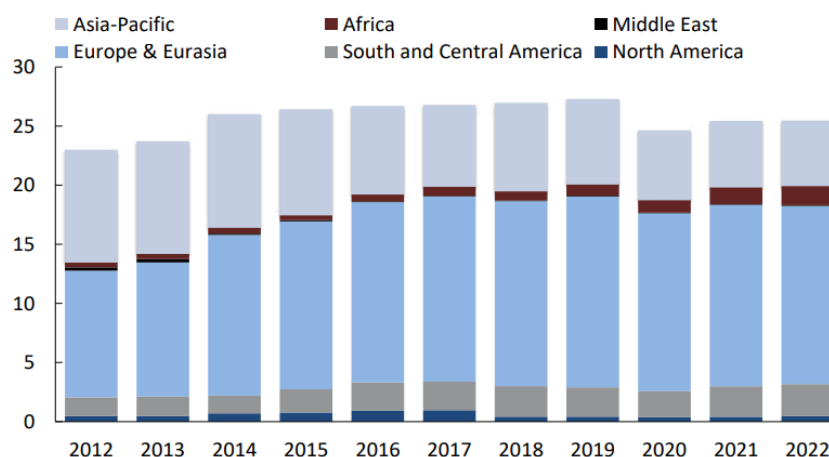


Nota: Número de vehículos a GLP (en miles). Adaptado de "The global Autogas market, por WLPGA AND Liquid Gas Europe, 2023, p. 15 (<https://online.fliphtml5.com/addge/nxuz/#p=14>).

A nivel mundial, se tiene la demanda por región de GLP automotor de acuerdo con la Figura 14, donde se puede apreciar el bajo consumo de GLP que tiene Norte América, también se nota la constante demanda de GLP automotor luego de la pandemia

Figura 14

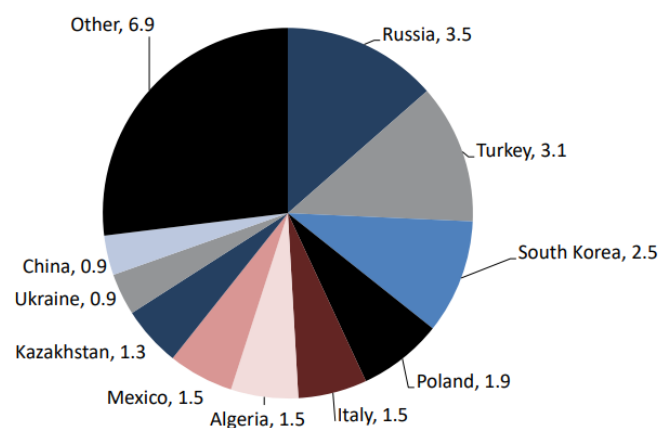
Demanda de GLP automotor por región



Nota: Datos en millones de toneladas. Recuperado de “Statistical Review of global LPG”, por Argus Media y WLPGA, 2023, p.9 (<https://www.smf.com.sg/wp-content/uploads/2024/07/WLPGA-Statistical-Review-2023.pdf>).

Figura 15

Top 10 países consumidores de GLP automotor al 2022



Nota: Recuperado de “Statistical Review of global LPG”, por Argus Media y WLPGA, 2023, p.9 (<https://www.smf.com.sg/wp-content/uploads/2024/07/WLPGA-Statistical-Review-2023.pdf>).

2.5 GLP en el Perú

2.5.1 Breve historia

La historia de los hidrocarburos comenzó hace siglos en Perú, con la utilización de la brea durante la civilización inca; sin embargo, no fue hasta el siglo XIX cuando se descubrió petróleo en Zorritos (Piura). Recién en 1935 cuando la Refinería de Talara, entonces propiedad de la International Petroleum Company (IPC), inició la producción de una sustancia conocida como Gas Líquido.

La comercialización de gas licuado de petróleo (GLP) en Perú se inició en la década de 1950 con la introducción de cilindros de GLP para uso residencial, iniciada con el establecimiento de la primera planta de envasado de GLP por la IPC, inicialmente gestionada por ESSO y posteriormente por la Compañía Peruana de Gas. Dicha empresa también se dedicó a la comercialización de aparatos de GLP a través de Solgas Artefactos. Inicialmente, se concentró únicamente en Lima y El Callao. El GLP era suministrado por la refinería de Talara, que poseía esferas de almacenamiento para su traslado marítimo a una instalación de suministro en la provincia constitucional del Callao. Posteriormente, se transportaba por tubería hasta las instalaciones de envasado de GLP en Lima, Piura, Chiclayo, Trujillo y Arequipa (Tamayo et al., 2015, p. 79).

Hasta mediados de 1996, PETROPERU era el único distribuidor de GLP en Perú, abasteciéndose de las refinerías de Talara y La Pampilla, así como de importaciones. En ese año, Zeta Gas Andino S.A. ingresó al mercado peruano, construyendo un terminal marítimo en el Callao e iniciando la comercialización de GLP importado y nacional para satisfacer la demanda. El año 1997 se privatiza el consorcio PETROPERU-Solgas y esta empresa empieza a comercializar GLP desde sus instalaciones en Ventanilla, proximately el año 1998 empiezan a aparecer nuevas empresas que comercializaban GLP de entre las que se tuvo a Aguaytía Energy del Perú S.R.L. (a cargo de Maple Corp.), la cual comienza a vender GLP en la selva peruana específicamente en Ucayali (Vásquez, 2006, p. 12).

Años más tarde, en julio de 2003, analizándose la oferta y demanda de GLP, se pudo notar que PETROPERU seguía siendo el mayor productor de GLP, seguido de REPSOL-YPF, Maple Corp. los cuales abastecían a todo el país. A pesar de ello el Perú seguía importando GLP de países como Venezuela (38%), Chile (13%), Australia (9%) para cubrir la demanda total, los importadores comercializaban GLP producto de la mezcla de propano y butano comprado en el mercado externo. La importación de GLP para ese año era alrededor del 46% siendo PETROPERU, SOLGAS-REPSOL y ZETA GAS las principales empresas importadoras (Vásquez, 2006, pp. 12-13).

Todo este panorama cambió a partir del año 2004, en que empezó la operación de la planta de fraccionamiento de líquidos de gas natural ubicado en Pisco, en el cual se obtenía dentro de todo al GLP y este era transportado a las plantas de abastecimiento que se tiene en el Callao para su posterior comercialización tanto envasado como a granel (Vásquez, 2006, p. 13).

2.5.2 Entidad Reguladora

En 1996, con la Ley 26734, se crea el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERG) con el propósito de supervisar y fiscalizar los subsectores de electricidad e hidrocarburos. Posteriormente, en el 2007, la Ley N°28964 exactamente en los artículos 1°, 2° y 18°, se decide modificar las funciones de OSINERG y pasa a denominarse como Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), esta entidad es responsable de supervisar a los agentes que operan en estos sectores para garantizar que sus actividades se realizan de forma segura para la comunidad, los trabajadores y el medio ambiente, al tiempo que garantiza un suministro energético nacional fiable y sostenible.

En el sector de los hidrocarburos, Osinergmin desempeña varias funciones clave: velar por el cumplimiento de las obligaciones legales, contractuales y técnicas relacionadas con las actividades de hidrocarburos; aplicar sanciones en caso de incumplimiento de la normativa del sector; y elaborar normas, reglamentos y procedimientos para facilitar el funcionamiento eficaz del sector y resolver litigios y reclamaciones.

Para poder comercializar hidrocarburos (downstream) dentro del territorio peruano se requiere un permiso denominado Registro de Hidrocarburos (RHO), el cual lo otorga Osinergmin y con el que se permite al agente realizar las actividades de comercialización. Cada diferente actividad de los agentes requiere documentación distinta para su evaluación, aprobación y posterior obtención del Registro de Hidrocarburos. Entre los principales trámites se tienen: inscripción en el RHO, modificación del RHO, suspensión del RHO, habilitación del RHO, cancelación del RHO, para la aprobación y procedencia de cada uno de estos trámites se requiere el visto bueno por parte de Osinergmin.

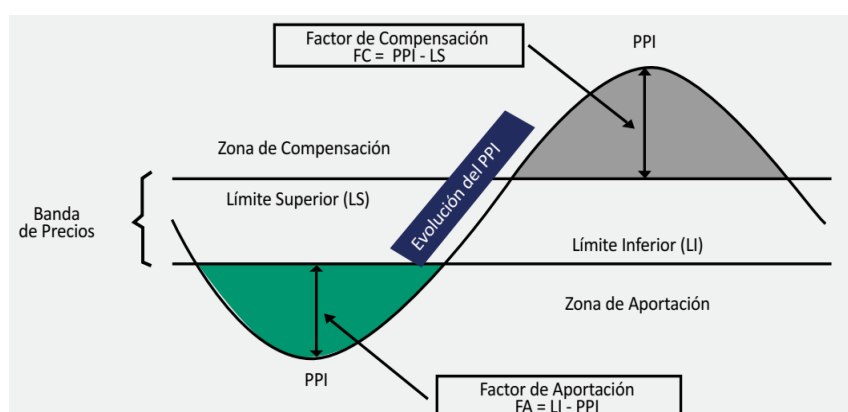
2.5.3 Precio GLP en el Perú

Con respecto al precio de GLP en el mercado, este no está regulado por el Estado, su valor está determinado por la oferta y demanda en el mercado nacional e internacional, según se manifiesta en el artículo 77 de la Ley 26221. Al ser el mercado de hidrocarburos muy volátil, y con el fin de evitar que esta volatilidad en los precios del GLP afecte a los consumidores es que se crea el Fondo de Estabilización de los Precios de Combustibles (FEPC), creado mediante Decreto de Urgencia N° 010-2004.

Esta norma establece un fondo compuesto por pagos y descuentos de productores e importadores, en función de si los precios de paridad de importación de los combustibles superan o quedan por debajo de la Banda de Precios (BP). El FEPC emplea en sus operaciones el precio de paridad de exportación (PPE) para el GLP y los precios de paridad de importación (PPI) para los demás combustibles. Ambos se calculan como la suma del precio de referencia (PR) más el margen de comercialización mayorista determinado por el Osinergmin con base en la información proporcionada por las empresas miembros de la Comisión Consultiva (Rodriguez y Llerena, 2019, pp. 4 – 5).

Figura 16

Diseño y operación del FEPC

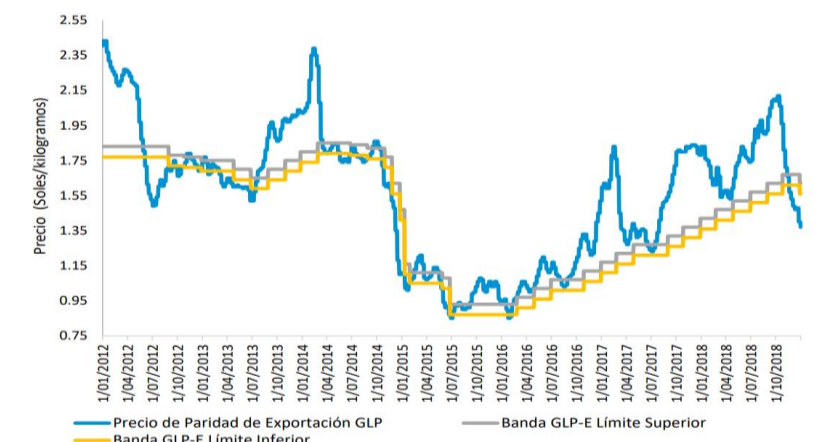


Nota: Recuperado de “La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país” por Tamayo et al. (2015), Osinergmin, p. 93.

La Figura 17 presenta el caso del GLP y para ello muestra la evolución del PPE y de la BP de este combustible, durante los años 2012 y 2018 (Rodriguez y Llerena, 2019, p. 5).

Figura 17

Evolución del Precio de Paridad de Exportación del GLP (2012-2018)



Nota: Recuperado de “Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles derivados del Petróleo: el caso del GLP envasado” por Rodríguez y Llerena, 2019, p. 5.

Se ha observado que, con frecuencia, el precio de paridad de exportación supera el umbral superior de la banda de precios del GLP, lo que lo sitúa en la zona de compensación. En otras palabras, durante los años 2012 y 2018, los periodos en que el Fondo ha tenido que compensar a los agentes ha sobrepasado con creces los periodos en los que el Fondo ha recibido aportes por parte de ellos (Rodríguez y Llerena, 2019, p. 6).

2.5.3.1 Factores que afectan el precio del GLP. Dentro de los principales factores se tiene:

- La cadena de comercialización que tiene el GLP a nivel nacional, al ser muy extensa y nada descentralizadas las instalaciones de almacenamiento de GLP, se llega a tener precios en muchos casos excesivos, inclusive en la misma capital. Considerando que el 70% del GLP consumido se produce en el país y el 30% se importa, siendo la importación muchas veces la delimitante del precio final.
- Malas prácticas de comercialización del GLP (desvío de combustible), lo que genera un costo elevado para algunos y un costo muy bajo para otros actores dentro del mercado.
- La disminución de los inventarios de crudo y propano, de acuerdo con normativa peruana, las plantas de abastecimiento (o los que operen desde ellas) de GLP

deben tener como volumen almacenado una existencia media equivalente a quince (15) días del despacho promedio de los últimos seis (06) meses; así como también mantener en ella en todo momento del día, una existencia mínima de GLP almacenado equivalente a cinco (05) días de despacho promedio de los últimos seis (06) meses (Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo, 1994).

- Sanciones comerciales internacionales (actuales) a otros países productores, así como las expectativas de aumento de del consumo de petróleo y combustibles a nivel regional y mundial.
- La fluctuación en la demanda de combustibles para calefacción. En hemisferio opuesto, este factor es estacional ya que, en el invierno boreal, el hemisferio norte requiere mayor cantidad de combustible para calefacción de sus hogares, centros de trabajo, entre otros, haciendo que el precio se incremente a nivel mundial afectando más al hemisferio sur.
- Tensiones geopolíticas en otras partes del mundo, en estos últimos años, conflictos en Medio Oriente y Europa Oriental han afectado el precio internacional de los combustibles. Así como también fenómenos naturales como huracanes en el Golfo de México, crisis hídricas que afectan al Canal de Panamá, oleajes anómalos en los puertos del Perú donde se reciben las cargas de GLP importado, problemas en la planta de Camisea de donde proviene la mayoría del GLP producido en el país, así como rupturas del ducto que administra TGP (Transportadora de Gases del Perú).

2.5.3.2 Subsidios gubernamentales. El principal subsidio que otorga el gobierno peruano a los combustibles es el FISE (Fondo de Inclusión Energética), creado por la Ley N° 29852 en 2012, con el fin de suministrar energía más limpia a los ciudadanos más vulnerables del país. El objetivo principal es facilitar el acceso a balones de GLP en las comunidades urbanas y rurales en situación de riesgo. El programa de vales de descuento de GLP otorga un reembolso de 20 soles por la adquisición de un cilindro de GLP de 10 kilogramos en los puntos de venta autorizados.

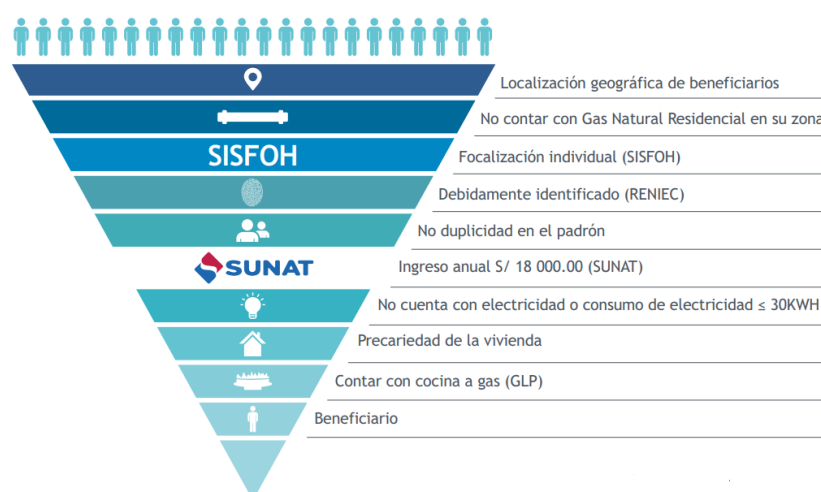
Para ser beneficiario de este vale, se requiere cumplir ciertas condiciones establecidos en la normativa y sus posteriores modificaciones, dichos filtros requieren el apoyo de diferentes plataformas del Estado Peruano para clasificar correctamente a los hogares beneficiarios.

Los recursos económicos del FISE de acuerdo con la Ley 29852 (2012) proceden de varios agentes que remiten mensualmente los ingresos al Ministerio de Energía y Minas:

- Los grandes consumidores de electricidad (usuarios libres).
- Los usuarios del servicio de transporte de gas natural.
- La producción e importación de combustibles.

Figura 18

Identificación de beneficiarios del Vale de Descuento GLP



Nota: Recuperado de "Memoria anual de gestión – FISE", 2020, p. 22 (https://fise.gob.pe/pags/PublicacionesFISE/MEMORIA_ANUAL_FISE_2020.pdf).

Figura 19

Proceso de canje del Vale Digital GLP



Nota: Recuperado de "Memoria anual de gestión – FISE", 2020, p. 23 (https://fise.gob.pe/pags/PublicacionesFISE/MEMORIA_ANUAL_FISE_2020.pdf).

2.5.4 Problemática de GLP-G y GLP-E

En Perú, el GLP se clasifica en dos categorías a efectos reglamentarios: GLP-G (a granel) y GLP-E (envasado). El GLP-G se vende en estaciones de servicio, a consumidores directos y a redes de distribución de GLP. El GLP-E es adquirido por las plantas de envasado y posteriormente distribuido en cilindros de GLP a los puntos de venta al por menor, estos son transportados mediante distribuidores o medios de transporte de balones de GLP a los consumidores finales.

Dentro de este concepto diferenciado, existe una mala práctica en la cual agentes de la cadena que comercializan GLP, redireccionan las ventas del GLP-G o del GLP-E para obtener un margen de ganancia adicional pero de carácter ilegal ya que va contra la normativa. De acuerdo con Rodríguez y Llerena (2019) cuando el precio de GLP-E es menor que el precio de GLP-G se producen incentivos económicos para comprar el GLP como GLP-E y venderlo como GLP-G hacia los usuarios finales, maximizando estos sus recursos a costa de los recursos del FEPC. El Decreto Supremo N° 033-2023-EM establece que el GLP Envasado permanecerá en el FEPC hasta marzo de 2024, con una prórroga hasta el 27 de

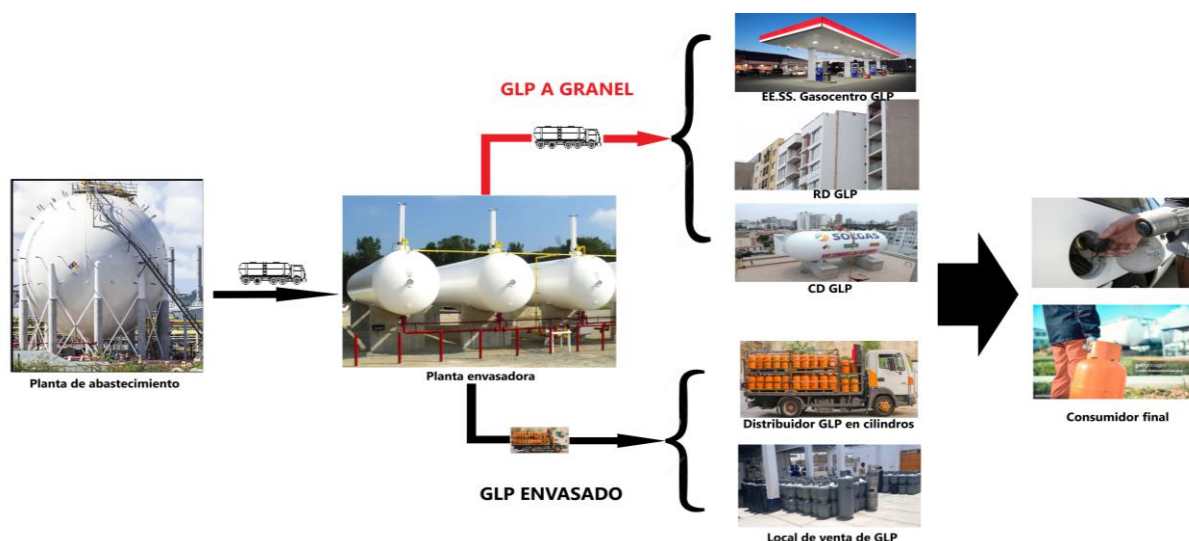
junio de 2024. En la actualidad, ninguna de las dos categorías de GLP está incluida en el FEPC, por lo que no existe diferenciación legal entre ambas, siendo idénticas. No obstante, este escenario puede fluctuar, ya que el FEPC ha salido y vuelto a entrar repetidamente a lo largo de su existencia.

El Decreto Supremo N° 033-2023-EM establece que el GLP Envasado permanecerá en el FEPC hasta marzo de 2024, con una prórroga hasta el 27 de junio de 2024. En la actualidad, ninguna de las dos categorías de GLP está incluida en el FEPC, por lo que no existe diferenciación legal entre ambas, siendo idénticas. No obstante, este escenario puede fluctuar, ya que el FEPC ha salido y vuelto a entrar repetidamente a lo largo de su existencia.

De acuerdo con la Figura 20, el GLP recibido por la planta de envasado es comercializado hacia otros agentes que no deberían beneficiarse de este precio final, alterando la cadena y afectando a los consumidores correctos.

Figura 20

Tipos de GLP comercializados en el Perú



Nota: Elaboración propia.

Según menciona Lazo, R. (2023), este contrabando de GLP afecta al estado y a las poblaciones vulnerables, las cuales deberían ser los principales beneficiarios; debido a esta problemática el Estado Peruano debe ser capaz de administrar y dirigir más efectivamente el FEPC, así como controlar y supervisar de mejor manera este desvío. En general se debe seccionar efectivamente el mercado interno, y dar prioridad a ciertos combustibles a ser

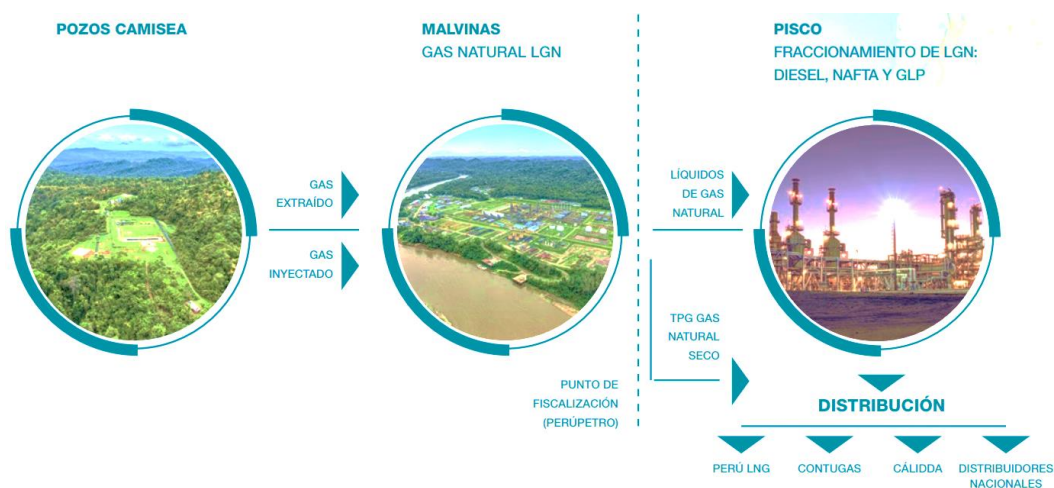
usados en determinados departamentos e impulsar el uso del gas natural en la costa, en donde se tienen tendidas casi el total de redes de abastecimiento. El impulso que debe existir para la detección de estos casos de desvío debe ser también prioridad para el Osinergmin, donde se puede hacer uso de la tecnología (uso de GPS en las cisternas, plataformas de seguimiento), fiscalizaciones más frecuentes y efectivas para reducir en gran medida este desvío.

2.6 Mercado de GLP en el Perú

En el Perú, el mayor suministro de GLP al mercado nacional lo provee el mega yacimiento Camisea ubicado en la selva cusqueña, vertiente oriental del río Ucayali, en la provincia de La Convención - Cusco. Camisea produce alrededor del 75% del GLP que demanda el mercado nacional, el resto es importado y producido por las refinerías a lo largo del país (Macroconsult, 2021).

Figura 21

Esquema de operaciones



Nota: Recuperado de "Informe de sostenibilidad", por Consorcio Camisea, 2023.

En la actualidad, el gas licuado de petróleo (GLP) en el mercado nacional comprende un 30% de producto importado y un 70% de producción nacional, según informa la Sociedad Peruana de Gas Licuado (SPGL). El GLP es el combustible predominantemente utilizado por los hogares peruanos para actividades esenciales como la cocina, la calefacción y uso automotor, debido a la energía que suministra tanto en regiones urbanas como rurales. La

forma de transporte para que el GLP llegue a los hogares es de manera envasada en cilindros (de 5, 10 y 45 Kg) y requiere camiones cisterna para su transporte en forma líquida hacia los establecimientos que comercializan para uso automotor, no siendo por ducto ni por redes de gasoductos. Según el INEI el porcentaje de hogares que migró al uso del gas para cocción de alimentos es alrededor del 36% al 83.4 % entre los años de 1997 y 2022, teniéndose en el área rural un aumento del 57.6% al 59.1% entre los años 2016 y 2022, las cifras actuales difieren significativamente de las de 2009, cuando alrededor del 84% de los hogares rurales utilizaban leña como combustible principal para cocinar, mientras que sólo el 14% del total de hogares empleaba GLP.

Tabla 7

Principales usos del GLP en el Perú

Sector	Actividad	Aplicación
Residencial	Residencial	Uso en cocinas, termas a gas, calefactores, neveras, lavadoras, cortacéspedes.
	Alimentario	Uso en hornos y cocinas industriales.
	Fundición	En la fundición de metales y soldadura.
Industrial	Acabado de superficies	Uso en galvanizado, galvanoplastia, pinturas.
	Cerámica	Uso en los hornos de cocción de las arcillas.
	Agrícola	Secadores de granos o semillas, en invernaderos, calefacción en galpones, repelente de insectos.
	Eléctrico	Generación eléctrica en zonas apartadas (microturbinas).
	Petroquímica	Usado para producir polipropileno y acetona.
Comercial	Restaurantes	Fuente de energía en numerosas aplicaciones.
	Hoteles	
Transporte	Transporte	Usado en vehículos a lo largo del país.

Nota: Elaboración propia.

2.6.1 GLP automotor

De acuerdo con la SPGL (2023), alrededor de seiscientos cincuenta mil (650 000) vehículos emplean el GLP como combustible principal para desarrollo de actividades, la

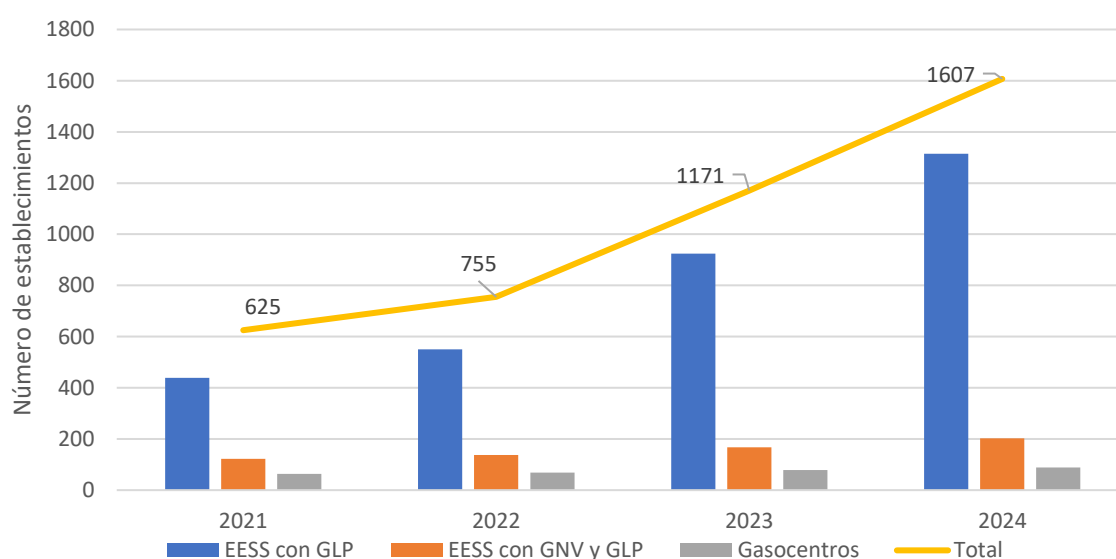
SPGL indica que la demanda de GLP en el sector automotor es de alrededor del 38% del consumo total. La demanda por el consumo de GLP como se verá más adelante va en aumento, lo cual conlleva a la importación para la satisfacción este consumo nacional.

Tanto el GLP como el Gas Natural Vehicular (GNV) son alternativas viables y ecológicas a los combustibles fósiles tradicionales para automóviles, por lo que ambos combustibles contribuyen a una movilidad más sostenible, y la preferencia por uno de estos dependerá del: costo del combustible y de instalación, la disponibilidad en la zona de cada combustible y las necesidades específicas para cada zona en el país.

En el país existen actualmente alrededor de 1600 establecimientos que expenden GLP automotor, la Figura 22 muestra la progresión del número de establecimientos a lo largo de los años 2021 – 2024.

Figura 22

Establecimientos que comercializan GLP automotor



Nota: Adaptado de "Registros de Hidrocarburos Hábiles", por Osinergmin (<https://pvo.osinergmin.gob.pe/msfh5/registroHidrocarburos.xhtml?method=excel>).

2.6.2 Demanda de GLP en el Perú

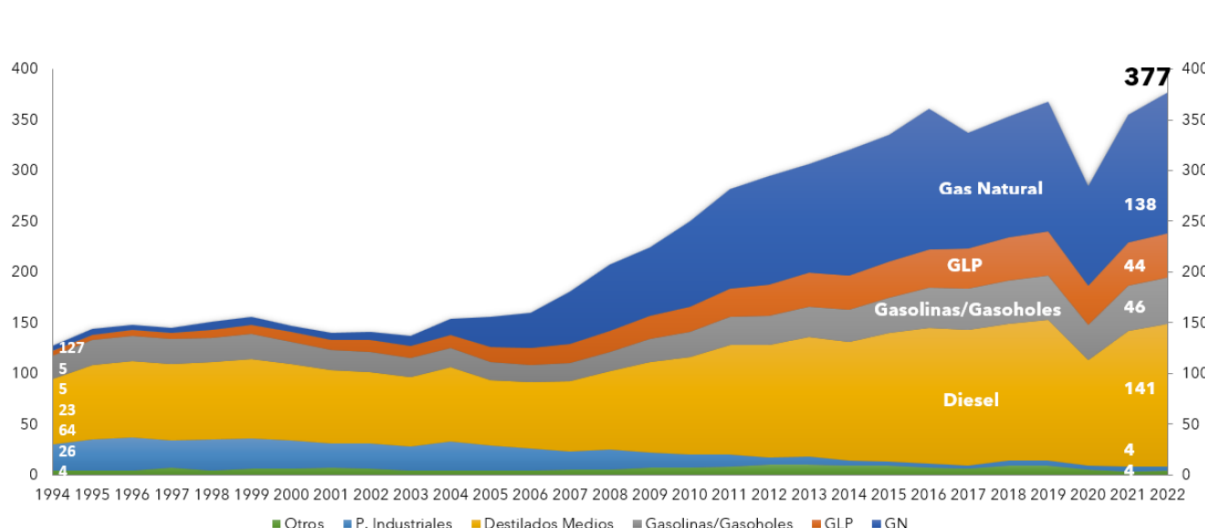
La demanda de hidrocarburos surge de la necesidad del usuario final de utilizar diversos bienes y servicios que requieren el uso de energía, como el transporte, la iluminación, la cocina y la calefacción (Schmalensee, 2012). La comercialización del GLP en

el Perú se rige por el Decreto Supremo N° 01-94-EM, el cual establece el marco regulatorio para la comercialización del GLP y está sujeto a modificaciones a lo largo del tiempo.

En un intervalo de 15 años, analizando la demanda de combustibles desde el 2004 – 2019, se observa un desplazamiento hacia el uso de combustibles menos contaminantes, dentro de ellos se encuentra principalmente el GLP que ha asumido un rol importante a lo largo de la transformación de la fuente de energía en industrias que usan el calor para la transformación de sus procesos, sin alterar su requerimiento de poder calorífico al usar este combustible.

Figura 23

Demanda de combustibles a lo largo de los años



Nota: Adaptado de “Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2022”, por MINEM, 2023, pp. 60 (https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5223379/4702707-anuario-2022-consolidado_version-final-03-10-23_re.pdf?v=1697141858).

La Figura 23 ilustra que el diésel sigue siendo el combustible líder; sin embargo, el aumento significativo del GLP y la consolidación de los gasoholes indican una transición en la matriz peruana de hidrocarburos hacia fuentes más limpias.

La recesión económica provocada por las medidas para contener la pandemia en el Perú y las nuevas conductas adoptadas por los consumidores mientras se superan los estragos de la pandemia provocaron el colapso de la demanda de hidrocarburos líquidos en el Perú. La caída fue superior a los 0.6 millones de galones en el 2020. En el país, la demanda de hidrocarburos guarda un comportamiento bastante similar al

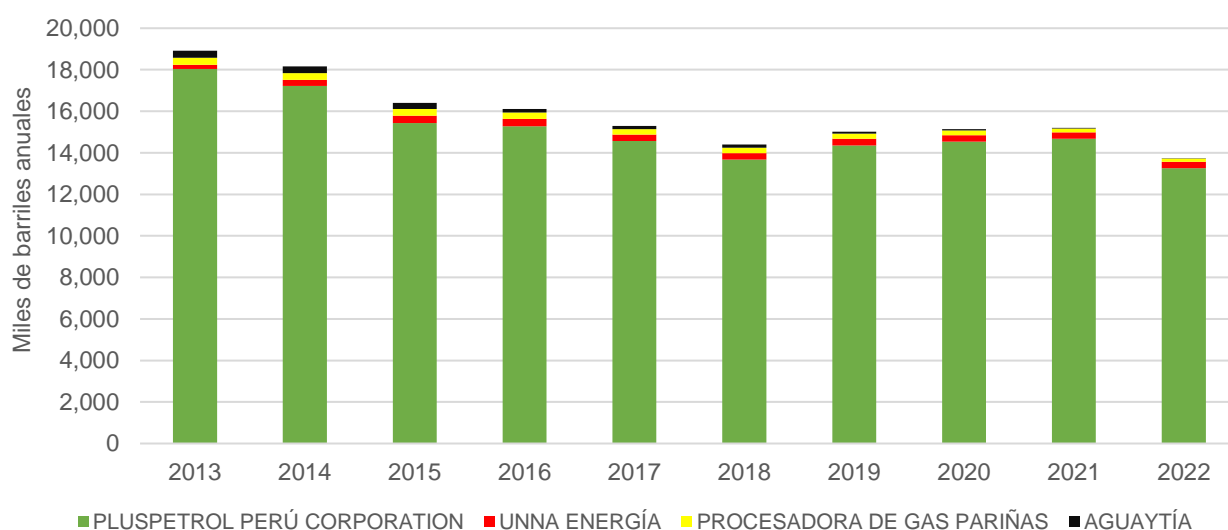
del PBI, debido a que la mayoría de las actividades productivas requieren del consumo de algún tipo de combustible. Si bien durante los primeros meses de este año se observó un “efecto rebote” tanto en el indicador de producción nacional como en la demanda de hidrocarburos, la recuperación continuará siendo paulatina y acercándose a valores más estables.

El Perú cada vez es más deficitario en GLP (nos volvemos más dependientes de la importación). El proceso de modernización de la refinería de Talara ha sido el principal factor que redujo la producción de GLP durante estos últimos años, mediante la refinación del crudo se obtiene aproximadamente el 5% de la producción nacional. El resto de la producción de GLP procede de Pisco, derivado de los líquidos de gas natural de Camisea. Desde 2015, ha surgido una creciente escasez de este combustible debido al aumento de la demanda y a la insuficiente capacidad instalada local (Presidencia de La República, 2012, 29 de marzo).

2.6.3 Producción de GLP en plantas de procesamiento de Gas Natural

Figura 24

Producción de GLP en plantas de procesamiento de gas natural



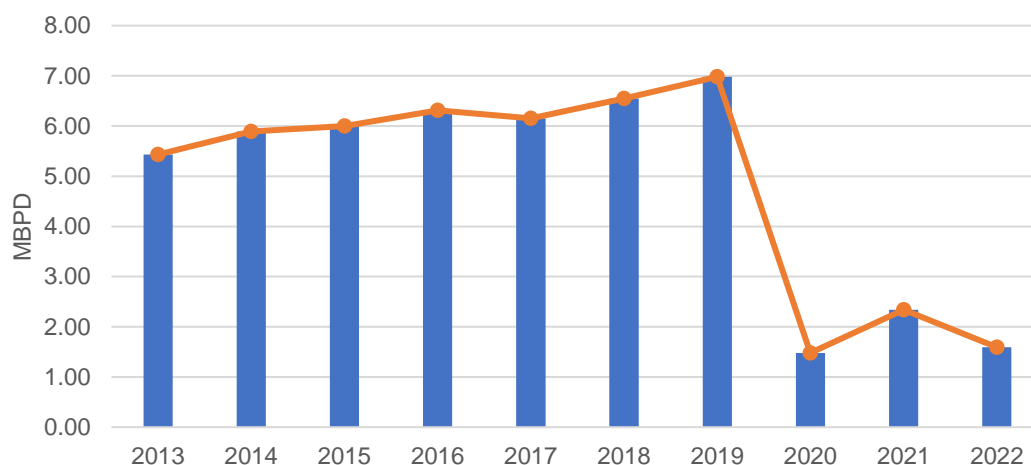
Nota: Adaptado de “Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2022”, por MINEM, 2023, pp. 55-56 (https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5223379/4702707-anuario-2022_consolidado_version-final-03-10-23_re.pdf?v=1697141858).

Tabla 8*Producción de GLP – propano/butano (en miles de barriles)*

	PROD	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
PLUSPETROL PERÚ CORPORATION	Propano/										
	Butano	18,035.3	17,216.4	15,438.8	15,283.7	14,565.5	13,677.1	14,357.9	14,536.8	14,678.3	13,258.4
UNNA ENERGÍA	GLP	199.88	296.19	342.14	350.46	315.73	305.2	315.05	302.61	305.08	309.28
PROCESADORA DE GAS PARIÑAS	Propano/										
	Butano	339.43	328.6	333.69	303.14	260.16	262.68	242.82	239.78	187.17	148.06
AGUAYTÍA	GLP	343.35	319.6	281.22	178.39	157.02	148.7	102.42	64.34	27.75	27.37
TOTAL ANUALMENTE		18,917.9	18,160.7	16,395.8	16,115.6	15,298.4	14,393.6	15,018.1	15,143.5	15,198.3	13,743.1
MBPD		51.83	49.76	44.92	44.15	41.91	39.43	41.15	41.49	41.64	37.65

Nota: Adaptado de “Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2022”, 2023, pp. 55-56 (https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5223379/4702707-anuario-2022_consolidado_version-final-03-10-23_re.pdf?v=1697141858); MBPD: miles de barriles por día.

2.6.4 Producción de GLP en refinerías

Figura 25*Producción de GLP en refinerías*

Nota: Adaptado de “Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2022”, 2023, p. 55 (https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5223379/4702707-anuario-2022_consolidado_version-final-03-10-23_re.pdf?v=1697141858); MBPD: miles de barriles por día.

En un pronto futuro, se prevé que Perú siga siendo un país importador de GLP; sin embargo, una iniciativa importante para mitigar este déficit es el inicio del proyecto de modernización de la refinería de Talara, que empezó a producir combustible en febrero de

2023. Posteriormente, se prevé que la producción nacional de GLP constituya una mayor parte del suministro nacional.

Tabla 9

Principales empresas del mercado nacional de combustibles

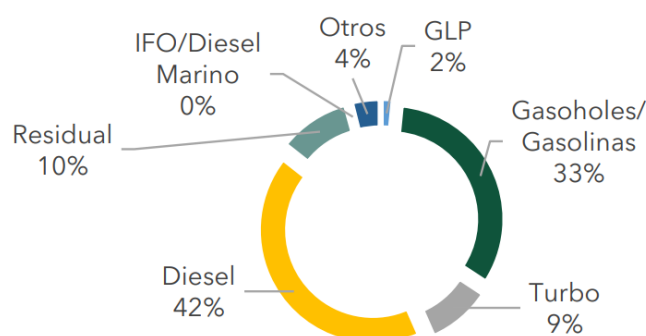
Mercado	Empresa	Tipo	Plantas de abastecimiento	Distribuidores mayoristas
GLP	Pluspetrol	Productor	Pluspetrol	Pluspetrol
	Repsol	Productor	Solgas	Solgas
	Aguaytia Energy	Productor	Aguaytia Energy	Zeta Gas Andino
	PGP	Productor	PGP	Llama Gas
	Petroperú	Productor/ importador	Petroperú	Lima Gas
	Zeta Gas	Importador	Zeta Gas Andino	
	Llama Gas	Importador		
	Lima Gas	Importador		
	Solgas	Importador		

Nota: Tomado de “Informe de Lanzamiento del Estudio de Mercado sobre Combustibles Líquidos y Gas Licuado de Petróleo en el Perú”, por INDECOPI, 2022, p. 36.

El Perú produce alrededor del 70% de la demanda de GLP en el mercado nacional, el resto lo importa. El principal atributo de la demanda de combustibles líquidos y GLP es que se trata de una demanda derivada, es decir, generada por la demanda de otros bienes y servicios finales (como transporte, calefacción y cocina) o en los procesos de producción de las empresas que utilizan estos combustibles (INDECOPI, 2022, p. 13).

Figura 26

Producción de GLP (sólo) en refinerías al interior del país.



Nota: Tomado de “Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2022”, 2023, p. 52 (https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5223379/4702707-anuario-2022_consolidado_version-final-03-10-23_re.pdf?v=1697141858).

Tabla 10

Plantas de abastecimiento de GLP en el Perú

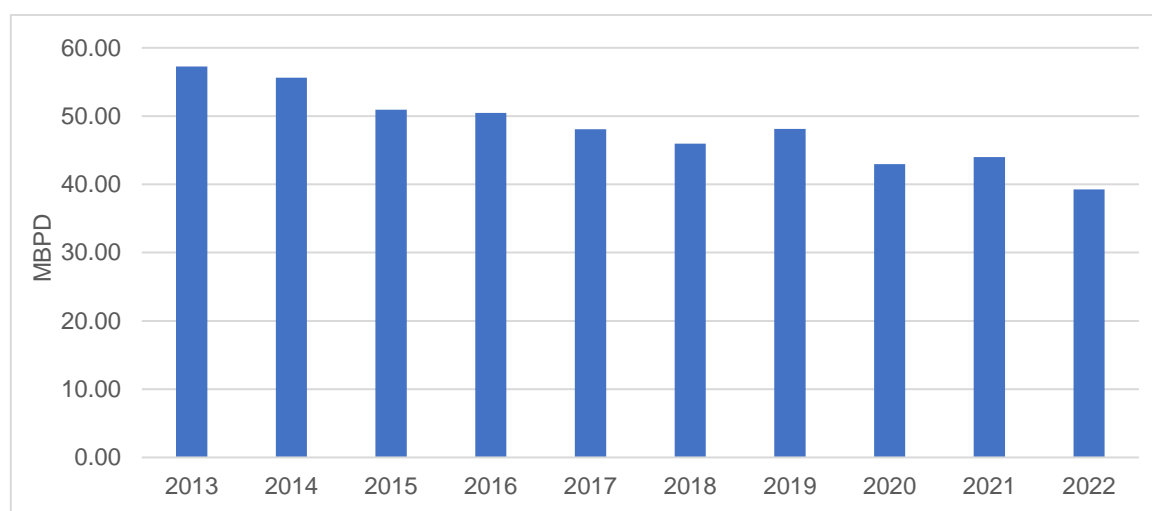
Planta de Abastecimiento (empresa)	Ubicación	Capacidad en galones (Miles)	Capacidad en barriles (MBDC)
ZETA GAS ANDINO S.A.	Ventanilla – Callao	840	20.0
AGUAYTIA ENERGY DEL PERU S.R.L.	Coronel Portillo – Ucayali	5418	129.0
SOLGAS S.A.	Ventanilla – Callao	8328	198.3
PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A.	Pisco – Ica	360	8.6
PROCESADORA DE GAS PARÍÑAS S.A.C.	Talara – Piura	1068	25.4
TERMINALES DEL PERU	Ventanilla – Callao	2310	55.0
PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	Talara – Piura	1833	43.6
GRANA Y MONTERO PETROLERA S.A.	Talara – Piura	410	9.8

Nota: Tomado de “Informe de Lanzamiento del Estudio de Mercado sobre Combustibles Líquidos y Gas Licuado de Petróleo en el Perú”, por INDECOPI, 2022.

2.6.5 Producción total de GLP

Figura 27

Producción total de GLP

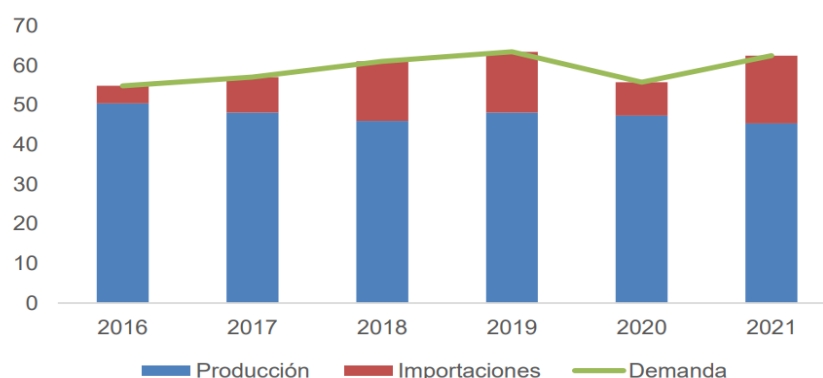


Nota: Adaptado de “Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2022”, 2023.

2.6.5.1 Balance Oferta – Demanda de GLP. En estos últimos años ha venido decreciendo la producción nacional de GLP, por lo que el país está tendiendo a importar en mayor cantidad el GLP para satisfacer la demanda nacional. En 2021, la contribución de las importaciones de GLP fue inferior a la del diésel, aunque aumentó hasta alrededor del 27% (17 MBPD) del suministro nacional de la cantidad solicitada, como se ilustra en la Figura 28.

Figura 28

Cantidades demandadas y ofertadas de GLP en MBPD (2016-2021)



Nota: Fuente: [Captura de pantalla] (INDECOPI, 2022).

En los últimos cinco años, alrededor del 85% de la producción de GLP del país se ha derivado del procesamiento de líquidos de gas natural, con Pluspetrol Perú Corporation representando alrededor del 82% de esta producción en los últimos años; en 2021, su participación alcanzó un máximo de 96% (INDECOPI, 2022, p. 14).

2.7 Cadena de comercialización de GLP en el Perú

La cadena de comercialización engloba las acciones realizadas por todos los agentes implicados en facilitar la entrega de GLP a los consumidores finales, en concreto son las personas y/o entidades autorizadas que poseen el RHO para realizar sus operaciones. Esta cadena abarca la producción, importación, exportación, almacenamiento, distribución o venta de GLP.

En la cadena de comercialización participan: Productores, Importadores, Plantas de Abastecimiento, Estaciones de Servicio que venden GLP, Gasocentros, Locales de Venta de GLP, Distribuidor de GLP a granel, Distribuidor de GLP en cilindros, Transportista de GLP a

granel, Transportista de GLP en cilindros, Consumidor Directo de GLP y Redes de Distribución de GLP (Cordano et al., 2017).

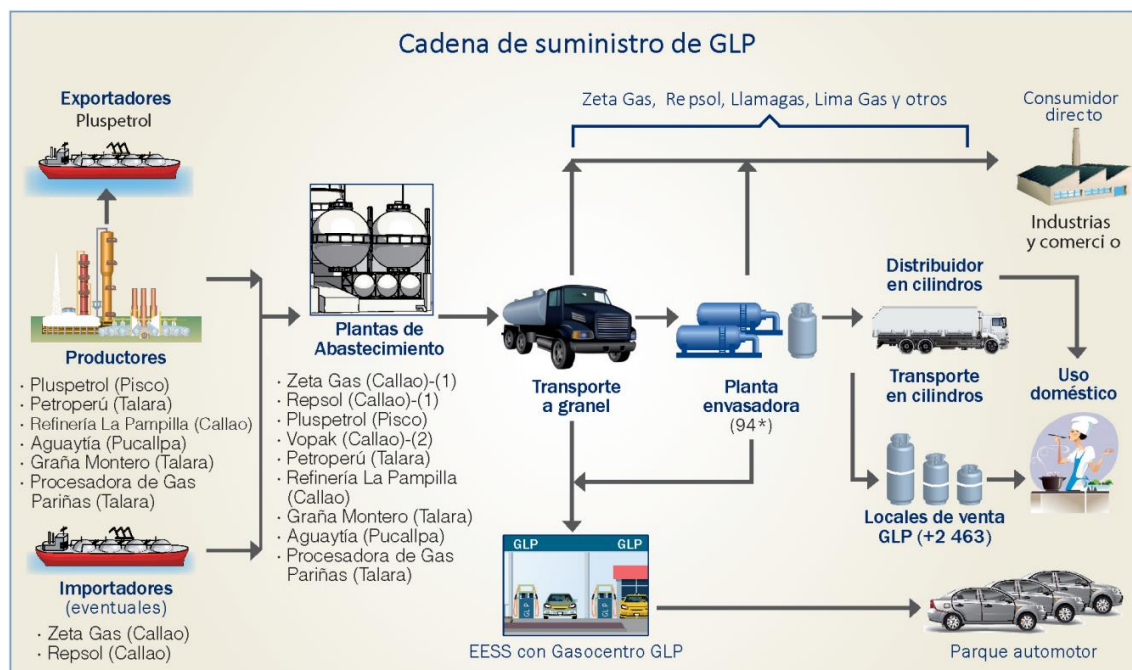
En cuanto a los agentes comercializadores, ya sean mayoristas o minoristas, en Perú se establece que puedan estar integrados verticalmente entre sí, por lo tanto, es posible que existan relaciones verticales de propiedad; así, Osinergmin precisa que algunos importadores se encuentran integrados mediante relaciones verticales (de propiedad) con plantas envasadoras, las cuales por su parte pueden tener relaciones verticales con los locales de venta de GLP (Cordano et al., 2017).

La industria de los hidrocarburos suele clasificarse en segmentos upstream y downstream. La sección upstream incluye la exploración de nuevas reservas y la extracción de los pozos operativos existentes. Las actividades incluidas en el segmento downstream son las de refinación o fraccionamiento (donde el hidrocarburo es transformado en los diferentes combustibles); mientras que en el downstream se consideran al transporte, almacenamiento y comercialización de los hidrocarburos de mayoristas y minoristas (Tamayo et al., 2015).

La cadena de comercialización de GLP es extensa, y en Perú, la comercialización de GLP está regulada de tal manera que todas las transacciones de combustibles deben ocurrir a través del Sistema de Control de Pedidos de Osinergmin (SCOP), una plataforma en línea diseñada principalmente para combatir la informalidad en la venta de combustibles, permitiendo la validación automática y en tiempo real de las transacciones autorizadas entre agentes autorizados. Este sistema facilita la adquisición y venta virtual de combustibles, seguida de un pedido creado por un agente formal, que posteriormente es aceptado por otro agente formal, culminando en un acuerdo desprovisto de cualquier transacción monetaria dentro del sistema.

Figura 29

Cadena de comercialización de GLP



Nota: Tomado de “InfoSinergmin usuarios”, 2013, p. 5 (https://www2.osinergmin.gob.pe/publicacionesgrt/pdf/InfoSinerg/Infosinergmin_noviembre_usuarios_2013.pdf).

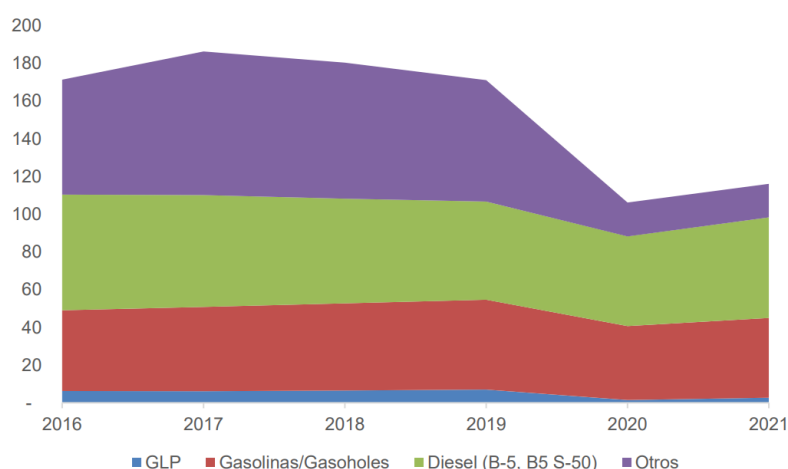
Dentro de la cadena se tienen diferentes agentes involucrados, los productores procesan y obtienen el GLP en las refinerías o plantas de fraccionamiento, incluyendo los líquidos de Gas Natural que vienen por el poliducto desde Camisea. Además, en la cadena de comercialización de GLP se prohíben algunas transacciones entre ciertos agentes ya que la normativa en ese aspecto es estricta con la finalidad de evitar el desvío de GLP y perjudicar a otros agentes de la cadena.

2.7.1 Plantas de Producción

Según la normativa peruana, este agente, es una instalación en un bien inmueble, en el cual los Hidrocarburos pueden ser objeto de procesos de transformación con el objeto de producir propano, butano o mezcla de los mismos. En este tipo de instalaciones se incluyen las Refinerías y las Plantas de Procesamiento de Condensados de Gas Natural (Decreto Supremo N° 032-2002-EM, 2002, p. 44).

Figura 30

Evolución de la producción de combustibles líquidos y GLP (2016 - 2021)



Nota: Tomado de “Informe de Lanzamiento del Estudio de Mercado sobre Combustibles Líquidos y Gas Licuado de Petróleo en el Perú”, por INDECOPI, 2022.

Para el GLP obtenido a partir del gas natural (asociado al gas natural). En Camisea se tiene la extracción de gas natural con el cual también se extraen líquidos de gas natural, la empresa mayoritaria encargada de la explotación es Pluspetrol Peru Corporation S.A.,

la planta de fraccionamiento localizada en Pisco procesa los líquidos de gas natural que se obtienen de los lotes 56 y 88 de Camisea, conjuntamente con el gas natural seco, y que son separados en la planta de separación Malvinas. Desde esta planta de separación, los líquidos de gas natural son transportados hacia la planta de fraccionamiento de Pisco por la empresa Transportadora de Gas del Perú S.A. (TGP) (INDECOPI, 2022, p. 23).

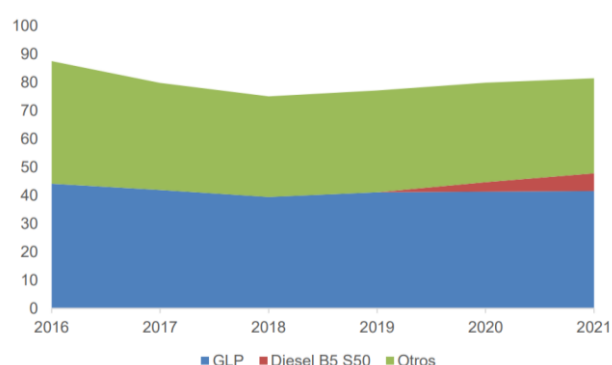
La destilación fraccionada de líquidos de gas natural puede producir propano y butano (componentes del GLP), disolventes, gasolina natural y destilados medios para mezclas, entre otros productos (Adaniya Higa, 2019, pp. 2-3). En el Perú, estos procesos son realizados por las empresas Pluspetrol Perú Corporation S.A., Aguaytía Energy del Perú S.R.L., Graña y Montero Petrolera S.A. (GMP) y, en conjunto, Procesadora de Gas Pariñas (PGP) S.A.C. y Savia Perú S.A. (Adaniya Higa, 2019, pp. 2-3).

Tabla 11*Capacidad instalada de Refinerías en el Perú (MBPD)*

Empresa	Refinería	Capacidad instalada
Repsol	La Pampilla	117.0
	Talara	65.0
	Iquitos	12.0
Petroperú	Conchán	15.5
	El Milagro	2.0
	Pucallpa	3.3
Total		214.8

Nota: Tomado de “Informe de Lanzamiento del Estudio de Mercado sobre Combustibles Líquidos y Gas Licuado de Petróleo en el Perú”, por INDECOPI, 2022, p. 22.

Pluspetrol Peru Corporation S.A. concentró en el 2021 el 96% (40.11 MBPD) de la producción local a través del procesamiento en su planta de fraccionamiento localizada en Pisco. El 4% restante de la producción de GLP a través del procesamiento de líquidos de gas natural corresponde a las empresas Aguaytía en la selva peruana, GMP, Savia-PGP y Unna Energía en el norte del país (INDECOPI, 2022, p. 23).

Figura 31*Producción de GLP a partir de líquidos de gas natural en MBPD (2016-2021)*

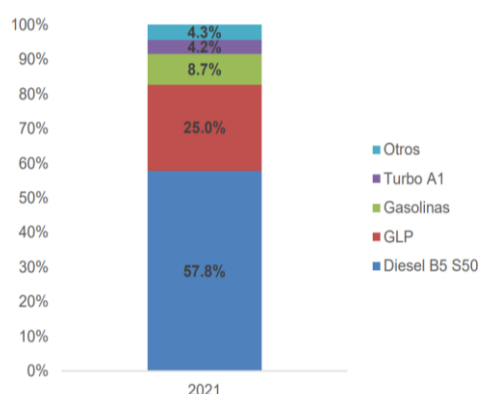
Nota: Tomado de “Informe de Lanzamiento del Estudio de Mercado sobre Combustibles Líquidos y Gas Licuado de Petróleo en el Perú”, por INDECOPI, 2022.

Adicionalmente, a la producción local de combustibles líquidos y GLP se suman las importaciones de productos terminados. Durante el 2021 el diésel concentró alrededor del

57.8% del total de volumen importado (39.51 MBPD de 68.33 MBPD), mientras que el GLP (o sus componentes de propano y butano) representó 25% (17.08 MBPD) del total de volumen importado; mientras que las gasolinas y turbo Jet A1 representaron 8.7% (5.94 MBPD) y 4.2% (2.88 MBPD) del volumen total de productos terminados importados, respectivamente (INDECOPI, 2022, p. 24).

Figura 32

Distribución de productos terminados importados (2021)



Nota: Tomado de “Informe de Lanzamiento del Estudio de Mercado sobre Combustibles Líquidos y Gas Licuado de Petróleo en el Perú” [captura de pantalla], por INDECOPI, 2022.

2.7.2 Plantas de Abastecimiento

Según el Decreto Supremo N° 019-97-EM, “es una instalación en un bien inmueble en la cual el GLP a granel puede ser objeto de operaciones de recepción, almacenamiento y trasvase para su posterior distribución, sin que en ella se realice el envasado del producto en cilindros”. Las Plantas de Abastecimiento únicamente comercializan mediante cisternas de GLP, aquellos otros agentes que requieran GLP deben contratar primero a una cisterna para que el combustible sea dirigido hacia sus instalaciones, debiendo tener esta cisterna su Registro de Hidrocarburos vigente y habilitado; mientras que para el caso de los distribuidores de GLP a granel estos pueden comprar GLP en la Planta y posteriormente comercializarlo.

En el Perú se tienen actualmente 08 Plantas de Abastecimiento, ubicados en el Callao, Piura, Ica y Ucayali pertenecientes a diferentes empresas del sector, estos comercializan el GLP-E y GLP-G, durante el año 2021, la venta de GLP-G representó alrededor del 45% de

las ventas totales a nivel nacional, mientras que las ventas de GLP-E representaron alrededor del 55% de las ventas totales de GLP durante el mismo año (INDECOPI, 2022, p. 34).

Tabla 12

Plantas de Abastecimiento de GLP (2022)

Empresas	Región	Capacidad (Miles de galones)	Participación (%)
Solgas	Callao	4385	35.46
Zeta Gas Andino S.A.	Callao	2853	23.07
Terminales del Perú	Callao	2310	18.68
Procesadora de Gas Pariñas S.A.C	Piura	1068	8.64
Aguaytía Energy del Perú S.R.L.	Ucayali	840	6.79
Graña y Montero Petrolera S.A.	Piura	411	3.32
Pluspetrol Perú Corporation S.A.	Ica	360	2.91
Petroperú S.A.	Piura	140	1.13
Total		12367	100

Nota: Adaptado de “Registros de Hidrocarburos Hábiles” (<https://pvo.osinergmin.gob.pe/msfh5/registroHidrocarburos.xhtml?method=excel>).

2.7.3 Plantas de Envasado

Según el Decreto Supremo N° 032-2002-EM (2002) “es el establecimiento especial e independiente en el que una empresa almacena GLP con la finalidad de envasarlo en balones o trasegarlo a camiones distribuidores minoristas”.

A lo largo del país existen en cada región por lo menos una Planta Envasadora (PE), ubicándose las de mayor capacidad en ciudades principales. El GLP es adquirido de las Plantas de Abastecimiento mediante el uso del SCOP, mediante el cual se compra a productores o importadores. Las PE pueden comercializar GLP, pero existen ciertas limitaciones en sus transacciones entre agentes.

El GLP es envasado y se comercializa en cilindros mediante medios de transporte y distribuidores los cuales llevan los cilindros a locales de venta de GLP y a consumidores finales. En adición, el GLP es vendido por la Planta Envasadora solicitante a Distribuidores a

Granel, Gasocentros, Estaciones de Servicio con venta de balones de GLP, Consumidores Directos de GLP y Redes de Distribución o transferido a otra PE de la misma Empresa Envasadora (Vásquez Cordano et al., 2017, p. 11).

Tabla 13

Principales empresas titulares de Plantas Envasadoras a lo largo del país

Empresas	Regiones	Plantas envasadoras	Capacidad (Miles de galones)	Participación (%)
Solgas	Arequipa, Callao, Junín, La Libertad, Lambayeque, Piura, Ucayali	8	795	23.40%
Lima Gas S.A.	Arequipa, Callao, Cusco, Ica, La Libertad, Lambayeque, Piura, Puno	9	673	19.80%
Llama Gas S.A.	Arequipa, Cusco, Ica, La Libertad, Lima, Piura	7	240	7.10%
Corporación Primax S.A.	Arequipa, Callao, La Libertad, Lambayeque, Lima	4	225	6.60%
Zeta Gas Andino S.A.	Arequipa, Callao, Huánuco, Ica, Junín, La Libertad	6	121	3.60%
Otros	Otros	85	1347	39.60%
Total		119	3401	100%

Nota: Tomado de “Informe de Lanzamiento del Estudio de Mercado sobre Combustibles Líquidos y Gas Licuado de Petróleo en el Perú”, por INDECOPI, 2022, p. 35.

2.7.4 Medios de transporte de GLP a granel

Según, Decreto Supremo N° 009-2020-EM es aquel vehículo automotor de categoría “N” o semirremolque de categoría “O” de acuerdo con la clasificación vehicular del Reglamento Nacional de Vehículos que cuente con un tanque de GLP, debidamente inscritos en el Registro de Hidrocarburos, y que son empleados para el transporte de GLP a granel (2020, p. 2).

Estas cisternas de GLP llegan a tener una capacidad de 13 000 galones. Tienen la función de trasladar el GLP a granel entre dos agentes de hidrocarburos, mas no comercializar el GLP que transportan, ni tampoco disponer del GLP en ubicaciones o establecimientos que no sean formales. Actualmente están monitoreados mediante GPS a nivel nacional, existiendo un tipo de supervisión específica para esta actividad. La unidad, así

como el conductor deben cumplir con lo que indica la normativa peruana y bajo los lineamientos del Osinergmin.

2.7.5 Medios de transporte de GLP en cilindros

Según Decreto Supremo N° 009-2020-EM es un vehículo automotor de categoría “N” o semirremolque de categoría “O” de acuerdo con la clasificación vehicular del Reglamento Nacional de Vehículos, debidamente inscrito en el Registro de Hidrocarburos, que se emplea para el transporte de GLP envasado en Cilindros para GLP (2020, p. 2).

La cantidad de cilindros de GLP a transportar y/o comercializar va a depender de la capacidad del vehículo, la carrocería debe tener ventilación constante, los cilindros deben ir verticalmente y los de 45 Kg. no sobreponerse. Este tipo de agente puede comercializar con los usuarios finales o con los Locales de Venta de GLP.

2.8 Estaciones de servicio con gasocentro de GLP

Instalaciones donde se comercializa combustibles en general, normalmente tienen los tanques de almacenamiento de combustibles de manera subterránea, para minimizar los accidentes que puede generarse, aunque esto puede variar dependiendo de las condiciones geográficas o climáticas. En sus instalaciones tienen todo un sistema (o varios) para poder suministrar adecuadamente el combustible, dependiendo del tipo de combustible que se despacha, contando con equipos de despacho los cuales están diseñados para operar de manera segura, áreas adecuadas para la maniobrabilidad de los vehículos dentro de los establecimientos, zonas de tanques de almacenamiento seguras sin exposición a peligros. Estos establecimientos pueden albergar minimarkets, puntos de parchado, inflado de llantas, servicios higiénicos, que lo permite la normativa, pero teniendo un diseño adecuado, ya que una estación de servicios es un negocio crítico donde pueden ocurrir con más facilidad accidentes mayores. El MINEM en conjunto con el Osinergmin dictan la normativa para el sector, por lo que existen ciertas normativas en las que se debe basar para su construcción, operación mantenimiento, teniendo en cuenta muchas veces también normativa o códigos internacionales.

El GLP llega a estos establecimientos mediante cisternas que transportan el GLP, que previamente algún establecimiento ha comprado de una Planta de Abastecimiento usando la plataforma administrada por Osinergmin.

2.8.1 Infraestructura de un gasocentro de GLP

2.8.1.1 Componentes principales. Los principales equipos e instalaciones con los que cuenta una estación de servicios con GLP deben contar con:

- tanques de almacenamiento
- dispensadores de combustible
- sistema de tuberías
- sistema de protección catódica (para los tanques y tuberías)
- zona de transferencia de GLP
- playa de actividades del establecimiento
- sistemas de seguridad

2.8.1.2 Requisitos de instalación y operación. Para poder operar una estación de servicios con GLP se debe contar primero con un permiso especial que da Osinergmin, llamado Registro de Hidrocarburos, el cual tiene una serie de requisitos técnicos a revisar por parte del Organismo para que se dé un visto bueno a la operación del establecimiento.

Para poder obtener el Registro de Hidrocarburos, se requieren de modo general haber aprobado dos evaluaciones previas, el Informe Técnico Favorable y la Verificación de pruebas y conformidad.

2.8.1.2.1 Informe técnico favorable. Mediante este documento se inicia el trámite para que un establecimiento pueda operar como estación de servicios y expendir combustibles, en este apartado se presentan los documentos solicitados por el TUPA de Osinergmin, que involucra

el diseño de la construcción y operación del establecimiento previo a ser operado. Una vez presentados dichos documentos, la entidad procede a supervisar presencialmente la zona de construcción del establecimiento, y de acuerdo a eso se genera un informe final de

supervisión el cual debe ser aprobado para proseguir con la siguiente evaluación. En este proceso verifican principalmente los planos de construcción que se presentan y que coincida la ubicación de las instalaciones con lo plasmado en los planos, respetando una serie de medidas de seguridad.

2.8.1.2.2 Verificación de pruebas y conformidad. Tras la aprobación del Informe Técnico Favorable (ITF), el sistema de tuberías y el tanque de almacenamiento de GLP deben someterse a la verificación de pruebas y conformidad, lo que implica evaluar la estanqueidad del tanque y las líneas de GLP, junto con su cumplimiento de las disposiciones legislativas pertinentes. Esta fase del proceso de Registro de Hidrocarburos es crucial, ya que demuestra el cumplimiento de las normas de seguridad, la integridad del tanque y sus líneas de GLP, evitando así fugas, derrames o incidentes que podrían tener graves repercusiones.

2.9 Normativa técnica y reglamentos de seguridad

2.9.1 Seguridad en gasocentros de GLP

Se tienen las principales normativas nacionales e internacionales en el Anexo 4.

Para las instalaciones con tanques de almacenamiento de GLP, especialmente subterráneas, existe un riesgo potencial de acumulación de GLP, que puede provocar incendios y explosiones. Esto se debe a su propiedad inherente de alta inflamabilidad, que en circunstancias extremas puede interactuar con la presión, otra consecuencia de la alta volatilidad del GLP líquido en un tanque, y dar lugar a:

- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). Explosión resultante de la rápida expansión de los vapores de un líquido dentro de un recipiente sellado, expuesto a temperaturas superiores a su punto de ebullición a presión atmosférica, lo que provoca un aumento incontrolable de la presión interna y la consiguiente detonación. Con el uso cada vez mayor de revestimientos de barrera térmica o acabados de superficie activados térmicamente en los recipientes a presión de GLP que reducen la posibilidad de una BLEVE, debe considerarse la posibilidad de una gran fuga de GLP (World LPG Association (WLPGA) y United Nations Environment Programme (UNEP), 2018, pp. 14-20).

- UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion). Una fuga importante de GLP crea una nube inflamable que deflagra explosivamente en un área, generando una onda de presión con una sobrepresión máxima de alrededor de 1 bar en la zona de ignición. La ignición de la nube se denomina explosión de nube de vapor no confinada (UVCE).
- JET FIRE. La aparición de una fisura en las paredes de tanques o tuberías provoca la liberación de GLP, creando un chorro de gas a presión. Si este chorro entra en contacto con una fuente de ignición durante la descarga, dará lugar a la aparición de un incendio en forma de chorro o lanza.

El alto coeficiente de expansión volumétrica del GLP advierte que nunca se deben llenar por completo los tanques, debe existir un espacio libre para permitir la expansión del líquido causada por un aumento de temperatura. Este riesgo potencial se controla además mediante una combinación de dispositivos y procedimientos de seguridad y, especialmente, mediante el control durante las operaciones de transferencia de producto. Esto explica por qué los tanques solo deben llenarse bajo la supervisión de personas competentes y por qué el llenado ilegal es peligroso (World LPG Association (WLPGA) y United Nations Environment Programme (UNEP), 2018).

2.9.1.1 Protocolos de seguridad en el almacenamiento y despacho. Entre las principales recomendaciones se tiene:

- No almacenar o ubicar elementos combustibles como papel, cartón, plástico, madera, u otras sustancias inflamables a una distancia cercana a los puntos donde pueda existir una fuga o emisión de vapores de GLP.
- Ubicar extintores tipo ABC (multipropósitos) cerca de su instalación de GLP, según normativa a menos de 15 metros de los puntos de emanación (DS 019-97-EM, 1997, p. 27).
- Revisar completa y profundamente los accesorios antes de iniciar el trasiego de GLP al tanque, las mangueras no deben estar picadas o en otra forma que genere algún peligro.

- No realizar trasiegos cuando haya alta afluencia de personas en el establecimiento.
- El máximo nivel de llenado para tanques estacionarios es del 85%. Nunca se debe llenar por encima de ese porcentaje (NTP 321-123, 2012, p. 126).
- Si se sospecha de alguna fuga que no pueda ser manejable, cierre las válvulas y llamar a la línea de emergencia.
- Si piensa realizar modificaciones a la instalación, debe informar previamente al Osinergmin, para poder materializar dichas modificaciones.
- Los tanques siempre deben estar correctamente ventilados (en la parte superior), lejos de fuentes de ignición, líneas eléctricas, puntos de ventilación de edificaciones y zonas de alto tránsito de personas.
- La zona del tanque y de las tuberías deben estar suficientemente protegidos contra impactos y fuerzas físicas externas. Así como también la zona de despacho.
- A los tanques subterráneos se les aplicará protección catódica y dicha instalación será medida y revisada periódicamente una vez al año, y cada cinco años debe realizarse un estudio completo del estado del tanque y la protección, con los resultados del control que se conservará en el lugar de trabajo.
- Se debe contar con un punto de puesta a tierra en caso se genere corriente estática.

2.10 Seguridad Energética

A lo largo de los años, el desabastecimiento de GLP ha sido crítico para la seguridad energética del país. La principal causa de este desabastecimiento es producida por los oleajes anómalos en el Callao y en el puerto de Pisco, impidiendo la carga pero primordialmente la descarga de GLP para su posterior comercialización en los hogares, industrias y comercios. Adicionalmente según los reportes de Osinergmin estas crisis en el abastecimiento de combustible genera otras consecuencias como el incremento de precio de los balones de GLP, el incremento de pasajes a nivel nacional, el aumento del precio de GLP de uso vehicular por el desabastecimiento parcial (Tamayo & Quintanilla, 2017). Este

desabastecimiento se da también como consecuencia de, casos de bloqueos de carreteras y malestar general de la población.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) categoriza a la seguridad energética como la accesibilidad continua a los recursos energéticos a un coste razonable. La seguridad energética abarca varias dimensiones, sobre todo en lo que se refiere a los gastos inmediatos para garantizar que el suministro de energía se ajusta al progreso económico y a los requisitos medioambientales. Por el contrario, la seguridad energética a corto plazo hace hincapié en la capacidad del sistema energético para responder rápidamente a las fluctuaciones bruscas del equilibrio entre la oferta y la demanda. La diversidad de la matriz energética es crucial para garantizar un suministro ininterrumpido que no se vea afectado por factores externos.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Metodología

3.1.1 Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación es de un enfoque cuantitativo, tiene un alcance del tipo descriptivo. La investigación es cuantitativa ya que se tomarán datos de distintas fuentes y se las analizará en tablas y con un enfoque estadístico.

3.1.2 Diseño de la investigación

Tabla 14

Diseño de la investigación

Tipo de investigación	Enfoque cuantitativo y alcance descriptivo	
Objetivo de la investigación	Evaluar la ampliación de una estación de servicios utilizando criterios técnicos, de seguridad y financieros, centrándose en la mejora de sus capacidades para la distribución de GLP automotor.	
Variables	Independiente	Dependiente
	Ampliación del establecimiento, considerando criterios técnicos, de seguridad y financieros	Demanda de GLP a nivel local para uso automotor y su cobertura
Escala de medición	Aumento de las instalaciones para el despacho de GLP. Total de inversión en la ampliación del establecimiento	Medición de la demanda y oferta de GLP de manera anual, mensual para el establecimiento.
Fuentes de recolección de datos	Registros con información de la demanda u oferta elaborados por Osinergmin. Proyecciones de la demanda de combustible que espera el establecimiento.	
Técnicas de procesamiento de datos	Gráficos o tablas que apliquen la estadística para la evaluación de la demanda u oferta. Indicadores de evaluación financiera. Modelos o fórmulas matemáticas para el diseño de equipos.	

3.1.3 Población y muestra de la investigación

Se tomará como referencia un total de 28 establecimientos de venta de GLP para uso automotor en la ciudad de Huánuco, específicamente dentro de los distritos de Huánuco y Amarilis. La muestra comprende 09 establecimientos que venden GLP automotor, ubicados en un radio de 3 km.

3.1.4 Operacionalización de variables

Tabla 15

Operacionalización de la variable independiente

Definición conceptual	Dimensión	Indicador
Aumento en las instalaciones actuales de la estación de servicios, para la comercialización de GLP automotor a nivel local.	Tamaño de la ampliación	Áreas dentro del establecimiento
		Equipos por instalar
		Área total de infraestructura
	Valor de la inversión	VAN
		TIR

Tabla 16

Operacionalización de la variable dependiente

Definición conceptual	Dimensión	Indicador
Consumo de GLP por parte del parque automotor a nivel local.	Cuantificación de la demanda	Registro de compras a nivel local reportadas
		Proyección de venta por parte de la estación de servicios

3.2 Generalidades de la ampliación del establecimiento

3.2.1 Ubicación del establecimiento

El proyecto se ubica en el distrito de Amarilis, en una esquina de la urbanización Santa Elena, en la carretera Huánuco – Tingo María, donde por ahora es la estación de servicios TWALSS E.I.R.L, el establecimiento cuenta con un área extensa para aumentar las instalaciones y realizar el despacho de GLP, en adición a los combustibles que ya se venden ahí.

Figura 33

Ubicación geográfica del establecimiento



Figura 34

Situación actual (2023) del establecimiento



3.2.2 Distribución actual del establecimiento

Se tiene un área de terreno total de 1091 m² contando las instalaciones actuales, siendo los límites:

- Por delante: Carretera Central Huánuco – Tingo María, una longitud de 40.00 m.
- Por la espalda: Propiedad de terceros, una longitud de 36.70 m.
- Por la derecha: Con el Jr. Santa Elena, una longitud de 37.60 m.
- Por la izquierda: Con la Calle 1, una longitud de 21.49 m.

Tabla 17*Dimensiones del establecimiento actual*

Áreas	
Área total del terreno	1091.1 m ²
Área del patio de maniobras	739.4 m ²

De acuerdo con la Ficha de Registro de Hidrocarburos N° 18452-050-220722 otorgada por el Osinergmin, la instalación posee una capacidad de almacenamiento permitida de 40.000 galones, distribuidos en cinco tanques existentes, como se indica en la Tabla 18, con las líneas de suministro en las islas de despacho ilustradas en la Tabla 19.

Tabla 18*Distribución de tanques y productos del establecimiento (actualmente).*

N° tanque	Compartimentos	Producto	Capacidad (gal)
Tanque 1	1	Diésel B5-S50	8000
Tanque 2	1	Diésel B5-S50	8000
Tanque 3	1	Gasohol premium	8000
Tanque 4	2	Gasohol regular	4000
		Gasohol regular	4000
Tanque 5	1	Gasohol regular	8000

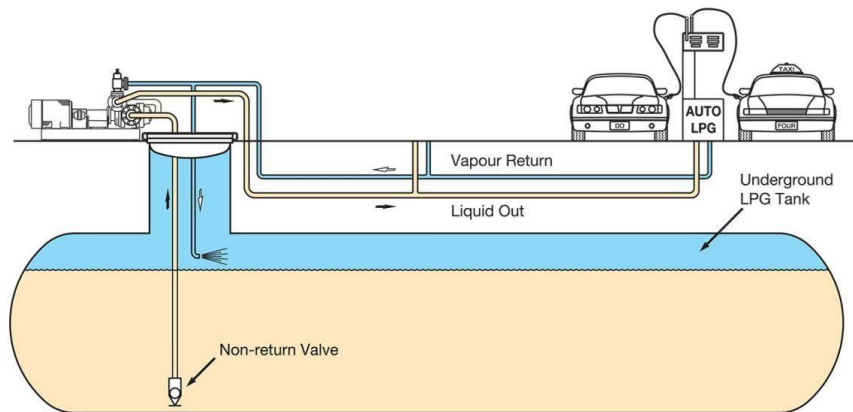
Tabla 19*Distribución de las islas (actualmente).*

N° isla	Dispensador	Productos	N° mangueras
Isla 1	1	DB5-S50 / GH-R / GH-P	6
Isla 2	1	DB5-S50 / GH-R / GH-P	6
Isla 3	1	DB5-S50 / GH-R / GH-P	6
Isla 4	1	DB5-S50 / GH-R / GH-P	6

Nota: GH-R: gasohol regular; GH-P: gasohol premium.

Figura 35

Tanque enterrado con líneas de GLP en una estación de servicios



Nota: Adaptado de Charles Winn, n. d., <https://charleswinn.com/LPG-Tank/917.html>.

3.2.3 Demanda de GLP a nivel de departamentos

Tabla 20

Demanda de GLP a nivel nacional (en barriles)

Departamento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Demanda total anual (bbl)	Promedio anual (bbl/día)
AMAZONAS	28.3	23.7	31.7	18.2	22.2	20.6	26.1	28.8	27.3	23.6	34.6	28.4	9567.3	26.21
ANCASH	1371.3	1401.5	1328.0	1357.8	1460.9	1451.8	1465.6	1460.2	1396.7	1569.5	1439.1	1404.5	521915.8	1430
APURIMAC	10.5	22.0	21.1	25.7	32.5	26.1	26.2	23.6	25.1	27.6	27.8	28.2	9043.8	24.78
AREQUIPA	1063.9	1552.6	1650.8	1508.2	1712.0	1671.8	1629.5	1602.0	1498.4	1827.9	1801.2	1760.5	588177.2	1611
AYACUCHO	48.4	75.2	73.3	87.2	98.8	87.6	72.7	102.8	82.9	82.3	72.4	81.8	29459.3	80.71
CAJAMARCA	159.5	178.4	177.5	146.3	204.7	198.6	167.5	198.8	201.9	210.0	195.6	189.4	67995.2	186.3
CUSCO	8.2	19.1	20.0	17.8	19.0	19.2	18.5	23.9	20.8	21.8	29.4	11.3	6973.7	19.11
HUANCAVELICA	51.6	47.3	56.9	58.9	69.7	66.1	75.1	84.9	75.6	75.6	75.5	82.9	25071.2	68.69
HUANUCO	740.5	1240.8	1082.2	1009.7	1270.6	1120.7	1150.2	1070.4	1123.8	1170.0	1021.1	933.4	394058.4	1080
ICA	1678.7	1860.4	1891.8	1789.0	1984.6	1938.4	1818.7	1938.2	1836.0	2086.8	2000.8	1887.1	692818.5	1898
JUNIN	2281.1	2341.1	2425.3	2314.8	2465.3	2565.8	2562.4	2633.3	2653.7	2558.9	2480.8	2462.6	907625.5	2487
LA LIBERTAD	2151.2	2405.6	2209.1	2249.6	2374.5	2233.7	2336.2	2239.4	2490.6	2637.3	2287.7	2217.4	848556.6	2325
LAMBAYEQUE	1533.9	1564.7	1362.0	1309.6	1541.3	1508.8	1626.4	1551.8	1583.3	1747.1	1690.7	1722.5	571727.4	1566
LIMA	11489.7	12200.3	12315.4	12169.4	12560.5	12588.3	12160.8	12033.4	12064.6	12915.7	12263.8	11873.6	4472602	12254
LORETO	4.9	8.2	5.9	9.6	8.3	5.2	13.1	10.3	7.8	14.8	19.3	19.3	3866.4	10.59
MADRE DE DIOS	12.0	29.2	20.7	27.8	34.9	29.7	26.1	27.0	26.2	41.7	27.5	20.8	9862.5	27.02
MOQUEGUA	94.0	137.3	124.8	111.7	108.5	114.8	102.1	112.1	117.3	101.1	123.2	113.3	41402.1	113.4
PASCO	64.3	79.9	65.8	54.5	99.7	92.5	97.0	101.4	100.8	88.0	80.6	73.0	30446.9	83.42
PIURA	808.8	914.8	768.9	631.8	739.1	706.8	721.4	680.8	799.9	694.1	728.3	724.0	271575.3	744
PUNO	0.2	2.0	4.2	5.9	4.1	6.2	6.2	8.9	6.3	8.7	3.9	9.5	2027	5.553
SAN MARTIN	335.6	348.2	400.4	330.9	354.0	431.1	400.1	415.3	441.2	468.4	390.1	385.3	143511.8	393.2
TACNA	456.2	579.7	634.0	527.9	712.6	620.3	584.5	633.0	513.2	669.3	759.9	633.4	223503.9	612.3
TUMBES	59.1	58.9	54.4	44.3	47.8	56.6	50.2	29.0	37.7	48.0	30.9	39.7	16965	46.48
UCAYALI	46.1	63.3	50.5	44.3	44.4	45.6	50.5	53.4	47.4	52.3	51.3	44.7	18074.9	49.52

Nota: Obtenido de SCOP DOCS.

3.2.4 Demanda de GLP a nivel local

Establecimientos de venta de GLP automotor a nivel de departamento, se consideraron los siguientes establecimientos; grifos, EESS con gasocentro de GLP, EESS con GNV y GLP, gasocentro de GLP, grifo rural, grifo flotante.

Tabla 21

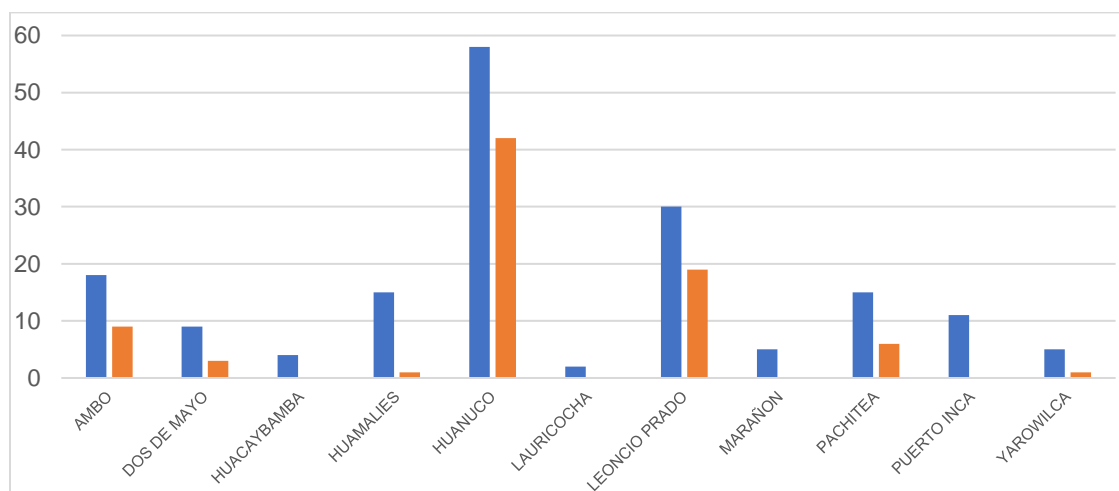
Establecimientos que expenden combustibles en las provincias de Huánuco

Provincia	Establecimientos en general	EVP GLP automotor
AMBO	18	9
DOS DE MAYO	9	3
HUACAYBAMBA	4	0
HUAMALIES	15	1
HUANUCO	57	42
LAURICOCHA	2	0
LEONCIO PRADO	30	19
MARAÑON	5	0
PACHITEA	15	6
PUERTO INCA	11	0
YAROWILCA	5	1
	172	81

Nota: Fuente: Listado de registros hábiles – Osinergmin. EVP: establecimiento de venta al público.

Figura 36

Establecimientos venta de combustible



Se ve que la mayor cantidad de establecimientos que comercializan combustible se encuentran en la provincia de Huánuco, siendo este valor cercano a la tercera parte del total.

De acuerdo con lo indicado anteriormente, se evaluará ahora la demanda total anual teórica para el GLP automotor, calculada en función a la población de cada provincia. Hay que tener en cuenta que hay provincias que no demandan GLP automotor, por lo que la evaluación al ser teórica las involucra, ya que la demanda en este caso es implícita.

Tabla 22

Calculo ponderado de la demanda por provincia (anualmente).

	Demanda GLP (bbl)	%
Huánuco	160343.99	40.69%
Ambo	27806.36	7.06%
Dos de Mayo	18175.78	4.61%
Huacaybamba	9045.26	2.30%
Huamalies	28439.76	7.22%
Leoncio Prado	69839.98	17.72%
Marañón	14549.15	3.69%
Pachitea	26865.82	6.82%
Puerto Inca	17782.30	4.51%
Lauricocha	10336.12	2.62%
Yarowilca	10873.88	2.76%
	394058.40	

Tabla 23

Demanda de GLP automotor en función a la población

Año 2023	Demanda GLP (anual) bbl	Demanda GLP (mensual) bbl	Demanda GLP (diaria) bbl	Demanda GLP (diaria) gal
Huánuco	48913.61	4076.13	135.87	5706.6
Amarilis	44519.14	3709.93	123.66	5193.9

Chinchao	7178.39	598.20	19.94	837.5
Churubamba	8563.79	713.65	23.79	999.1
Margos	2384.96	198.75	6.62	278.2
Quisqui	1887.09	157.26	5.24	220.2
Cayran	2616.68	218.06	7.27	305.3
San Pedro de Chaulán	1524.21	127.02	4.23	177.8
Santa María del Valle	10507.17	875.60	29.19	1225.8
Yarumayo	844.36	70.36	2.35	98.5
Pillco Marca	23946.91	1995.58	66.52	2793.8
Yacus	2894.31	241.19	8.04	337.7
San Pablo de Pillao	4563.35	380.28	12.68	532.4

Nota: 01 barril equivale a 42 galones. Fuente: Información obtenida de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1570/10TOMO_01.pdf, p. 71.

3.2.5 Parque automotor

3.2.5.1 Nivel departamental. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones existen alrededor de 37806 mototaxis al 2022.

Tabla 24

Número de mototaxis en la región

Provincia	Nro. mototaxis
Huánuco	19349
Leoncio Prado	8428
Huamalíes	3432
Ambo	3355
Pachitea	3242

Tabla 25

Número de automóviles (colectivos) en función a la población.

Provincia	Nro. automóviles
Huánuco	4032
Leoncio Prado	1756

Huamalíes	715
Ambo	699
Pachitea	676

3.2.5.2 Nivel provincial. Se tienen los siguientes datos a nivel provincial – Huánuco.

Tabla 26

Número de mototaxis y automóviles (colectivos)

Distrito	Nro. mototaxis	Nro. automóviles	Total
Huánuco	5902	1230	7132
Amarilis	5372	1119	6491
Chinchao	866	180	1046
Churubamba	1033	215	1248
Margos	288	59	347
Quisqui	228	47	275
Cayran	316	65	381
San Pedro de Chaulán	184	38	222
Santa María del Valle	1268	264	1532
Yarumayo	102	21	123
Pillco Marca	2890	602	3492
Yacus	349	72	421
San Pablo de Pillao	551	114	665

Nota: De acuerdo con la base de datos MTC hay 8000 automóviles menores en el departamento al 2022. De acuerdo con un diario local, hay 6000 que hacen colectivo en la ciudad. (<https://tudiariohuanuco.pe/actualidad/mas-de-110-mil-vehiculos-generan-el-caos-en-calles-de-la-ciudad-de-huanuco/>).

De acuerdo con la Tabla 26, se tiene que aproximadamente un total de 17115 vehículos hacen uso del GLP como combustible para sus actividades, dicha información es oficial (dada por el MTC), pero de acuerdo con los diarios locales, el valor dado anteriormente es muy inferior al valor real de vehículos que funcionan a GLP. De acuerdo con el periódico local, Tudiario (2023), existen alrededor de 36000 vehículos entre mototaxis y colectivos, los cuales usan GLP.

3.2.6 Establecimientos que expenden GLP en las cercanías del establecimiento

Figura 37

Cantidad de establecimientos que expenden combustible en las ciudades de Amarilis y Huánuco.

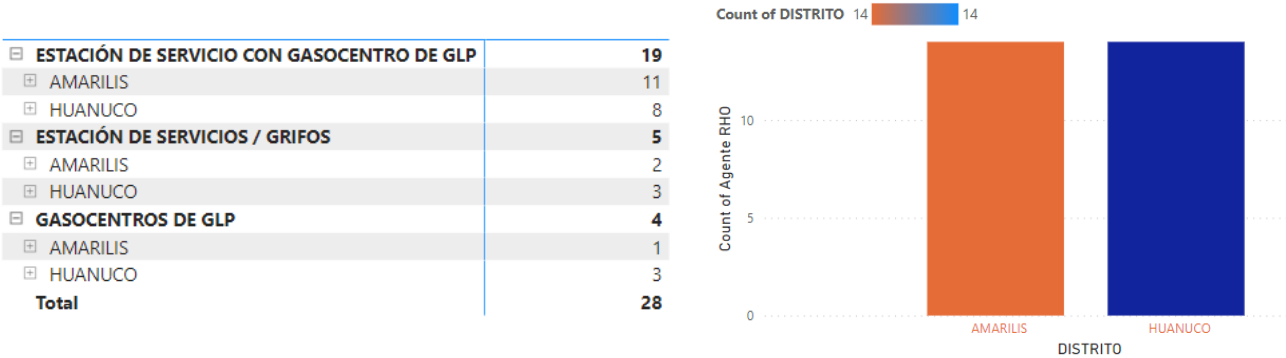
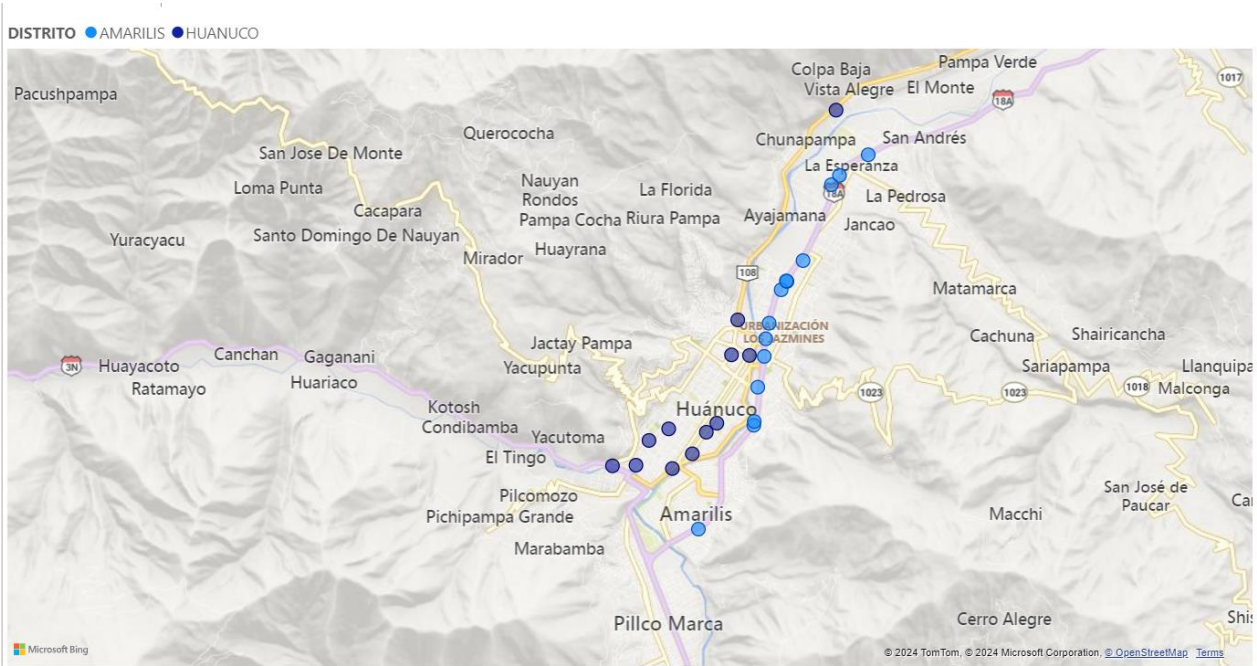
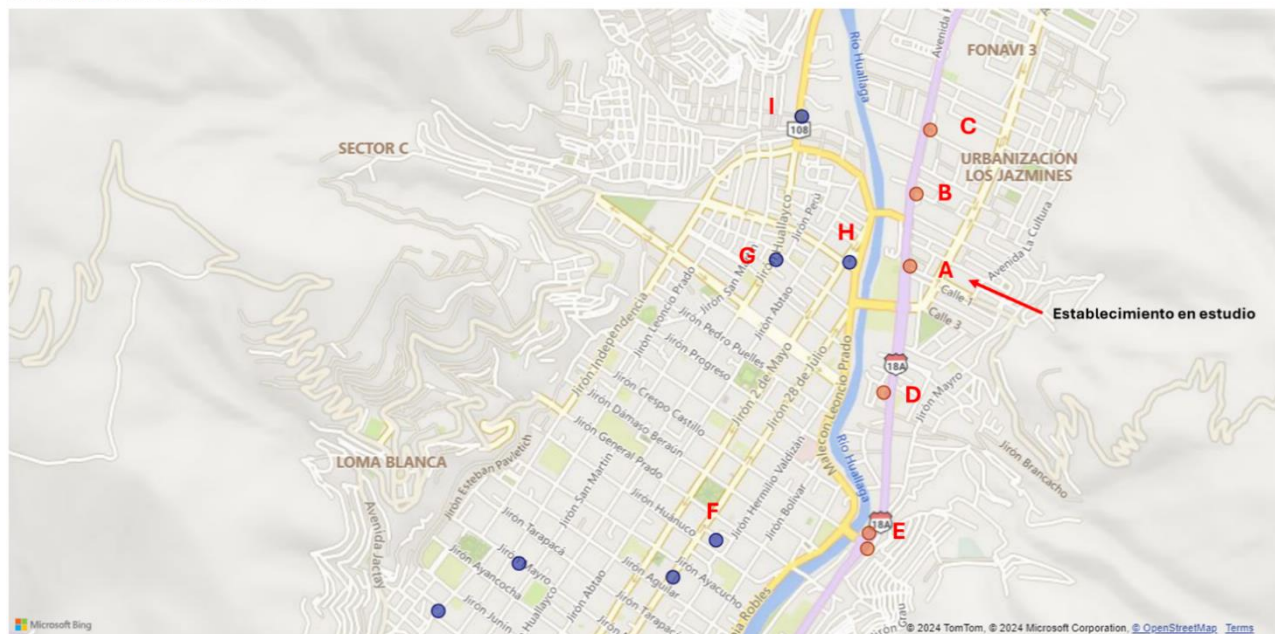


Figura 38

Establecimientos en los distritos de Huánuco y Amarilis



Establecimientos más cercanos al grifo en estudio.



Datos de los establecimientos más cercanos al grifo en estudio

Distrito		Dirección	Titular del Registro	Registro Hidrocarburos
A	AMARILIS	KM. 1.5 CARRETERA HUANUCO - TINGO MARIA URB. SANTA ELENA II MZ. B LOTE1	ESTACION DE SERVICIOS TWALSS E.I.R.L.	18452-050-220722
B	AMARILIS	CARRETERA CENTRAL HUANUCO - TINGO MARIA KM 2.5	GRIFO RACING E.I.R.L.	33541-056-280223
C	AMARILIS	AV. INTER REGIONAL HUANUCO - PUCALLPA N° 1200	DELTA LOS PORTALES EIRL	31899-056-100418
D	AMARILIS	CARRETERA CENTRAL HUANUCO - TINGO MARIA KM 0.5 CENTRO POBLADO DE LLICUA	SERVICENTRO AVILA E.I.R.L.	17872-056-300717
E	AMARILIS	CARRETERA CENTRAL HUANUCO - TINGO MARIA KM. 0+500, LLICUA BAJA	AQUILES RUFO VERDE SALGADO	63898-056-210717
F	HUANUCO	JR. 28 DE JULIO N° 340	ESTACION DE SERVICIOS PASTOR S.R.L.	130647-050-210717
G	HUANUCO	JR. HUALLAYCO N° 1772	GASOCENTRO LAS MORAS E.I.R.L.	113724-071-300315

Distrito		Dirección	Titular del Registro	Registro Hidrocarburos
	HUANUCO	JR. HUALLAYCO N° 1772	ESTACION DE SERVICIO Y GASOCENTRO LA PERRICHOLI S.R.L.	9543-050-280517
H	HUANUCO	JR. ALFONSO UGARTE N° 813	ESTACION DE SERVICIOS SEÑOR DE BURGOS E.I.R.L.	83561-056-161019
I	HUANUCO	JR. HUALLAYCO N° 2200	MEDARDO NOLBERTO ARIAS CALLUPE	7418-056-090920
Nota:		Obtenido y adaptado de	SCOP	DOCS
(https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/hidrocarburos/scop/documentos-scop).				

3.2.7 Oferta de GLP a nivel local

Se prevé que la estación de servicio ampliada despachará una media de 350 galones diarios de GLP, sobre la base de 100 vehículos (entre mototaxis, colectivos y coches particulares) que repostarán unos 3,5 galones diarios cada uno.

3.2.8 Demanda de GLP a nivel local

La tabla siguiente evalúa la demanda anual de 2014 a 2024.

Figura 40

Demanda local (en Huánuco) para los años 2014-2024 (en barriles)

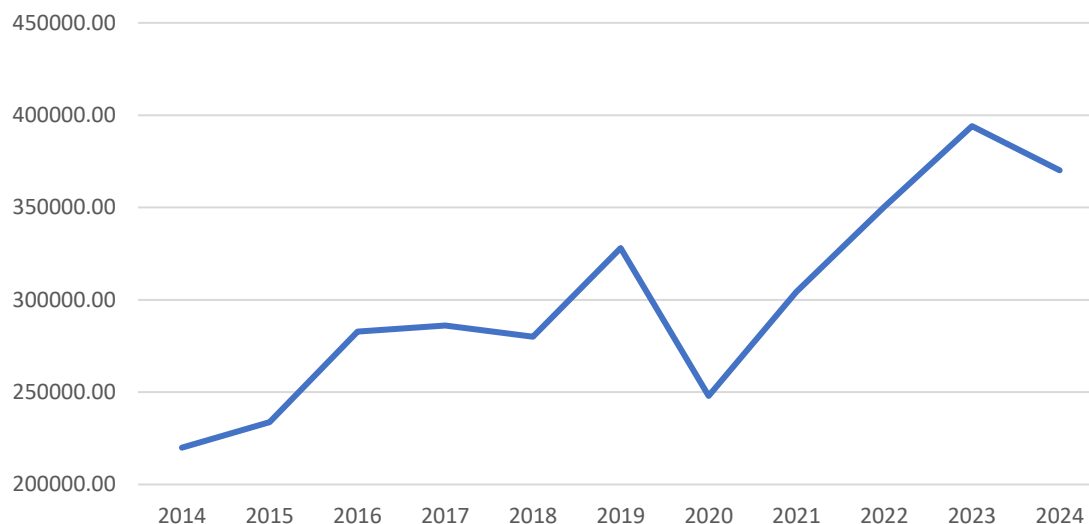


Tabla 28

Demanda mensual promedio de GLP vehicular en el departamento de Huánuco desde el año 2014 – 2024.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
2014	618.9	468.3	538.2	561	609.1	617.5	516.4	605.8	732.2	671.8	592.2	669.4	219934.50
2015	626.4	630.8	618.2	626.9	510	693	564.3	859.9	617.2	664.2	546.7	700.4	233714.80
2016	624.7	731.6	831.7	709.2	766	728	728.1	830.9	776	792.8	978.1	749	282702.60
2017	668.1	887.5	706	795.6	749.8	778.6	772.9	810.4	777.9	821.5	850.8	745.1	286090.90
2018	686.3	787.2	734.2	719	816.4	798.7	710	800.1	691.7	785.1	784.3	867.4	280035.80
2019	691.7	761.9	809	886.5	907.6	869.2	924.7	932.1	974.5	948.3	989.5	1050.10	327961.90
2020	950.4	926.6	652.1	223.1	314.5	497.2	571.9	650.4	696.9	816.7	838.9	977.3	247983.90
2021	729.2	710	773.2	819.6	858.5	964.7	830.8	983.4	929.2	766.8	787.3	790.9	304295.50
2022	861.7	850	796.8	789.1	841.1	884.7	1061.8	1193.30	1159.00	935.5	1118.70	988.9	350281.80
2023	740.5	1240.8	1082.2	1009.7	1270.6	1120.7	1150.2	1070.4	1123.8	1170.0	1021.1	933.4	394058.40
2024	943.6	762.4	871.3	865.8	986.4	992	1051.3	1079.50	1087.30	1083.60	1131.00	1233.40	370106.70

Nota: Adaptado de SCOP DOCS (<https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/hidrocarburos/scop/documentos-scop>). Volumen en barriles.

3.3 Evaluación técnica de la ampliación

3.3.1 *Diseño de la ampliación del establecimiento*

El objetivo de este proyecto es ubicar cada uno de los componentes de la instalación de tanques de GLP en el área actual de la estación de servicio, de tal manera que cumpla con las disposiciones reglamentarias relacionadas con las instalaciones de GLP aplicables a nivel nacional. Estas disposiciones incluyen la ubicación de los equipos y accesorios, las distancias de seguridad, la circulación de las unidades en la zona y la ubicación de los puntos de evacuación de gases a la atmósfera. Además, es importante asegurarse de que esto no interfiere con la operación de los equipos de combustible líquido existente. También es importante que los cruces entre las tuberías y los electroductos de ambos sistemas se aborden de forma que ninguno de ellos interfiera con el otro.

De acuerdo con lo analizado, el área del establecimiento permite la instalación de las facilidades para el despacho de GLP automotor, respetando las distancias de seguridad indicadas en la normativa. A continuación, se describe el procedimiento que se sigue para garantizar que los componentes de las nuevas instalaciones se distribuyan de la manera adecuada:

- Ubicación del área de instalación del tanque de GLP, debe ser autorizada en conformidad con todas las normativas relativas a las áreas requeridas y las distancias de seguridad, y se dispone de espacio suficiente para su instalación.
- Se ubica el espacio donde se construirá una nueva isla, en la cual se instalarán los dos dispensadores de GLP para el despacho y comercialización.
- Las tuberías de distribución de GLP se conducen desde el tanque hasta los dispensadores de manera que sean lo más eficientes posible y no tengan cruces, o tengan los menos posibles, con las tuberías de combustible líquido existentes. Así se garantiza que las tuberías sean lo más eficientes posible.

Siguiendo las indicaciones anteriores se tienen las configuraciones para la ampliación del establecimiento en la Tabla 29.

Tabla 29

Distribución de tanques y productos para la ampliación.

N° Tanque	Compartimentos	Producto	Capacidad (gal)
Tanque 1	1	DIÉSEL B5-S50	8000
Tanque 2	1	DIÉSEL B5-S50	8000
Tanque 3	1	GASOHOL PREMIUM	8000
Tanque 4	1	GASOHOL REGULAR	8000
Tanque 5	1	GLP	5000

Tabla 30

Distribución de dispensadores e islas para la ampliación.

N° Isla	Dispensador	Productos	N° mangueras
Isla 1	1	DB5-S50 / GH-R / GH-P	6
Isla 2	1	DB5-S50 / GH-R / GH-P	6
Isla 3	1	DB5-S50 / GH-R / GH-P	6
Isla 4	1	DB5-S50 / GH-R / GH-P	6
Isla 5	2	GLP	4

3.3.2 Tanque de almacenamiento

Para el tanque de almacenamiento de GLP se considerará como presión de diseño 250 psi de acuerdo con la normativa peruana (NTP 321.123) en la que se establece que, la presión de diseño de un tanque estacionario de GLP debe ser mayor a 250 psi. Además, de acuerdo con el Decreto Supremo N° 019-97-EM (1997), en lo que respecta a los tanques de GLP en los gasocentros, el volumen de líquido debe oscilar entre un mínimo de 5 m³ y un máximo de 40 m³ (1030 galones a 10600 galones) de capacidad de agua.

3.3.2.1 Capacidad. La capacidad de operación de los tanques de almacenamiento de GLP tiene los siguientes conceptos a tomar en cuenta:

- Volumen total del tanque (capacidad nominal), se representa en función del volumen de agua que llena completamente el tanque.
- El volumen máximo de llenado se refiere a la mayor cantidad de GLP que puede contener el tanque, de acuerdo con la normativa peruana este puede ser de hasta el 85 % del volumen total.
- Volumen neto, volumen contenido en el tanque entre el volumen máximo y el volumen residual del fondo; se recibe de la cisterna.
- Volumen residual, es el volumen de GLP líquido que queda en un espacio pequeño, en la parte más baja del tanque.

3.3.2.2 Material. El tanque será de acero al carbono, para este tanque se usarán planchas de acero SA-612 (el cual es un material común junto al ASTM A-36 para la fabricación de tanques de GLP). El espesor de las planchas se determinará en función de las dimensiones del tanque, siguiendo los cálculos de acuerdo con ASME, Sección VIII División 1.

3.3.2.3 Forma. En la mayoría de los casos, los tanques de GLP tienen forma de cilindro y se les añaden tapas. Pueden tener forma toroidal, elíptica o semiesférica. En la mayoría de las estaciones de servicio del país se prefieren las tapas semiesféricas a otros tipos de tapas.

3.3.2.4 Instalación. Corresponde indicar las diferentes formas de instalación de acuerdo con la Tabla 31.

Tabla 31

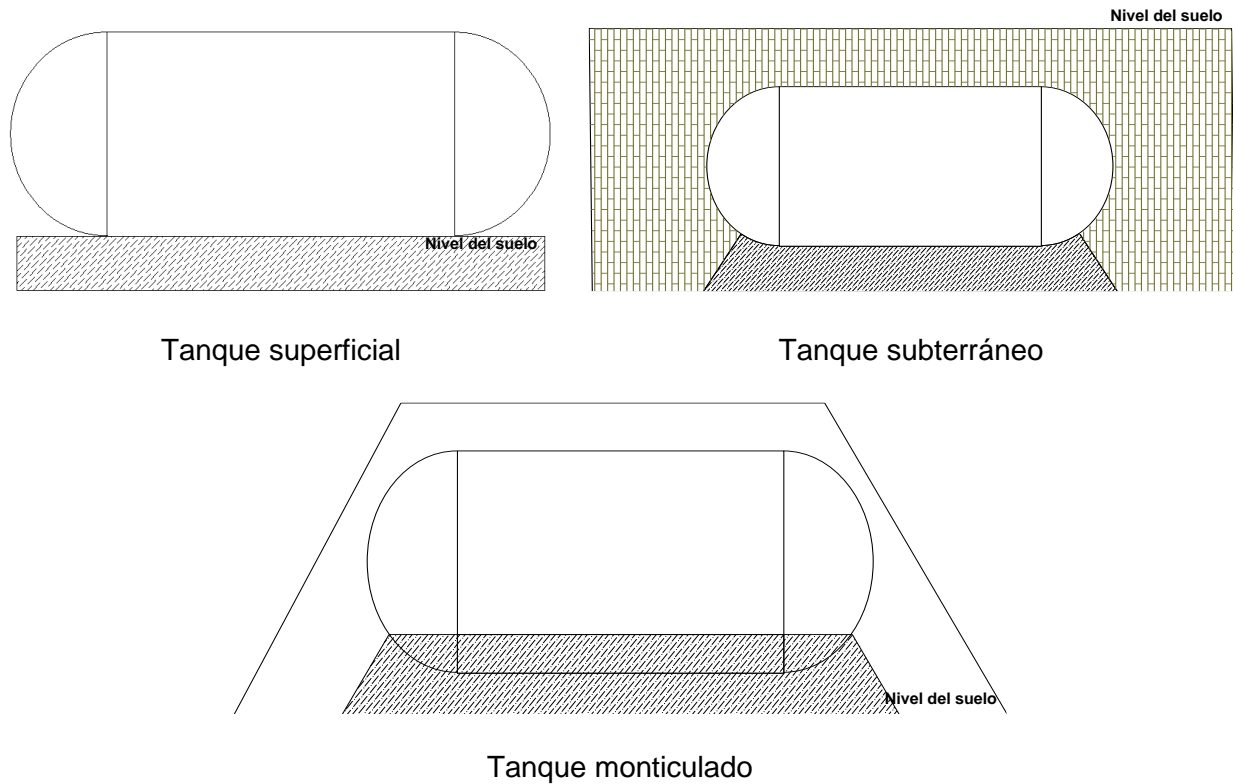
Diferentes ubicaciones para tanques de almacenamiento

Aéreos	Tanque superficial
Soterrados o enterrados	Tanque subterráneo
	Tanque monticulado

En la Figura 41 se visualizan las diferentes formas de instalación.

Figura 41

Tipos de instalación de tanques de almacenamiento.



Nota: Elaboración propia

El tanque se ubicará enterrado dentro de una caja de cimentación, la parte superior del tanque quedará a 25 cm por debajo del nivel del suelo, y encima se rellenará con confitillo un espesor de 5 cm. El espacio sobrante en la caja de cimentación se rellenará con arena lavada de río y seca.

3.3.2.5 Zona de seguridad. A una distancia de un metro de la proyección horizontal del tanque o de la base del talud, el depósito se situará dentro de una zona de seguridad que estará delimitada por una valla de malla metálica. La altura de la valla metálica oscilará entre un mínimo de 1,75 metros y un máximo de 2 metros, y estará protegida contra impactos durante su construcción. Para este caso, la altura de la cerca será de 1.80 m.

3.3.2.6 Accesorios. El tanque de almacenamiento está equipado con una cúpula que sirve para proteger las válvulas y los accesorios situados en la parte superior del tanque. Se requiere que cada una de las salidas de los tanques de almacenamiento esté equipada con al menos uno de los siguientes accesorios:

Instrumentos

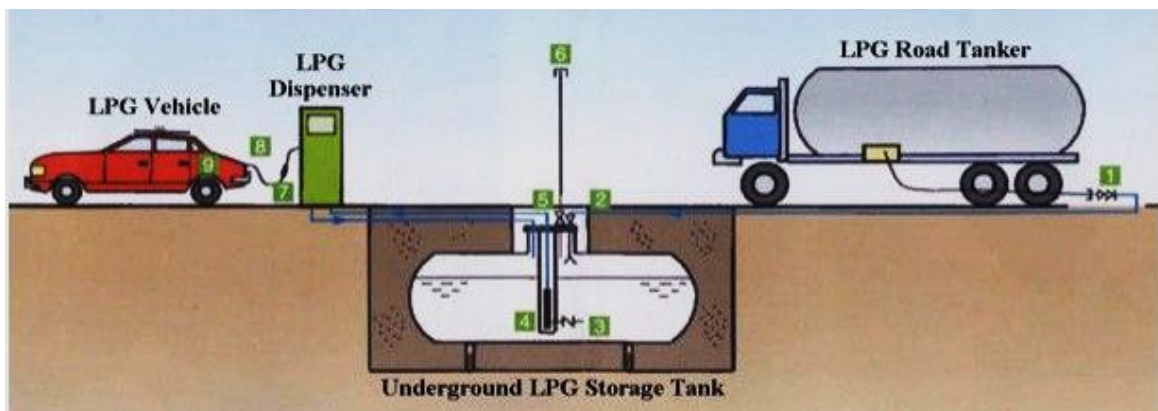
- Medidor de nivel con indicador (del tipo magnético con boya), en porcentaje.
- Termómetro, colocado en la parte superior el cual estará encapsulado para evitar el contacto directo con el GLP. La medición de la temperatura se hará en la fase líquida.
- Manómetro con conexión a fase vapor de 0 a 300 psi como mínimo.

Válvulas:

- Válvulas check en las conexiones de entrada al tanque
- Válvulas de exceso de flujo en todas las conexiones de salida del tanque. Se exceptúa la conexión de la válvula de seguridad.
- Válvula de purga.

Figura 42

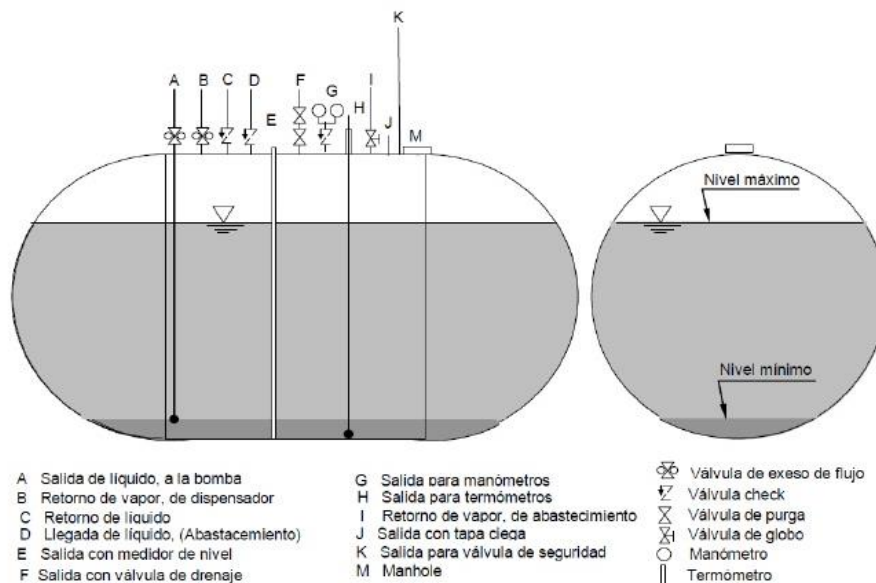
Sistema de llenado y abastecimiento en un gasocentro de GLP



Nota: 1) válvula doble check, (2) válvula check, (3) válvula exceso de flujo, (4) bomba sumergible, (5) válvula alivio de presión, (6) tubo venteo, (7) valv. break-away, (8) manguera de llenado, (9) tanque GLP. Adaptado de Charles Winn, n. d., <https://charleswinn.com/LPG-Tank/917.html>. (

Figura 43

Tipo de conexiones en las salidas de los tanques subterráneos

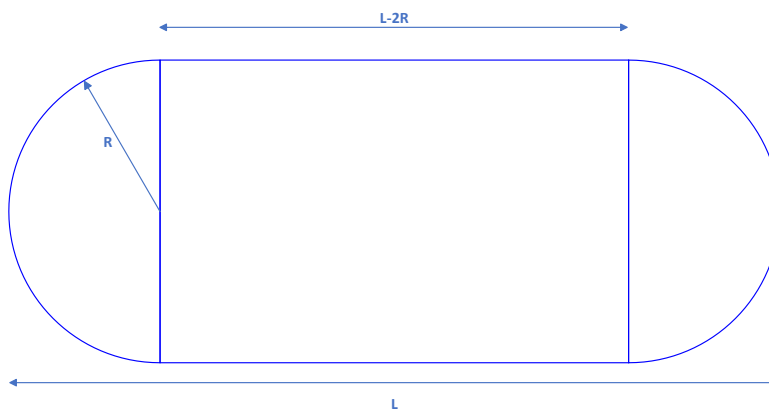


Nota: Adaptado de "Estudio de ampliación de un servicentro con un gasocentro de GLP de uso automotriz de 5 000 galones de capacidad", Macines Romero, 2009, p. 24.

3.3.2.7 Dimensionamiento del tanque de GLP. Ya obtenidos los datos de espesores tanto para el cuerpo como para las tapas del tanque de almacenamiento de GLP, se procede a calcular el volumen aproximado que tendrá en base a unidades vehiculares que se abastecerán diariamente en el establecimiento. Se tienen en cuenta el volumen de compra por cada cliente, las unidades vehiculares en la provincia, el factor de llenado (de acuerdo con la normativa del sector), el número de islas en el establecimiento y la proyección a futuro para el GLP en la región.

Figura 44

Representación del tanque de GLP de cuerpo cilíndrico y cabezas semiesféricas.



Volumen del tanque; de acuerdo con el artículo 38 del DS N° 19-97 EM, el volumen de un tanque de almacenamiento de GLP debe encontrarse entre 5 m³ (1320 gal) y 40 m³ (10567 gal).

3.3.2.7.1 Capacidad calculada de acuerdo con la demanda.

$$V_n = V_{ps} * N_{vp} * n_i * n_d \quad (1)$$

Donde:

V_n : volumen neto mínimo del tanque

V_{ps} : volumen promedio de GLP despachado a cada automóvil

N_{vp} : promedio de vehículos atendidos por día (por isla)

n_i : número de islas

n_d : periodo cada vez que se llena el tanque de almacenamiento.

Para poder operar con la fórmula anterior, se tienen los siguientes datos, los cuales son valores tomados de manera aproximada.

$$V_{ps} = 3.5 \text{ gal}$$

$$N_{vp} = 80 \text{ vehículos}$$

$$n_i = 2 \text{ islas}$$

$$n_d = 8 \text{ días}$$

Reemplazando datos en la Ecuación (1), se tiene:

$$V_n = 4240 \text{ galones}$$

De acuerdo con la normativa peruana, el Factor de llenado, determinado según NTP es de un valor máximo de 85% del volumen total. Entonces el volumen total del tanque sería:

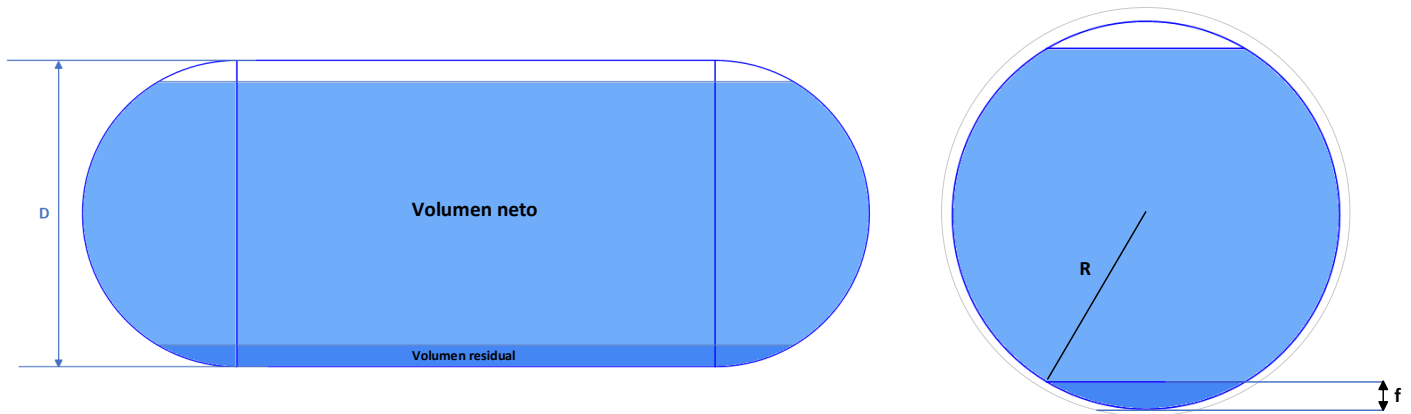
$$V_t = 5000 \text{ galones}$$

3.3.2.7.2 Cálculo del dimensionamiento del tanque de GLP. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Tendrá cuerpo cilíndrico y dos tapas laterales semiesféricas.
- Ubicado horizontalmente y enterrado dentro de la caja de cimentación.
- Llenado máximo del 85% del volumen total; no se llena completamente de GLP líquido.
- El tanque no queda completamente vacío, queda un volumen de GLP líquido. El espacio entre la superficie libre de este volumen hasta el fondo del depósito representa el nivel mínimo de llenado.

Figura 45

Perfiles del dimensionamiento del tanque de almacenamiento.



Hallamos el volumen total para el tanque en función al radio de la sección circular y la longitud cilíndrica. Ya que ambas tapas son semiesferas, la suma de ambos volúmenes será la de una esfera.

$$V_t = V_c + V_e \quad (2)$$

$$V_c = \frac{\pi * D^2}{4} * (L - D) \quad (3)$$

$$V_e = \frac{4 * \pi * R^3}{3} \quad (4)$$

Reemplazando (4) y (3) en (2), se tiene:

$$V_t = \pi * R^2 * (L - 2 * R) + \frac{4 * \pi * R^3}{3} \quad (5)$$

Donde:

V_t: volumen total del tanque

V_c: volumen parte cilíndrica del tanque

V_e: volumen de las tapas del tanque

L: longitud del tanque de almacenamiento

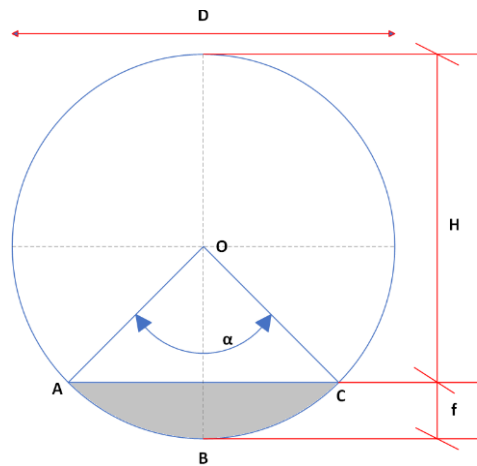
R: radio de las tapas semiesféricas del tanque

Vt: volumen total tanque de almacenamiento de GLP

En concordancia con lo indicado por Macines (2009), la altura f de la superficie del líquido por encima del fondo del depósito es la que determina el volumen residual de GLP líquido que queda en el fondo del depósito. Este se conforma de los volúmenes de tres componentes: el segmento cilíndrico de flecha f, y los dos segmentos de los dos casquetes semiesféricos que juntos forman un segmento esférico también de la flecha f; de acuerdo con la Figura 46.

Figura 46

Segmento circular del volumen residual en el tanque



Para hallar el volumen residual se tiene lo siguiente:

$$V_{residual} = V_{SC} + V_{SE} \quad (6)$$

Donde:

$V_{residual}$: volumen residual en el tanque de almacenamiento de GLP

V_{SC} : volumen del segmento cilíndrico

V_{SE} : volumen del segmento esférico

$$V_{residual} = \frac{\pi * f^2}{3} * (3R - f) + (L - 2R) * \frac{R^2}{2} * (\alpha - \sin \alpha)$$

Posteriormente se halla el volumen neto que se encuentra en el tanque de almacenamiento, para lo cual al volumen total se le quita el volumen residual de GLP que siempre se encontrará presente.

$$V_{neto} = V_t - V_{residual} \quad (7)$$

$$V_{neto} = 0.85 * \left[\pi R^2 * (L - 2R) + \frac{4 * \pi * R^3}{3} \right] - \left[\frac{\pi * f^2}{3} * (3R - f) + (L - 2R) * \frac{R^2}{2} * (\alpha - \sin \alpha) \right]$$

Como se mencionó anteriormente, se tiene un factor de llenado de 85%, acuerdo con lo indicado por la NTP 321.123 (INDECOPI, 2012).

$$V_{neto} = 0.85 * V_t$$

Se tienen los siguientes datos:

$$f = \mathbf{0.15 \text{ m}}$$

$$\alpha = \mathbf{0.35 \text{ rad}}$$

$$K_v = \mathbf{0.85}$$

No se conocen los valores de la longitud (L) ni el radio interno (R) del tanque de almacenamiento de GLP.

En base a la fórmula obtenida y los datos que ya se conocen (f es un valor aproximado para una altura de líquido remanente de 0.15 m; con el valor de f se calcula el ángulo aproximado formado por el segmento circular), se realizan una serie de tabulaciones para determinar las medidas aproximadas del tanque y de acuerdo con eso, el volumen de almacenamiento que tendría. Véase el Anexo 1 para el desarrollo de los cálculos y tabulaciones.

Se tienen las siguientes medidas como resultado de las iteraciones.

Longitud	(m)	4.92	4.92	4.92	4.92
Radio	(m)	1.35	1.34	1.33	1.32
Vol total	(m³)	19.56	19.30	19.05	18.79
Vol residual	(m³)	0.10	0.10	0.10	0.10

Vol neto	(m ³)	19.45	19.20	18.94	18.69
	(gal)	5140	5073	5005	4938

Al elegir el valor de las dimensiones para 5005 galones de GLP, se tiene un error del 0.1 %; por lo tanto, las dimensiones del tanque quedan definidas de la siguiente manera:

R =	1.33	m
L =	4.92	m
f =	0.15	m
α =	0.35	rad
Kv =	0.85	

3.3.2.8 Cálculo del espesor. Será calculado en función a la normativa internacional ASME sección VIII división 1. El tanque por instalar tendrá una sección cilíndrica, con cabezales semiesféricos, colocado en posición horizontal dentro de la caja de cimentación.

Para poder realizar el diseño del tanque de almacenamiento se requieren los datos mostrados en la Tabla 32, de acuerdo con el apartado UG-27 del código ASME sección VIII división I.

Tabla 32.

Variables para determinar el espesor de las carcasas bajo presión interna.

P =	Presión de diseño (lb/plg ²)
S =	Esfuerzo del material lb/plg ²
E =	Eficiencia de soldadura
R =	Radio interior (plg)
D =	Diámetro interno (plg)
t =	Espesor de pared (plg)
C.A. =	Margen por corrosión (plg)

Para las siguientes secciones, se trabajarán con los siguientes datos; los valores hallados y especificados se desarrollarán en el Anexo 1.

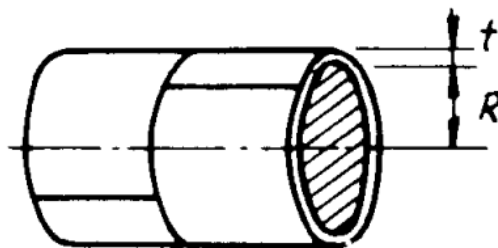
Tabla 33*Valores hallados para el diseño del tanque*

P =	250	psi
S =	23061.042	psi
E =	1	
R =	52.36	pulgadas
D =	104.72	pulgadas
CA =	0.0625	

3.3.2.8.1 Esfuerzo circunferencial. El esfuerzo circunferencial (en las juntas longitudinales) se determina de acuerdo con la Ecuación (8), posteriormente se debe hallar la presión (P, presión máxima) con la Ecuación (9) y este valor debe ser mayor a la presión de diseño la cual se indicó para el inicio de nuestro diseño.

$$t = \frac{P * R}{S * E - 0.6 * P} + CA \quad (8)$$

$$P = \frac{S * E * t}{R + 0.6 * t} \quad (9)$$

Figura 47*Sección cilíndrica de un tanque, esfuerzos en la sección circular*

Nota: Fuente: Captura tomada de (Megyesy, 1989, p. 18).

Desarrollando la Ecuación (8) usando los valores de la Tabla 33, se tiene lo siguiente:

$$t = \quad \mathbf{0.634 \text{ pulgadas}}$$

$$16.10 \text{ mm} \quad \longrightarrow \quad \text{espesor teórico}$$

$$t = \quad \mathbf{18 \text{ mm}} \quad \longrightarrow \quad \text{espesor real (comercial)}$$

Luego hallamos la presión circunferencial máxima a soportar con la Ecuación (9),

$$P_{\max} = 309.59 \text{ psi}$$

$$(P_{\max} > P_{\text{diseño}})$$

La presión máxima calculada supera la presión de diseño, lo que indica que un espesor de 18 milímetros es adecuado para la construcción del cuerpo cilíndrico del tanque.

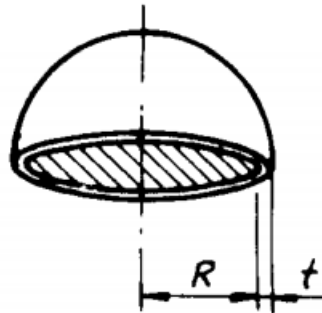
3.3.2.8.2 Esfuerzo longitudinal (uniones circunferenciales). El esfuerzo en las juntas de las tapas se determina de acuerdo con la Ecuación (10), posteriormente se debe hallar la presión (P, presión máxima) con la Ecuación (11) y este valor debe ser mayor a la presión de diseño la cual se indicó al inicio.

$$t = \frac{P * R}{2 * S * E + 0.4 * P} + CA \quad (10)$$

$$P = \frac{2 * S * E * t}{R - 0.4 * t} \quad (11)$$

Figura 48

Sección semiesférica de la tapa un tanque, esfuerzos en la junta tapa-cuerpo



Nota: Fuente: Captura tomada de (Megyesy, 1989, p. 18).

Desarrollando la Ecuación (10) usando los valores de la Tabla 33, se tiene lo siguiente:

$$t = \begin{array}{l} 0.346 \text{ in} \\ 8.78 \text{ mm} \longrightarrow \text{espesor teórico} \end{array}$$

$$t = \begin{array}{l} 0.5 \text{ in} \\ 12.7 \text{ mm} \longrightarrow \text{espesor real (comercial)} \end{array}$$

Luego hallamos la presión longitudinal máxima a soportar,

$$P_{max} = \begin{matrix} 442.1 & \text{psi} \\ (P_{max} > P_{diseño}) \end{matrix}$$

La presión máxima calculada supera la presión de diseño, lo que indica que un espesor de 12.7 milímetros es adecuado para la construcción de los cabezales semiesféricos del tanque.

3.3.2.9 Obras civiles. Las principales obras civiles asociadas a las instalaciones de un gasocentro de GLP incluyen la caja de hormigón para el tanque de almacenamiento (soporte del tanque), la cimentación, la valla de seguridad del tanque y los conductos de las tuberías.

3.3.2.9.1 Caja de concreto. Las dimensiones interiores de la caja se establecen teniendo en cuenta que la capa de arena que rodea el depósito debe tener un espesor mínimo (e_a) de 1.0 m, por lo que se tiene:

$$L_c = L_T + 2 * e_a \quad (12)$$

$$A_c = A_T + 2 * e_a \quad (13)$$

Donde:

L_c : Longitud de la caja de concreto

A_c : Ancho de la caja de concreto

L_T : Longitud del tanque

A_T : Ancho del tanque

e_a : Espesor del relleno (arena)

Reemplazando los valores de las dimensiones del tanque, en la Ecuación se tiene:

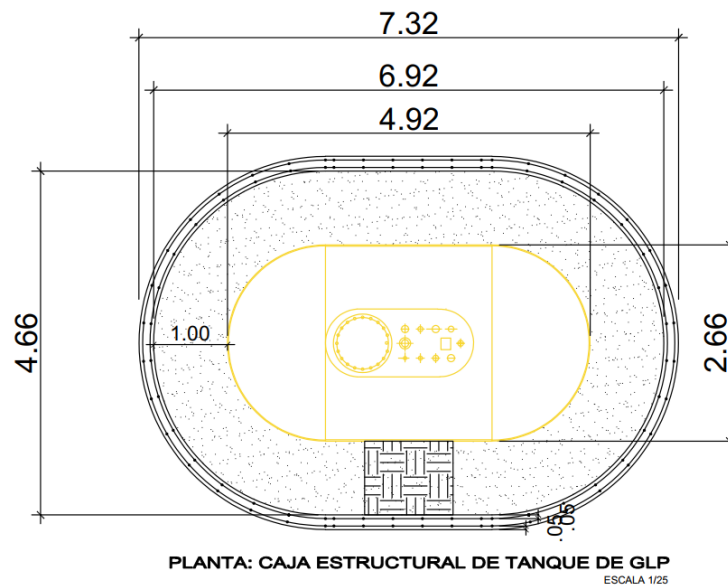
$$L_c = 4.92 + 2 * 1.0 = 6.92 \text{ m}$$

$$A_c = 2.66 + 2 * 1.0 = 4.66 \text{ m}$$

De acuerdo con lo anterior y considerando que la caja de concreto tendrá la misma forma que el tanque, se tiene la siguiente representación:

Figura 49

Dimensiones del tanque de almacenamiento y del porta-tanque.



3.3.3 Tuberías

El GLP líquido se transporta por tuberías desde la zona de carga hasta el tanque de almacenamiento y, a continuación, desde el tanque hasta los dispensadores (Jamanca Echevarria y Meregildo Marines, 2017); además, se emplea un sistema de recuperación de vapores durante la descarga del GLP del granelero o mientras se dispensa GLP en un vehículo. Se debe tener en cuenta la normativa peruana NTP 321.123 para la elección de tuberías.

Tabla 34

Configuraciones para la instalación de tuberías

Servicio	Cédula 40	Cédula 80
Líquido	Soldado	Roscado o soldado
Vapor ≤ 0.9 MPa manométrica (≤ 150 psig)	Roscado o soldado	Roscado o soldado
Vapor > 0.9 MPa manométrica (> 150 psig)	Soldado	Roscado o soldado

Nota: Fuente: NTP 321.123 (INDECOPI, 2012).

Las tuberías para el GLP serán de cédula 80, se instalarán de manera roscada en caso de que la tubería esté instalada superficialmente, mientras que de manera soldada mientras la tubería esté enterrada. Las tuberías se recubrirán con ocre amarillo según la NTP 399.012, las tuberías subterráneas llevarán cinta de identificación y flechas negras que indiquen la dirección del flujo de GLP por cada metro de tubería. Asimismo, las tuberías subterráneas se situarán en una zanja, se cubrirán con arena de río y se marcarán con cinta adhesiva para protegerlas de futuras excavaciones.

Las tuberías y accesorios cumplirán con las especificaciones ANSI / ASME B31.4, siendo los requisitos los siguientes:

- Válvulas de seguridad entre dos válvulas de corte.
- Soldaduras radiografiadas al 100% en tuberías enterradas.
- Prueba de hermeticidad general.

Las tuberías serán de acero al carbono, ASTM A-53. Los accesorios (codos, tees, etc.) serán de acero al carbono ASTM A105 y del mismo espesor que la tubería. Las válvulas de bola y check serán montadas entre bridas de acero al carbono.

3.3.3.1 Tubería de llenado del tanque de almacenamiento. La ubicación se establecerá a partir de la zona de transferencia de GLP, situada a una distancia superior a 3 m del depósito de almacenamiento.

El caudal de GLP en esta tubería depende de la capacidad de suministro del granelero, que está equipado con una válvula interna que permite un flujo máximo de 250 galones por minuto. De acuerdo con Polo (2014), considerando un flujo de 160 gal/min, se tiene un tiempo de llenado de 30 min del tanque de 5000 galones requiriéndose de un camión de mediana capacidad.

De acuerdo con las normas, las tuberías de carga o de alimentación deben tener un diámetro de 1 ¼" y será soldada de cédula 80. Esta tubería está diseñada para minimizar las

turbulencias, lo que justifica la selección de este diámetro. La tubería de retorno de vapor al tanque tendrá un diámetro nominal de $\frac{3}{4}$ ", soldada y de cédula 80.

3.3.3.2 Tuberías hacia los dispensadores. Tendrá una longitud de 25 metros tanto para la línea de líquido como para línea de retorno de vapor, serán de cedula 80 y soldadas, con un diámetro de 1 $\frac{1}{4}$ " y de $\frac{3}{4}$ " respectivamente.

3.3.4 Bomba para despacho de GLP

La bomba utilizada en el sistema de suministro de GLP es del tipo de desplazamiento positivo (multietapa), diseñada específicamente para un funcionamiento seguro y sin cavitación. El modelo será una bomba eléctrica Corken, con una base, poleas, correas, protecciones y un motor blindado a prueba de explosiones de 7.5 hp certificado para ubicaciones clasificadas Clase 1, Div. 1, Grupo D, con un interruptor de sobrecarga automatizado.

Figura 50

Modelo FF de las bombas de GLP



Nota: Obtenido de <https://corken.com/lpg-turbine-pumps/>

A una presión diferencial de 109 psi, la bomba podrá funcionar con un caudal de hasta 40 gpm (si ambos surtidores funcionan con sus dos mangueras dispensando GLP al mismo tiempo). La bomba estará protegida contra la sobrepresión en la sección de descarga mediante tres dispositivos: una válvula manual de retorno de líquido, una válvula de derivación calibrada a la presión de trabajo y una válvula de seguridad interna (de recirculación) que actuaría en caso

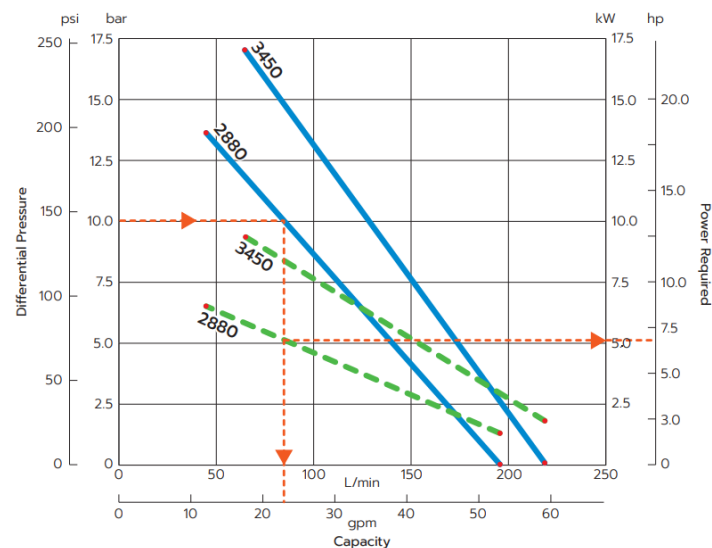
de que fallaran los 2 sistemas anteriores. Esta válvula tiene establecida una presión diferencial de 150 libras por pulgada cuadrada.

Los sistemas de aspiración deberán estar equipados con válvulas de cierre, filtros y manómetros. Todas las conexiones entre la bomba y el depósito se construirán con materiales adecuados de acero al carbono. La bomba se montará sobre una cimentación de hormigón y dispondrá de un conector para la descarga de electricidad estática.

En la salida de la bomba se colocará un manómetro relleno de glicerina para controlar la presión de funcionamiento de la bomba.

Figura 51

Gráfico flujo vs presión diferencial, para el modelo 150 Coro-Flo.



Nota: Obtenido de <https://corken.com/lpg-turbine-pumps/>

Tabla 35

Características de la bomba seleccionada.

Tipo	Electrobomba multietápica para tanque soterrado
Marca:	Corken
Modelo / serie:	FF-Model Turbine Pumps / FF-150
Capacidad:	11 – 60 GPM

Máxima presión diferencial	250 psig
Potencia	7.5 hp
Tuberías	
Succión	1 ½" de diámetro (OD)
Descarga	1" de diámetro (OD)

La potencia nominal de la bomba de 7.5 hp corresponde a un caudal de 40 gpm al dispensar GLP a través de dos surtidores; sin embargo, la potencia real consumida durante el funcionamiento es de 5 hp, lo que refleja la demanda real de caudal de GLP.

3.3.5 Válvulas y accesorios

Se requieren las siguientes válvulas asociadas al tanque de almacenamiento.

- Válvula de seguridad, contará con una tubería cédula 80 de 3", tubería de desfogue a 2.85 m. por encima del nivel superior del tanque y en su extremo se instala una tapa para evitar el ingreso de suciedad y lluvia.
- Válvulas esféricas de 1 ¼" para GLP líquido y de ¾" para GLP vapor.
- Válvula de exceso de flujo, de 1 ¼" para GLP líquido
- Válvula de alivio hidrostático de 1 ¼" para GLP líquido, se instalarán en los tramos de tuberías donde pueda quedar atrapado GLP en estado líquido. Estas válvulas tendrán una presión de apertura de 450 psi.
- Válvula check de 1 ¼ para GLP líquido
- Válvulas de globo, que, en combinación con las válvulas de exceso de flujo, serán instaladas para cada salida de GLP.
- Válvula by-pass CORKEN B-166.

Otros accesorios principales son:

- Manguera flexible de 1 ¼" conexiones flexibles: Se tendrán conexiones flexibles en la entrada y salida de la bomba de GLP para mitigar la transmisión de las vibraciones

generadas por la bomba al resto de la red. Se construirán conexiones flexibles entre el tanque y las tuberías de distribución para evitar interferencias entre los sistemas de protección catódica de ambos.

- Uniones universales
- Sistema de puesta a tierra, serán excavados con un diámetro mínimo de 70 cm y rellenos con tierra de chacra mezclado con Thorgel (Hexacianoferrato (II) de cobre (II)).

3.3.6 Dispensadores

Los dispensadores, situados en las islas, son aparatos utilizados para despachar el GLP en los depósitos de los coches. Están equipados con varios accesorios, como un separador de gases, un caudalímetro de GLP, una electroválvula y un controlador interno, así como una manguera con válvula break-away y una pistola de llenado. Deben encontrarse a una distancia mayor a 5 metros de la zona del tanque. Deben presentar los siguientes requisitos:

- Fabricados bajo normas internacionales (UNE-EN 14678-1:2006, ISO 20766-8:2023, etc.), contar con certificado otorgado por el fabricante y no estar manipulados para su funcionamiento.
- Deben proporcionar un suministro continuo de GLP y poseer mecanismos de ajuste volumétrico para adaptarse a las fluctuaciones de volumen debidas a los cambios de temperatura y humedad.

Los dispensadores se ubican en forma fija en las islas de despacho, anclados en el suelo y con protección contra choques. Distancias de acuerdo con el Artículo 4 del Decreto Supremo N° 037-2007-EM (2007).

Tabla 36

Distancias a considerar para la instalación del dispensador de GLP

Límite de propiedad	3 metros al borde interior de la vereda
---------------------	---

Dispensadores de combustibles líquidos	3 metros
	6 metros (en caso de instalación paralela)
Tanque de almacenamiento	5 metros (a su proyección horizontal)

Nota: Obtenido de los Artículos 77 y 92 del D.S N° 019-97-EM.

De acuerdo con lo indicado se eligieron 02 dispensadores de la marca Petrotec modelo P5000 de GLP de 2 mangueras los cuales tienen las siguientes características:

- Elaborados al 100% en acero inoxidable y galvanizado.
- Certificaciones de calibración del equipo (evaluación metrológica) y certificación antiexplosiva - ATEX.
- Electrónica modular (1 tarjeta por producto).
- Medidor de elevada precisión de 4 pistones de desplazamiento positivo.
- Filtros reutilizables (mall 100 μ m) en la entrada al dispensador.

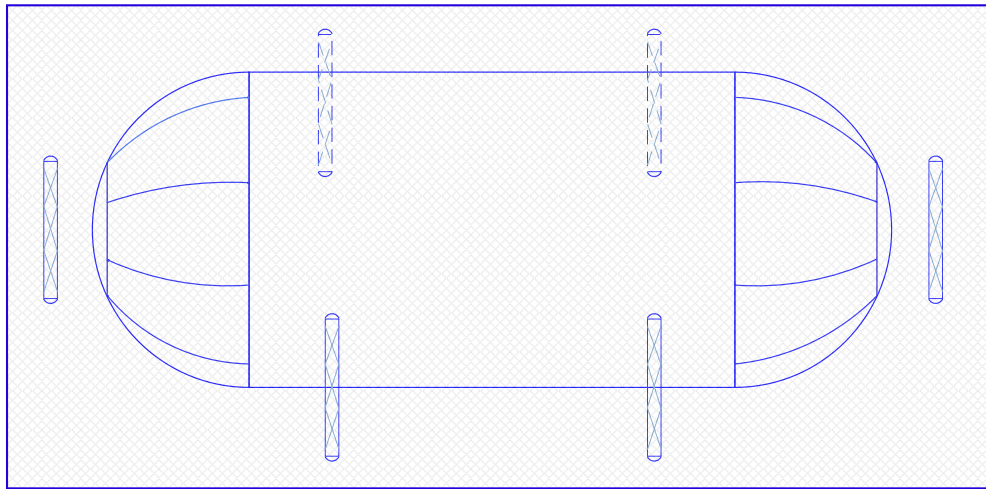
3.3.7 Sistema de protección catódica

3.3.7.1 Protección catódica para el tanque de almacenamiento. De acuerdo con la normativa peruana (Art. 39, Art. 52 – D.S. N° 019-97-EM), la NFPA 58 (Capítulo 16 – Suplemento 3), entre otras normas, es necesario la instalación de un sistema de protección contra la corrosión para el tanque de almacenamiento de GLP y así evitar potenciales peligros y garantizar una vida útil larga para el mismo. Para este caso, se procederá a realizar la instalación del sistema de protección catódica mediante el uso de ánodos de sacrificio de magnesio.

Lo primero es hallar la corriente de protección tanto para el tanque de almacenamiento como para las tuberías, para este cálculo se considerarán aspectos como el área superficial, el tipo de ánodo de sacrificio, el valor de las resistividades del suelo, valores de resistencia entre componentes del sistema.

Figura 52

Diagrama de instalación de ánodos de sacrificio



Nota: Elaboración propia. El espacio entre el tanque y la caja de cimentación está cubierto de arena y encerrado entre paredes de concreto.

Se tienen los siguientes datos del diseño del tanque de almacenamiento hallado en el apartado 3.3.2;

r =	1.33	m	l (anodo) =	139.7	cm
L =	2.26	m	d (anodo) =	12.7	cm
r(suelo) =	7000	Ω-cm	s =	317	cm
separación ánodo-estruc. =				60	cm
Área total	52.23	m²			
U =	0.85				
E =	0.5				
tiempo vida =	15	años			

Donde:

U: factor de utilización

E: factor de eficiencia del ánodo

$r_{\text{(suelo)}}$: resistividad del suelo (arena)

$l \text{ (ánodo)}$: longitud del ánodo de magnesio a instalar

$d \text{ (ánodo)}$: diámetro del ánodo de magnesio a instalar

s: distancia entre ánodos instalados alrededor del tanque

tiempo vida: tiempo de servicio del sistema de protección catódica

3.3.7.1.1 Área a proteger.

$$A_{proteger} = A_{cilindrica} + A_{superf.esfera} \quad (14)$$

$$A_{proteger} = 2 * \pi * r * L + 4 * \pi * r^2$$

$$A_{proteger} = 41.11 \text{ m}^2$$

3.3.7.1.2 Procedimiento para hallar el número de ánodos a instalar.

Densidad de corriente:

$$DCD = 73.73 - 13.35 * \log(\rho) \quad (15)$$

$$DCD = 22.398 \text{ mA/m}^2$$

Cálculo de intensidad de corriente de protección catódica:

$$IT_{CP} = A_t * DCD * FR_{inicio} + A_t * DCD * FR_{final} \quad (16)$$

$$IT_{CP} = 79.564 \text{ mA} = 0.08 \text{ A}$$

Cálculo de masa anódica:

$$W_t = \frac{C_{CP} * C_r}{U * E} \quad (17)$$

$$C_{cp} = IT_{cp} * \text{tiempo vida} \quad (18)$$

$$C_{cp} = 1.19$$

$$W_t = 11.18 \text{ kg}$$

Cada ánodo pesa 17 libras (7.7 Kg).

$$N_A = \frac{W_t}{7.7} \quad (19)$$

$$N_A = 1.45 \rightarrow N_A = 2 \text{ ánodos}$$

3.3.7.1.3 Cálculo de resistencias con el método eléctrico.

$$R_t = R_c + R_A + R_E \quad (20)$$

Donde;

$$R_E \cong 0 \quad (21)$$

$$R_C = Long_{cable} * resist_{lineal (Cu)} \quad (22)$$

$$R_C = 0.107 \Omega$$

Hallamos la resistencia para un ánodo vertical.

$$R_{AV} = \frac{\rho}{2\pi l} * \left[\ln\left(\frac{8l}{d}\right) - 1 \right] \quad (23)$$

$$R_{AV} = 27.731 \Omega$$

3.3.7.1.4 Resistencia total del circuito. Entonces la resistencia total de acuerdo con la ecuación (20):

$$R_t = 0 + 0.107 + 27.731 = 27.838 \Omega$$

De acuerdo con lo obtenido se calcula la corriente que drenan/suministran los ánodos a la estructura a proteger (tanque de almacenamiento de GLP).

E_A es el potencial condicionado dado por el cliente o establecido según conveniencia (siempre debe ser menor a -850 mV para garantizar la protección de la estructura de acero); para este caso en particular, se fijará un potencial de -950 mV.

Se divide esta resta entre el valor de la resistencia hallada para un ánodo vertical.

$$I_A = \frac{E_A - E_S}{R_{AV}} \quad (24)$$

$$I_A = 0.029 A/\text{ánodo}$$

3.3.7.1.5 Número de ánodos necesarios. Comparamos la corriente que drena un ánodo mediante el método eléctrico con la corriente necesaria para la protección catódica, de acuerdo con el resultado obtenido de la Ecuación (16), y se obtiene.

$$nro \text{ ánodos} = \frac{IT_{CP}}{I_A} \quad (25)$$

$$nro \text{ ánodos} = 4$$

Por lo que se deben elegir mínimo 04 ánodos de magnesio de 17 libras. En ese caso, se debe aplicar la fórmula de resistencia de ánodo vertical, pero para varios ánodos, de acuerdo con lo siguiente:

$$R_{AV} = \frac{\rho}{2\pi Nl} * \left[\ln \left(\frac{8l}{d} \right) - 1 + \frac{2l}{s} * \ln (0.656 * N) \right] \quad (26)$$

Tabulando se tiene:

# ánodos	Resistencia (Ω)	Corriente suministrada (A)	% exceso
4	8.72	0.097	22.5
5	7.31	0.116	46.1
6	6.32	0.135	69.1
8	5.01	0.170	113.4

De acuerdo con el cuadro anterior, se colocarán 06 ánodos de magnesio para una correcta protección catódica al tanque de almacenamiento, considerando la geometría del tanque y las distancias entre cada ánodo.

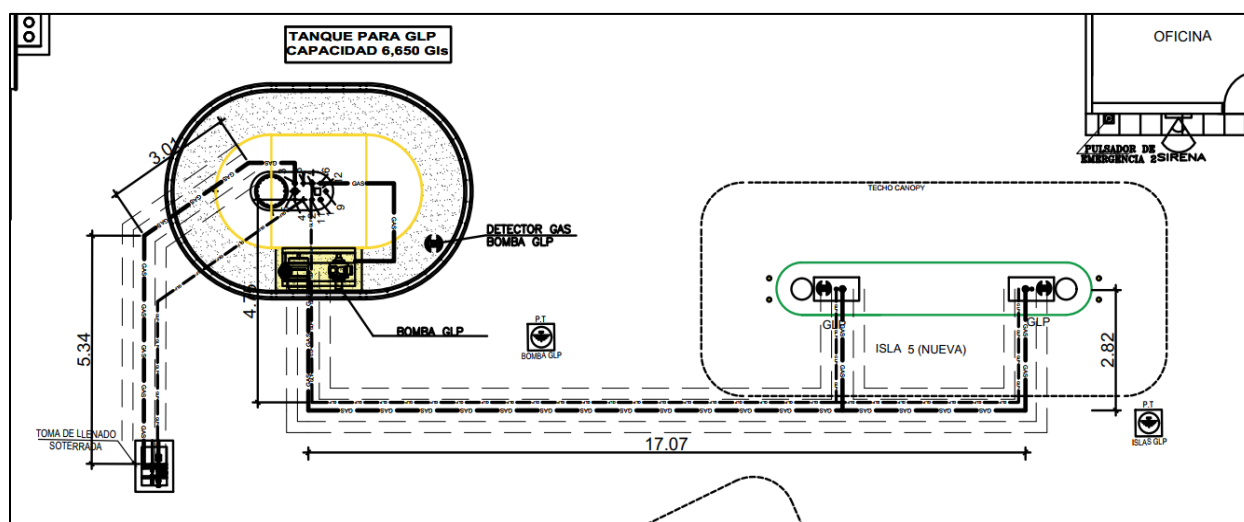
3.3.7.1.6 Vida útil del sistema de protección catódica.

$$Tvida = \frac{W_t * C_a * U * E}{I_{CP}} \quad (27)$$

$$Tvida = 61.94 \text{ años}$$

Figura 53

Layout de las instalaciones nuevas para la comercialización de GLP



3.3.7.2 Protección catódica para las tuberías de GLP. De acuerdo con la distribución en el establecimiento, las tuberías conectan al tanque de almacenamiento con las islas de despacho, estas tuberías tienen un flujo de líquidos como de vapor por separado.

Dimensiones de las tuberías de GLP

Longitud tubería tanque a dispensador = 26.67 m

Longitud tubería tanque a toma llenado = 7.5 m

Datos obtenidos para el diseño del sistema:

	Retorno vapor	Suministro			
	3/4 plg	1 1/4 plg			
D exterior =	0.0267	0.0422	m	I (anodo) =	139.7 cm
L =	34.17	34.17	m	d (anodo) =	12.7 cm
				S =	832 cm
r (suelo) =	7000	Ω -cm			
Área	2.87	4.53	m ²		
U =	0.85				
E =	0.5				
tiempo vida =	15	años			
t =	60	cm			

Donde:

D_{ext} : diámetro exterior de la tubería

L: longitud de la tubería

U: factor de utilización

E: factor de eficiencia del ánodo

$r_{(suelo)}$: resistividad del suelo (arena)

l (ánodo): longitud del ánodo de magnesio a instalar

d (ánodo): diámetro del ánodo de magnesio a instalar

s: distancia entre ánodos instalados

tiempo vida: tiempo de servicio del sistema de protección catódica

3.3.7.2.1 Área total a proteger.

$$A_T = 2.87 + 4.53 = 7.40 \text{ m}^2 \quad (28)$$

Densidad de corriente:

$$DCD = 73.73 - 13.35 * \log(\rho) \quad (29)$$

$$DCD = 22.398 \text{ mA/m}^2$$

Cálculo de intensidad de corriente de protección catódica:

$$IT_{CP} = A_t * DCD * FR_{inicio} + A_t * DCD * FR_{final} \quad (30)$$

$$IT_{CP} = 14.343 \text{ mA} = 0.014 \text{ A}$$

Cálculo de masa anódica:

$$W_t = \frac{C_{CP} * C_r}{U * E} \quad (31)$$

$$C_{cp} = IT_{cp} * \text{tiempo vida} \quad (32)$$

$$C_{cp} = 0.21$$

$$W_t = 2.01 \text{ kg}$$

Número de ánodos (método del peso):

$$N_A = \frac{W_t}{7.7} \quad (33)$$

$$N_A = 0.2611 \rightarrow N_A = 1 \text{ ánodo de magnesio}$$

Calculo masa anódica con el método eléctrico

$$R_t = R_c + R_A + R_E \quad (34)$$

Donde:

$$R_E \cong 0 \quad (35)$$

$$R_c = Long_{cable} * resist_{lineal} (Cu) \quad (36)$$

$$R_c = 0.0856 \Omega$$

Hallamos la resistencia para un ánodo horizontal:

$$R_{AH} = \frac{\rho}{2\pi l} * \left[\ln \left(\frac{l^2}{t * d} \right) \right] \quad (37)$$

$$R_{AH} = 25.863 \Omega$$

Resistencia total: De la Ecuación (34), se tiene,

$$R_T = 25.948 \Omega$$

Cálculo de corriente que drenan/suministran los ánodos

$$I_A = \frac{E_A - E_S}{R_{AV}} \quad (38)$$

$$I_A = 0.031 A$$

Comparamos la corriente que drena un ánodo mediante el método eléctrico con la corriente necesaria para la protección catódica:

$$\text{nro ánodos} = 0.465$$

Por lo que se deben elegir mínimo 01 ánodos de magnesio de 17 libras, pero geométricamente no es aceptable. En ese caso, se debe aplicar la fórmula de resistencia de ánodo horizontal, pero para varios ánodos, de acuerdo con lo siguiente:

Fórmula de resistencia para varios ánodos horizontales

$$R_{HS} = \frac{R_{AH}}{N} * F \quad (39)$$

Donde

$$F = 1 + \frac{\rho}{\pi * S * R_{AH}} * \ln (0.656 * N) \quad (40)$$

Tabulando se obtiene lo siguiente:

# ánodos	resistencia (Ω)	corriente suministrada (A)	% exceso
2	13.30	0.064	346.7
3	9.23	0.092	543.7
4	7.11	0.120	735.1

Cálculo del tiempo de vida del sistema protección catódica:

$$Tvida = \frac{W_t * C_a * U * E}{I_{CP}}$$

$$Tvida = 114.78 \text{ años}$$

3.4 Evaluación de seguridad en las instalaciones del proyecto de ampliación

Dentro de las principales normativas y códigos que se considerarán para la operación correcta de las instalaciones que expenden GLP en el establecimiento y así disminuir los peligros y riesgos, se tienen las principales normativas dadas en el Anexo 4.

Las principales condiciones de seguridad que debe cumplir un establecimiento para expender combustibles (estación de servicios con gasocentro de GLP para este caso), son establecidas por el Osinergmin.

El establecimiento en estudio diseñará y construirá la ampliación de sus instalaciones teniendo como guía los siguientes puntos:

- Como estación de servicio con gasocentro de GLP, la instalación objeto de esta investigación está equipada con al menos dos bocas de incendio, situadas en el perímetro exterior de la instalación. Estos hidrantes están situados en la entrada principal y en la salida secundaria, respectivamente.

- Se contará con dos extintores portátiles los cuales estarán dentro de la zona de despacho, en gabinetes de fácil acceso, dichos extintores serán de agente multipropósito (polvo químico seco ABC – en base a fosfato de amonio), de la marca Amerex y tendrán un rating de extinción de 10A:160B:C. Además, se contará con un extintor de marca Amerex 30A:240B:C (rodante) también de agente multipropósito, ubicado en una posición cercana al área del tanque de almacenamiento de GLP.
- Con la excepción de las válvulas de purga de mangueras antes de la desconexión, no se permite la operación rutinaria de venteo de gas a la atmósfera.
- Distancias a líneas cargadas eléctricamente. estas serán medidas desde los puntos donde pueda existir (o exista) emanación de GLP a la proyección de las líneas eléctricas (no existen subestaciones o transformadores eléctricos próximos al establecimiento). De acuerdo con la normativa del sector, las distancias a instalaciones eléctricas deben seguir lo indicado en la Tabla 37.

Tabla 37

Distancias según normativa hacia instalaciones eléctricas

Tipo de instalación eléctrica	
Subestación Aérea de Distribución (tensión menor o igual a 36000 V) Medido a la proyección vertical (en el plano horizontal) más cercana a la parte energizada	7.6 m
Línea aérea de Baja Tensión (Tensión menor o igual a 1000 V)	7.6 m
Línea aérea de Media Tensión (Tensión mayor a 1000 V hasta 36000 V)	7.6 m
Línea aérea de Alta Tensión:	10 m
(Tensión mayor de 36000 V hasta 145000 V)	12m
(Tensión mayor de 145000 V hasta 220000 V)	

Nota: Adaptado del Artículo 47 del D.S N° 019-97-EM.

En función a lo indicado en la tabla anterior, el establecimiento cumple con las distancias mínimas según la normativa del sector, mostrándose las distancias en la Tabla 38.

Tabla 38*Distancias obtenidas para el proyecto*

Ubicación	Distancia
Zona de transferencia de GLP	> 7.6 m
Carcasa del equipo de despacho más próximo a una línea de tensión.	> 7.6 m
Punto de descarga de la válvula de seguridad del tanque de GLP	> 7.6 m

- En las conexiones de salida del tanque de almacenamiento de GLP se han instalado válvulas de seguridad y válvulas de exceso de flujo. El tanque contará con una válvula de emergencia REGO modelo 7534G de 2 pulgadas de diámetro, diseñada para abrirse a una presión de 250 psig, junto con una tapa que no es hermética para evitar la acumulación de suciedad y agua en la parte superior. Además, las válvulas de exceso de flujo consistirán en una válvula REGO de 1 ¼ pulgadas de diámetro. Ambos accesorios son necesarios; las válvulas no deben superar una vida útil de 10 años.
- Se contará con válvulas de alivio de presión hidrostática en los tramos de las tuberías donde pueda quedar atrapado GLP, también serán de marca REGO y ¼ de pulgada de diámetro, al llegar a una presión establecida por el fabricante (normalmente 250 psi) se abren para expulsar el gas.
- En la zona de transferencia de GLP se instalará una válvula pull-away (1 ¼") que será próxima a la manguera de carga. La función de esta es, en caso de estar conectada la cisterna de GLP transfiriendo combustible al tanque de almacenamiento, y se arranca la cisterna sin desconectar previamente la manguera de carga, esta válvula impedirá que la cisterna se lleve parte de la estructura de suministro de GLP, evitando un derrame descontrolado de GLP en el establecimiento.
- En adición a la válvula pull-away se cuenta con una válvula de emergencia (shut-off), la cual protege a las instalaciones en caso de una fuga de GLP líquido desde el

tanque por la línea de carga; esta tiene un diámetro de 1 ¼", y se acciona de tres maneras:

- ✓ Accionamiento manual en una ubicación remota.
- ✓ Accionamiento manual en la misma posición que la válvula.
- ✓ Accionamiento mediante fusibles térmicos, los cuales tienen una temperatura de fusión menor o igual a los 100°C.

Debido a que la tubería en la que se instalará la válvula de corte de emergencia estará anclada de tal forma que, en caso de tracción severa, el daño que pueda causar se producirá en las mangueras y no en la red de gas, el sistema permanecerá intacto.

- Se cuenta con pozos a tierra para permitir la descarga de la electricidad estática que se puede acumular en las instalaciones, tanto para el área de abastecimiento como para la zona del tanque (incluyendo la zona de transferencia); evitando así los posibles conatos de incendio y explosiones que puedan ocurrir. Para transferir GLP de una cisterna al tanque de almacenamiento, será necesario que el encargado establezca una conexión entre la cisterna y el pozo conectado a tierra.
- Debajo del dispensador de GLP, se colocarán tanto válvulas de exceso de flujo como válvulas de cierre manual en las tuberías de GLP que conducen al despacho. Esto garantizará la protección del dispensador en caso de que se produzca un problema aguas abajo. Está previsto instalar este conjunto de válvulas de cierre junto con una válvula de exceso de flujo tanto para la tubería de GLP líquido (ida) como para la tubería de recuperación de vapores de GLP que vuelve al tanque.
- Las mangueras del dispensador contarán con una válvula de desacoplamiento automático (válvula break-away de ¾" de diámetro nominal), que en caso de una tracción excesiva esta sección de la manguera se desconecta y la otra sección queda segura y fijada al dispensador sin ocasionar una fuga de GLP. Es indispensable que

la sección segura este anclada al dispensador para que el sistema funcione correctamente. Es necesario proteger la manguera para que no se retuerza ni se debilite como consecuencia de la fricción.

- Serán instalados dos interruptores de corte de energía para que actúen, en caso de emergencia, en las instalaciones de suministro de GLP. Ambos pulsadores tendrán sus respectivas indicaciones y avisos para ser localizados fácilmente.
- Se instalarán detectores de gas, y cada uno de ellos se conectará al sistema de alarma de la forma adecuada. En caso de que se produzca una fuga de gas GLP, se activará el sistema de alarma y se tomarán medidas para reducir el riesgo. Está previsto instalar cuatro detectores: uno en cada foso de dispensador, otro en la zona de almacenamiento de GLP y el último detector en la zona de transferencia de GLP. El sensor del detector de gas se situará a una altura igual o superior a 15 centímetros del nivel del suelo, pero no superará los 25 centímetros. Estos detectores transmitirán una señal eléctrica proporcional a la concentración de gas en el entorno que los rodea. Estas señales serán recibidas por un panel de vigilancia y control, que estará configurado para activar alarmas a niveles específicos. Inicialmente, sonará una alerta de precaución cuando el nivel alcance el 10% del límite inferior de explosividad. Este es el primer nivel. En el segundo nivel, que es el 20% del límite inferior, se activará la alarma primaria, que impedirá que la bomba y el surtidor de GLP reciban electricidad.
- Se tiene instalado un pararrayos perteneciente a las instalaciones actuales, el rango de protección del dispositivo llega a cubrir a las instalaciones nuevas de GLP, por lo que no será necesaria su modificación.
- Los equipos los cuales necesitan corriente eléctrica para funcionar cumplen con la normativa del Código Eléctrico Nacional (NFPA 70) para sus instalaciones internas,

por las cuales circula cables de electricidad. En función de las características de los vapores y de la probabilidad de que pueda haber una concentración o cantidad inflamable o combustible, los lugares peligrosos se clasifican de acuerdo con el artículo 500 del Código Eléctrico Nacional (NEC). Para este caso específico del GLP, las cualidades de acuerdo con la NEC son las siguientes:

- ✓ Clase (I)
- ✓ División (1 o 2) o Zona (0, 1 y 2)
- ✓ Grupo (D).

Tabla 39

Clasificación de los peligros que existen en un gasocentro de GLP

Clase	I	Son aquellos lugares en los cuales pueden estar presentes en el aire cantidades de vapores de combustibles suficientes para producir una mezcla explosiva o inflamable.
División	1	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo normales condiciones de operación existen permanentemente, en forma periódica e intermitente concentraciones peligrosas de gases de vapores inflamables. • Debido a reparaciones, mantenimientos o escapes se pueden producir concentraciones peligrosas de gases a vapores inflamables. • Fallas o mala operación de los equipos o instalaciones pueden generar concentraciones de gases o vapores inflamables y producirse simultáneamente fallas en equipos eléctricos.
	2	<ul style="list-style-type: none"> • Los líquidos o gases inflamables que, estando normalmente confinados en recipientes o sistemas cerrados, al ser manipulados, procesados, o utilizados en procesos, pueden escapar ya sea accidentalmente o bien por rotura del recipiente que lo contiene por una operación anormal del sistema pudiendo producir concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables. • Cuando por falla de los equipos de ventilación utilizados para evitar las concentraciones de gases o vapores inflamables, se pueden producir concentraciones peligrosas de vapores o gases de combustibles. • Toda área adyacente a las áreas definidas como Área I Div 1 y de las cuales pueden ocasionalmente escaparse concentraciones peligrosas de gases o vapores de petróleo, a menos que se evite esta situación por la existencia de sistema de ventilación de presión positiva desde una zona de aire limpio y se adopten medios efectivos de prevención del equipo de ventilación.

Grupo	D	Gasolina, propano, butano, metano (gas natural), acetona, amoníaco, entre otros. (Este es el grupo más numeroso.)
--------------	----------	--

Nota: Adaptado del Artículo 500 de la NFPA 70, por NFPA, 2023.

En ese caso, para las instalaciones de cables eléctricos en el sistema de despacho de GLP, el primer accesorio que se conecta a/de una tubería enterrada debe ser un sello antiexplosivo, además todo el material a usar que protegerá el cableado eléctrico debe ser del tipo antiexplosivo, apto para Clase I División I o II; además dicho sello no se encontrará a más de 45 cm de la caja de conexiones. Las áreas clasificadas que se presentan en el establecimiento están de acuerdo con la Tabla 40.

Tabla 40

Áreas clasificadas en un establecimiento que expende GLP

Ubicación	Extensión del área clasificada	El equipo debe estar aprobado para cumplir con la norma NFPA 70 (Clase I, Grupo D)
Dispensador de combustible para vehículos	Todo el espacio dentro del recinto del surtidor y 18 pulg. (460 mm) en sentido horizontal desde el exterior del recinto hasta una elevación de 4 pies (1.2 m) por encima de la base del surtidor; todo el foso o espacio abierto debajo del surtidor.	División 1
	Hasta 18 pulg. (460 mm) sobre el suelo dentro de 20 pies (6,1 m) horizontalmente desde cualquier borde del recinto.	División 2
Toma de llenado o carga	Dentro de los 5 pies (1.5m) en todas las direcciones desde las conexiones realizadas o desconectadas regularmente para la transferencia de producto.	División 1
	Más allá de los 5 pies (1.5m), pero dentro de los 15 pies (4.6m) en todas las direcciones desde el punto, donde se efectúen conexiones o se desconecten	División 2

	normalmente, y dentro del volumen del cilíndrico entre el ecuador horizontal de la esfera y el nivel del piso.	
Descarga de la válvula de seguridad	Dentro de los 5 pies (1.5m) en todas las direcciones desde las conexiones realizadas o desconectadas normalmente para la transferencia del producto	División 1
	Más allá de los 5 pies (1.5m), pero dentro de los 15 pies (4.6m) en todas las direcciones desde el punto de descarga	División 2
Caja de conexiones de accesorios del tanque GLP	Dentro de los 15 pies (4.6m) en todas las direcciones medido desde las conexiones, excepto las conexiones cubiertas en la tabla 6.25.2.2 (NFPA 58 - 2020).	División 2
Bomba de transferencia de GLP	Dentro de los 15 pies (4.6m) en todas las direcciones desde el equipo y dentro del volumen del cilíndrico entre el ecuador horizontal de la esfera y el nivel del piso	División 2

Nota: Elaboración propia, tomada del código NFPA 58 (2020).

Con respecto a las instalaciones eléctricas para el funcionamiento de los equipos en el sistema de transferencia de GLP, se considera lo indicado en la Tabla 41 para las acometidas correspondientes a los equipos, de acuerdo con el Código Nacional de Electricidad (2006).

Tabla 41

Consideraciones para la instalación de sellos antiexplosivos.

Área	Instalar sellos eléctricos en
Dispensador de GLP	(iii) La tubería emerja de un lugar Clase I, Zona 1, y no tenga ninguna caja, acoplamiento o accesorio, en su recorrido entre el sello y el punto en que sale del lugar peligroso. (a la inversa: el sello debe ser el primer accesorio que se debe conectar a la tubería eléctrica, que ingresa a la zona clasificada como peligrosa) (Murillo Huamán, Castillo Ojeda, y De Tomás Sánchez, 2017).

	(i) La tubería entre a una cubierta para interruptores, interruptores automáticos, fusibles, relés, resistencias u otros aparatos, que puedan producir arcos, chispas, o altas temperaturas; y los sellos deben estar tan cerca como sea posible de las cubiertas, en todo caso a no más de 450 mm de éstas, sin cajas de empalme o elementos similares entre el accesorio de sellado y las cubiertas de aparatos (Ministerio de Energía y Minas, 2006).
Bomba de GLP	<p>(iii) La tubería emerja de un lugar Clase I, Zona 1, y no tenga ninguna caja, acoplamiento o accesorio, en su recorrido entre el sello y el punto en que sale del lugar peligroso. (a la inversa: el sello debe ser el primer accesorio que se debe conectar a la tubería eléctrica, que ingresa a la zona clasificada como peligrosa) (Murillo Huamán, Castillo Ojeda, y De Tomás Sánchez, 2017).</p> <p>(i) La tubería entre a una cubierta para interruptores, interruptores automáticos, fusibles, relés, resistencias u otros aparatos, que puedan producir arcos, chispas, o altas temperaturas; y los sellos deben estar tan cerca como sea posible de las cubiertas, en todo caso a no más de 450 mm de éstas, sin cajas de empalme o elementos similares entre el accesorio de sellado y las cubiertas de aparatos (Ministerio de Energía y Minas, 2006).</p>
Detectores de gases	<p>(iii) La tubería emerja de un lugar Clase I, Zona 1, y no tenga ninguna caja, acoplamiento o accesorio, en su recorrido entre el sello y el punto en que sale del lugar peligroso. (a la inversa: el sello debe ser el primer accesorio que se debe conectar a la tubería eléctrica, que ingresa a la zona clasificada como peligrosa) (Murillo Huamán, Castillo Ojeda, y De Tomás Sánchez, 2017).</p> <p>(i) La tubería entre a una cubierta para interruptores, interruptores automáticos, fusibles, relés, resistencias u otros aparatos, que puedan producir arcos, chispas, o altas temperaturas; y los sellos deben estar tan cerca como sea posible de las cubiertas, en todo caso a no más de 450 mm de éstas, sin cajas de empalme o elementos similares entre el accesorio de sellado y las cubiertas de aparatos (Murillo Huamán, Castillo Ojeda, y De Tomás Sánchez, 2017).</p>

Nota: Tomado de “Áreas clasificadas como peligrosas en grifos, estaciones de servicios y gasocentros de GLP”, por Murillo Huamán et al., 2017.

3.4.1 Áreas clasificadas en las instalaciones

Las limitaciones de las áreas clasificadas se presentan en las siguientes ilustraciones.

Figura 54

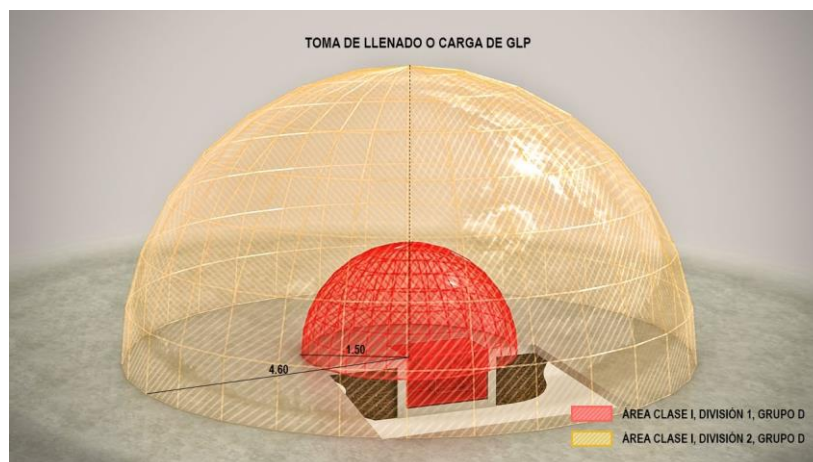
Área clasificada para el dispensador de GLP (en metros).



Nota: Tomado de “Áreas clasificadas como peligrosas en grifos, estaciones de servicios y gasocentros de GLP”, por Murillo Huamán et al., 2017.

Figura 55

Área clasificada para la toma de llenado del tanque de GLP (en metros).



Nota: Tomado de “Áreas clasificadas como peligrosas en grifos, estaciones de servicios y gasocentros de GLP”, por Murillo Huamán et al., 2017.

Figura 56

Área clasificada para las conexiones variadas en el domo del tanque de GLP (en metros).



Nota: Tomado de "Áreas clasificadas como peligrosas en grifos, estaciones de servicios y gasocentros de GLP", por Murillo Huamán et al., 2017.

Figura 57

Área clasificada para la descarga de la válvula de emergencia del tanque de GLP (en metros).



Nota: Tomado de "Áreas clasificadas como peligrosas en grifos, estaciones de servicios y gasocentros de GLP", por Murillo Huamán et al., 2017.

Figura 58

Área clasificada para la zona de bomba de GLP (en metros).



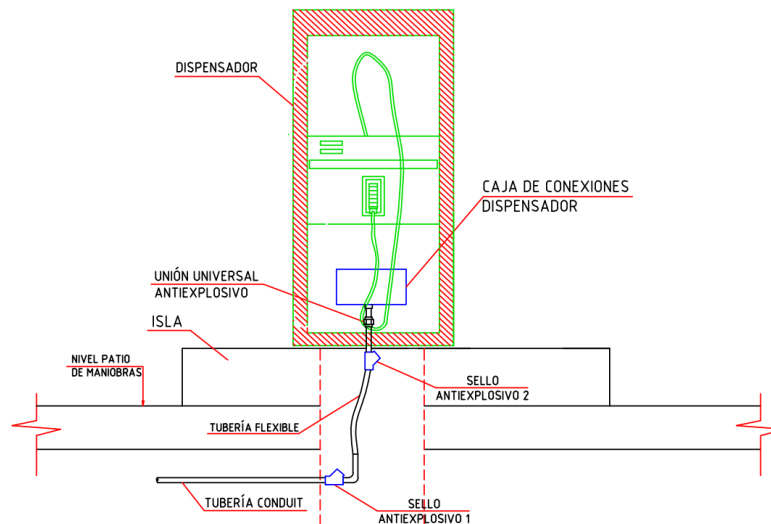
Nota: Tomado de "Áreas clasificadas como peligrosas en grifos, estaciones de servicios y gasocentros de GLP", por Murillo Huamán et al., 2017.

3.4.2 Acometida eléctrica

La instalación de sellos eléctricos y otros materiales adecuados para zonas clasificadas en partes específicas de la instalación.

Figura 59

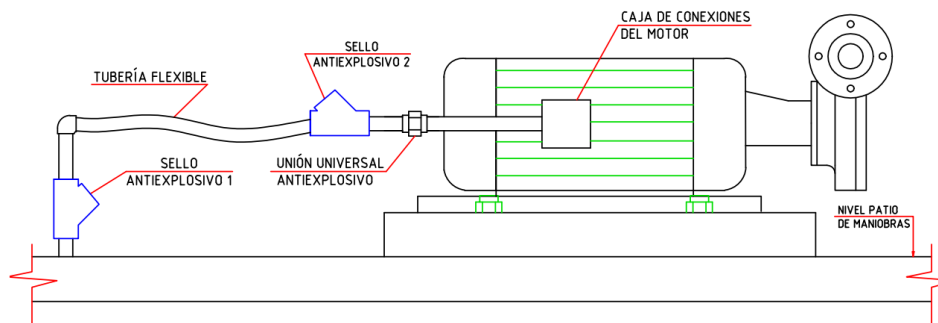
Acometida eléctrica en equipos de despacho.



Nota: Tomado de "Áreas clasificadas como peligrosas en grifos, estaciones de servicios y gasocentros de GLP", por Murillo Huamán et al., 2017.

Figura 60

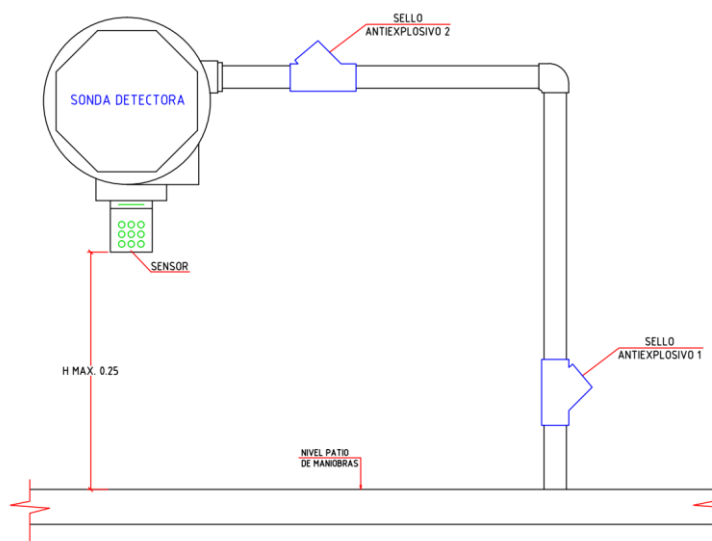
Acometida eléctrica en bombas de GLP.



Nota: Tomado de “Áreas clasificadas como peligrosas en grifos, estaciones de servicios y gasocentros de GLP”, por Murillo Huamán et al., 2017.

Figura 61

Acometida eléctrica en detectores de gases de GLP.



Nota: Tomado de “Áreas clasificadas como peligrosas en grifos, estaciones de servicios y gasocentros de GLP”, por Murillo Huamán et al., 2017.

- Precauciones de seguridad adicionales. Se han tomado precauciones adicionales para garantizar la seguridad en el establecimiento, incluidas las siguientes:
 - ✓ Se necesitan manuales e instrucciones. Es necesario que todas las actividades de recepción se documenten en forma de manuales actualizados, que incluyan información sobre los peligros potenciales y

que todo el personal operativo con capacidad para operar con GLP conozca estos requisitos.

- ✓ Formación del personal. El personal de la estación recibirá formación para operar con GLP y se actualizará siempre que sea necesario. Además, recibirán capacitaciones sobre cómo manejar correctamente los extintores, cómo prevenir incendios y qué hacer en caso de explosión o incendio.
- ✓ Realizar siempre inspecciones. Las inspecciones incluyen inspecciones visuales de las instalaciones, pruebas de las válvulas de seguridad y los dispositivos de alarma, pruebas de las luces de emergencia y otras pruebas similares.
- ✓ Elaborar planes de contingencia. Contiene disposiciones sobre medios y medidas, tanto internos como externos, para hacer frente a los peligros que puedan surgir durante el funcionamiento de la instalación.

3.4.3 Seguridad en la descarga de GLP

Antes de descargar GLP, asegurarse de que el camión cisterna está equipado con una bomba de transferencia que funciona correctamente. Se acoplará la toma a tierra a la cisterna antes de iniciar las conexiones de descarga. Durante toda la operación de descarga deberá estar presente personal cualificado.

Posibles escenarios que pueden surgir durante el funcionamiento de las instalaciones.

- Incendio de la cisterna de GLP.
- Fugas y/o derrames sin incendios.
- Incendio en área de oficinas.
- Incendios en áreas cercanas (exposición).
- Riesgo de rotura de la línea de GLP.

- Riesgo de sobre presión en la bomba de GLP.
- Riesgo de concentraciones peligrosas de GLP.
- Impacto de vehículos en las instalaciones de GLP.
- Ruptura o picadura de la manguera de trasiego.

3.5 Evaluación económica y financiera

3.5.1 Generalidades

La principal inversión está conformada por los equipos que corresponden a las nuevas instalaciones que permitan el despacho de GLP automotor en el establecimiento, se considera al tanque de almacenamiento de 5000 galones y al equipo asociado a este, como la bomba, válvulas y conexiones; los accesorios de recepción de GLP, tuberías; y el equipo de despacho, el cual conforman los dispensadores con sus accesorios, las tuberías y válvulas. Otro punto importante en la evaluación económica es el costo del sistema de protección catódica que será instalado tanto para el tanque como para las tuberías en favor de un funcionamiento correcto y un tiempo de operación garantizado de dichos equipos. Además, debido al riesgo que involucra la operación de un gas combustible, los equipos de seguridad son necesarios, para los cuales se consideran las válvulas de seguridad y detectores de fugas de gas, además de extintores que debe presentar el establecimiento (rodante y portátil).

El Valor Actual Neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (B/C) se calculan como parte del proceso de evaluación de costes para evaluar el valor y la rentabilidad de la inversión total.

Los costes de construcción y funcionamiento del gasocentro se calculan teniendo en cuenta que la venta de combustible debe ser continua, lo que significa que la instalación está abierta veinticuatro horas al día, siete días a la semana. Por otro lado, se genera el flujo de caja y se calculan los ingresos, que proceden principalmente de la venta de GLP; a partir de ahí, se calculan el VAN, la TIR y la ratio B/C.

Se considerará la evaluación económica y financiera para un período de 10 años de actividad y así evaluar la rentabilidad del proyecto en dicho período.

3.5.2 Costos de inversión

Como la ampliación de la estación de servicios requiere la instalación de nuevos equipos en el interior del área existente actual del servicentro, no es necesario adquirir nuevos terrenos por lo que el monto para la adquisición de terrenos será nulo. La inversión se realiza en la adquisición y montaje de los equipos principales, la construcción de obras civiles y la instalación de los equipos de despacho.

3.5.2.1 Equipos e instalaciones. Para la inversión en el establecimiento se consideraron los siguientes costos y gastos, que se pueden subdividir en:

3.5.2.1.1 Costos intangibles. Se considera para este apartado el estudio de riesgos para el establecimiento en funcionamiento, estudio de impacto ambiental, memoria descriptiva del proyecto de ampliación, certificaciones de la municipalidad, arquitectura, planos, plan de contingencias, pruebas de suelos (laboratorio). Dichos estudios son considerados para la construcción y para los trámites ante el Osinergmin, para obtener el Registro de Hidrocarburos que emite, donde se indica que el establecimiento cumple con las condiciones para operar como estación de servicios con gasocentro de GLP, y posteriormente poder ser habilitado por un permiso de la municipalidad para operar como tal.

Intangibles	Subtotal (US\$)
Ingeniería y supervisión	
Gastos de la ampliación	
Utilidad del contratista	
Contingencias	
Total intangibles	23977.75

3.5.2.1.2 Tanque de almacenamiento y tuberías.

Equipos	Subtotal (US\$)
Tanque enterrado de GLP de 5000 glns de capacidad, completo de válvulas, medidor y certificado de conformidad	28000.00
Bomba CORKEN - para GLP (modelo FF150)	6000.00
Sistema de telemedición (sensores y automat.)	3800.00
Tuberías	4200.00
Total	42000.00

Para el tanque de GLP, se consideran las siguientes certificaciones dentro de su costo:

- Certificado de conformidad de acuerdo con el código ASME Secc. VIII, Div. 1.
- Especificaciones del material del cuerpo y cabezales (UG-5 planchas), (UG-27, UG-32).
- Certificado de fabricación y garantía.
- Certificado de Inspección.
- Registro de ensayo radiográfico.
- Certificado ratio de tasa de corrosión.
- Certificado de prueba hidrostática.
- Certificado de prueba neumática.
- Certificado de procedimientos de pintado.
- Certificado de equipos y accesorios.

Para poder hallar el costo de las tuberías se ha tomado a este como el 40% del costo del tanque de almacenamiento de GLP.

3.5.2.1.3 Sistema de despacho. Se consideran los equipos dispensadores para la recepción de GLP y sus accesorios. Existirá una isla donde se instalarán 02 dispensadores de GLP con sus respectivos accesorios para el despacho de GLP automotor a los vehículos, entre estos se incluyen: válvula pull-away de 1 ¼" para la toma de llenado, válvula shut-off (1 ¼") para la tubería de llenado que se deberá activar mecánicamente a través de una cuerda ligada a dicha válvula y ubicada en una posición adecuada.

Equipo/accesorio	Marca	Precio unitario (US\$)	Cantidad	Subtotal (US\$)
Dispensadores	Petrotec	14500.00	2	29000.00
Pistolas (3/4")	OPW Autogas	340.00	4	1360.00
Codo giratorio (3/4")	OPW Autogas	55.00	4	220.00
Válvula break-away (3/4")	OPW Autogas	132.00	4	528.00
Válvula pull-away (1 ¼")	Rego	700.00	1	700.00
Válvula shut-off (1 ¼")	Rego	550.00	1	550.00
Total				31808.00

3.5.2.1.4 Obras civiles. Dentro de las obras civiles se tienen los siguientes trabajos: Remoción y traslado de tierras, obras de concreto simple, armado, rellenos (arena lavada de río, confitillo), canopy, estructuras metálicas, nivelado del suelo, construcción de una oficina. Dentro de las obras civiles se considera lo realizado tanto en la realización de la caja de cimentación que contendrá al tanque de almacenamiento de GLP, como el relleno que debe llevar este y a lo largo de las tuberías.

Descripción	US\$
Obras civiles	30000.00

3.5.2.1.5 Sistema de protección catódica. Se considera como cable conector del tipo HMWPE – AWG 10; 03 empalmes para las tuberías y 05 para el tanque de almacenamiento; gabinete y poste para medición y control de potencial; tanque y tuberías, con soldadura cadweld; y los shunts para medir la corriente que emiten los ánodos y permitir el control y monitoreo de la protección catódica.

MATERIALES	Unidad / metro	Precio unitario (US\$)	Subtotal (US\$)
Ánodos de magnesio	8 unid	198.00	1584.00
Cable	100 m	5.50	550.00
Empalme de derivacion	8 unid	7.20	57.60
Estacion de Nema	1 unid	270.00	270.00
Caldwell (122andy cap protecc.)	5 unid	50.00	250.00
Shunts	4 unid	35.00	140.00
Subtotal			2851.60

- Costos de instalación del sistema de protección catódica

Mano de obra	Personas	Horas	Por hora (S/.)	
Jefe de instalación	1	8	50.00	400.00
Operarios	2	10	38.00	760.00
Subtotal				S/ 1,160.00
				\$ 305.26

- Adicionales (pruebas de medición de potenciales)

	S/.	US\$
Medición de ph y medición de resistividad	1900.00	500.00
Medición de sales (cloruros, sulfatos, etc)	350.00	92.10
Mediciones de puesta en marcha	tanque	340.00
	tuberías	200.00
Subtotal		\$ 1,132.11

Dentro de las mediciones de puesta en marcha del sistema de protección catódica se tienen: Potenciales naturales, potenciales on-off, mediciones de continuidad con otras estructuras.

Entonces se tiene el costo total del sistema de protección catódica según lo siguiente:

Costo total	
(US\$)	
Sistema de protección catódica	4288.97

3.5.2.1.6 Accesorios y equipos para la seguridad en el establecimiento.

Equipo/accesorio	Marca	Precio unitario (US\$)	Cantidad	Subtotal (US\$)
Detectores de fuga de GLP	Prevent GAS	572.00	2	2288.00
Extintor rodante	Amerex	3000.00	1	3000.00
Extintor portátil	Amerex	763.00	2	1526.00
Sellos antiexplosivos	Appleton	25.00	10	250.00
Avisos de seguridad				200.00
Total				7264.00

3.5.2.1.7 Instalaciones

Instalaciones	Subtotal (US\$)
Instalaciones eléctricas	6000.00
Instalaciones mecánicas	7000.00
Total	13000.00

3.5.2.2 Inversión total en capital fijo

Activo Fijo	
Costo de los equipos ⁽¹⁾	\$ 69,209.60
Instalación ⁽²⁾	\$ 7,000.00
Control e instrumentación	\$ 3,800.00
Tuberías y accesorios	\$ 11,200.00
Material y equipo eléctrico	\$ 6,000.00
Edificios y estructuras	\$ 30,000.00
Delimitaciones ⁽³⁾	\$ 1,400.00
Equipos adicionales ⁽⁴⁾	\$ 7,264.32

Terreno	\$	-
Total Activo Fijo	\$	135,873.92
INTANGIBLES		
Ingeniería y supervisión		
Gastos de construcción		
Utilidad del contratista		
Cottingencias		
Total Intangibles	\$	23,977.75
TOTAL INVERSION FIJA	\$	159,851.67

Nota: (1) se considera el tanque de GLP (y bomba), dispensadores con sus accesorios, sistema protección catódica; (2) 10% del costo de los equipos (tabla 4); (3) porcentaje asumido de tabla (Peters), 1% del costo de los equipos; (4) se consideran a los extintores, sellos antiexplosivos, detectores gas.

3.5.2.3 Costos fijos

3.5.2.3.1 Costo de mantenimiento

Costo mantenimiento	US\$
(anual)	4800.00

3.5.2.3.2 Costo de mano de obra. Se contratará a una persona adicional a la playa del establecimiento para el despacho del combustible (en su correspondiente horario), esta persona se dedicará exclusivamente al despacho de GLP, existiendo la alternativa de que otro operario pueda colaborar en caso de mucha afluencia. El salario será el mínimo, y se laborará ocho horas al día, contratándose 3 operarios al mes.

	Horario	Sueldo	US\$
Turnos	06 - 14 hrs	S/ 1,130.00	297.37
	14 - 22 hrs	S/ 1,130.00	297.37
	22 - 06 hrs	S/ 1,130.00	297.37
Mensualmente			892.11
Subtotal – anualmente			10705.26

3.5.2.3.3 Costo del seguro de responsabilidad civil extracontractual. De acuerdo con el D.S. 019-97-EM, se requiere que una estación de servicios con gasocentro de GLP tenga garantizado en el seguro un valor por 300 UIT.

Costo seguro (anual)	US\$
	850.00

Se tiene el valor total de los costos fijos.

Costos fijos (anualmente)	US\$
	16350.81

3.5.2.4 Costos variables.

3.5.2.4.1 Inversión en energía. El consumo energético de la instalación se limitará a las necesidades energéticas de la bomba de GLP y el sistema de iluminación de la playa, así como a los equipos eléctricos de los surtidores y los sistemas de control. La bomba y los surtidores funcionan a baja potencia y de forma intermitente durante breves periodos de tiempo. Una estimación conservadora de 30 segundos es considerada para este caso. El consumo de energía de los dispositivos electrónicos de control es mínimo. La iluminación se considera un gasto común para toda la estación de servicio.

	Unidad	Precio
Potencia bomba	hp	7.5
	KW	5.59284116
Tiempo tanqueado	s	40
Consumo energético por llenado	KWh	0.06214268
Llenados por año (aprox)		36500
Energía	KWh	2268.20781
Pérdidas (10%)	KWh	226.820781
Energía total consumida	KWh	2495.02859

Costo energía (unitario)	US\$/KWh	0.25
Costo sub-total energía	US\$	632.88
Alumbrado interno, maquinas, sensores		791.10
Costo total energía		988.88

3.5.2.4.2 Agua.

Costo por m ³ de agua potable y alcantarillado	S/. 6.50	\$ 1.71
Consumo mensual	5	m ³ /mes
Consumo anual		\$ 102.63

3.5.2.4.3 Telefonía e internet

Consumo mensual	52.63
Consumo anual	631.58

Por lo tanto, se tiene lo siguiente para los costos variables

Costos variables	US\$
(anualmente)	1723.09

3.5.3 Volumen de GLP a comercializar

Se evaluó la demanda anual del departamento de Huánuco (del 2014 al 2024), y en función a estos valores, se proyectó linealmente la demanda para los próximos diez años (el cálculo de estos valores se realizará en el punto 1 del Anexo 3); en base a la pendiente que se obtuvo, se proyecta linealmente la demanda de GLP para la instalación para los próximos diez años. Esta evaluación se realizó con el fin de determinar la cantidad de GLP que se comercializará en la instalación.

AÑO	DEMANDA ANUAL (galones)
2025	185000

2026	199540
2027	214080
2028	228620
2029	243160
2030	257700
2031	272240
2032	286780
2033	301320
2034	315860

3.5.4 Precios de compra y venta del GLP

3.5.4.1 Precio de compra GLP. Para obtener los precios de compra de GLP proyectados a diez años, se analizó la data que presenta la planta de fraccionamiento Pluspetrol ubicada en la provincia de Pisco, departamento de Ica. Dicha data es emitida por la misma planta y recolectada en las plataformas de Osinergmin, de donde se obtiene el valor del precio de compra del GLP. Al evaluar los precios a lo largo de los años, desde 2020, se tiene la siguiente proyección (según el Anexo 3). En donde el costo del flete equivale al 8% del valor de cada galón.

Año	Promedio US\$/gal	Promedio (c/ flete) US\$/gal
2025	1.70	1.83
2026	1.81	1.96
2027	1.93	2.08
2028	2.05	2.21
2029	2.17	2.34
2030	2.29	2.47
2031	2.40	2.59
2032	2.52	2.72
2033	2.64	2.85

2034	2.76	2.98
------	------	------

3.5.4.2 Precio de venta GLP. En este caso en particular, se utilizó la plataforma de Osinergmin para realizar un análisis de los precios que registraron los establecimientos que venden GLP automotor en los distritos de Pillco Marca, Amarilis y Huánuco dentro de la provincia de Huánuco, entre los años 2020 y 2024. Similar evaluación se realizó para el precio de compra. Se obtuvieron los siguientes resultados (los cálculos se incluyen en el Anexo 3).

Año	Promedio US\$/gal
2025	2.18
2026	2.31
2027	2.43
2028	2.55
2029	2.68
2030	2.79
2031	2.92
2032	3.04
2033	3.16
2034	3.28

3.5.5 Evaluación económica

3.5.5.1 Estado de ganancias y pérdidas - evaluación económica

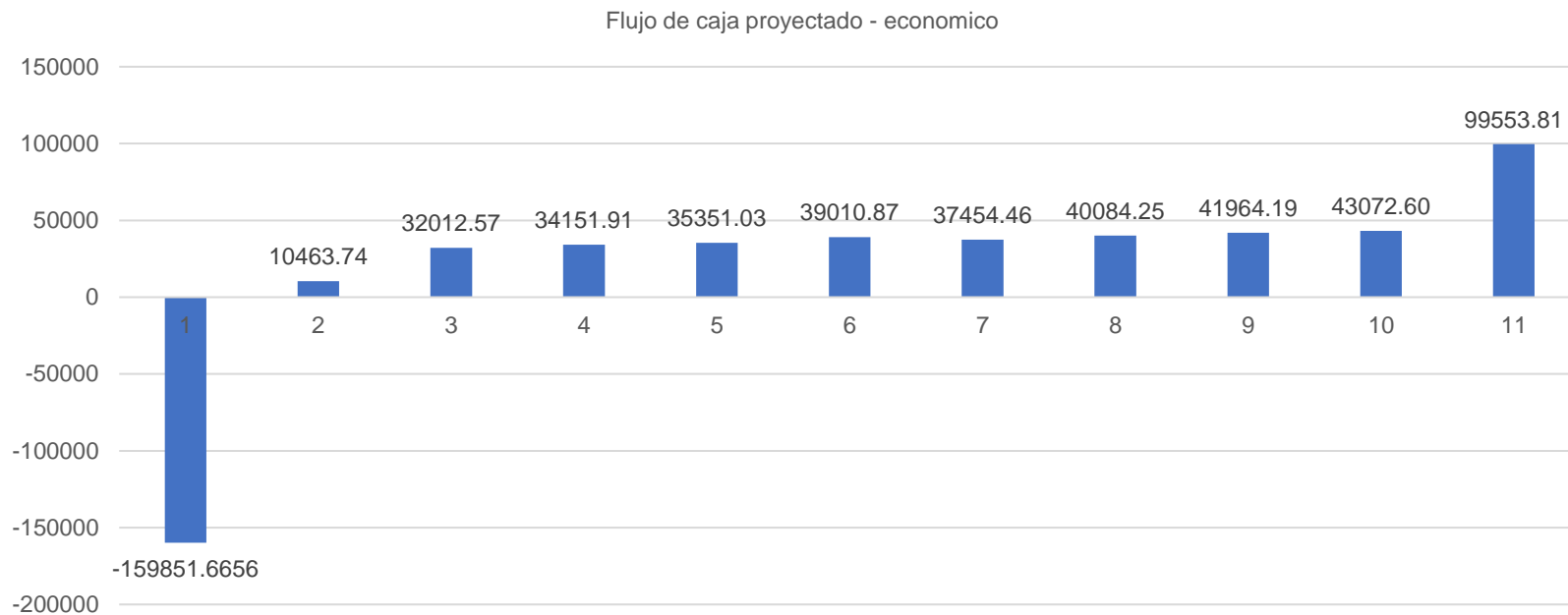
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	398458.3	454341.4	513963.1	576417.6	645771.0	712858.7	786516.9	863974.3	944271.2	1028343.1
Egresos										
Compra GLP (a dist. Mayorista)	334281.6	385386.6	440788.8	500385.5	562971.1	631436.3	699748.7	773082.4	850382.0	932709.8
Costos variables	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1
Costos fijos	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8
Gastos de producción	352355.5	403460.5	458862.8	518459.4	581045.0	649510.2	717822.6	791156.3	868455.9	950783.7
Utilidad bruta	46102.8	50880.9	55100.3	57958.2	64726.0	63348.5	68694.3	72818.0	75815.3	77559.4
Gastos administrativos	3984.58	4543.41	5139.63	5764.18	6457.71	7128.59	7865.17	8639.74	9442.71	10283.43
Gastos de ventas	1992.29	2271.71	2569.82	2882.09	3228.86	3564.29	3932.58	4319.87	4721.36	5141.72
Utilidad de operación	40125.95	44065.78	47390.89	49311.93	55039.41	52655.63	56896.51	59858.38	61651.27	62134.24
Depreciación	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39
Renta neta	26538.56	30478.39	33803.50	35724.54	41452.01	39068.23	43309.12	46270.99	48063.88	48546.85
Impuesto a la renta	7828.88	8991.12	9972.03	10538.74	12228.34	11525.13	12776.19	13649.94	14178.84	14321.32
Utilidad neta	18709.69	21487.26	23831.46	25185.80	29223.67	27543.11	30532.93	32621.05	33885.04	34225.53
Reserva legal	1870.97	2148.73	2383.15	2518.58	2922.37	2754.31	3053.29	3262.10	3388.50	3422.55
Utilidad retenida	187.10	214.87	238.31	251.86	292.24	275.43	305.33	326.21	338.85	342.26
Dividendos	16651.62	19123.66	21210.00	22415.36	26009.07	24513.36	27174.30	29032.73	30157.68	30460.72
Perdidas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3.5.5.2 Capital de trabajo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACTIVO CIRCULANTE										
Inv. GLP (10 días)										
gal/año	182500	197040	211580	226120	240660	255200	269740	284280	298820	313360
US\$/día	915.84	1055.85	1207.64	1370.92	1542.39	1729.96	1917.12	2118.03	2329.81	2555.37
US\$/gal	1.83	1.96	2.08	2.21	2.34	2.47	2.59	2.72	2.85	2.98
US\$/año	9158.40	10558.54	12076.41	13709.19	15423.87	17299.62	19171.20	21180.34	23298.14	25553.69
Cuentas por cobrar (20 días)										
US\$/día	1091.67	1244.77	1408.12	1579.23	1769.24	1953.04	2154.84	2367.05	2587.04	2817.38
US\$/año	21833.33	24895.42	28162.36	31584.52	35384.71	39060.75	43096.82	47341.06	51740.89	56347.57
ACTIVO CIRCULANTE	30991.7	35454.0	40238.8	45293.7	50808.6	56360.4	62268.0	68521.4	75039.0	81901.3
PASIVO CIRCULANTE										
Cuentas por pagar (10 días)										
US\$/día	915.8	1055.9	1207.6	1370.9	1542.4	1730.0	1917.1	2118.0	2329.8	2555.4
US\$/año	9158.40	10558.54	12076.41	13709.19	15423.87	17299.62	19171.20	21180.34	23298.14	25553.69
CAPITAL DE TRABAJO										
US\$/año	21833.33	24895.42	28162.36	31584.52	35384.71	39060.75	43096.82	47341.06	51740.89	56347.57
Δ CAPITAL DE TRABAJO										
US\$/año	21833.33	3062.09	3266.94	3422.16	3800.19	3676.04	4036.07	4244.24	4399.83	-51740.89

3.5.5.3 Flujo de caja proyectado – económico

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión											
Capital fijo	159851.66										
Δ Capital de trabajo		21833.33	3062.09	3266.94	3422.16	3800.19	3676.04	4036.07	4244.24	4399.83	-51740.89
Total inversión	159851.66	21833.33	3062.09	3266.94	3422.16	3800.19	3676.04	4036.07	4244.24	4399.83	-51740.89
Utilidad neta		18709.69	21487.26	23831.46	25185.80	29223.67	27543.11	30532.93	32621.05	33885.04	34225.53
Depreciación		13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39
Flujo neto de fondos	-159851.66	10463.74	32012.57	34151.91	35351.03	39010.87	37454.46	40084.25	41964.19	43072.60	99553.81
Aportes	159851.66	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dividendos	0	16651.62	19123.66	21210.00	22415.36	26009.07	24513.36	27174.30	29032.73	30157.68	30460.72
Saldo anual	0	-6187.88	12888.90	12941.91	12935.67	13001.81	12941.10	12909.95	12931.46	12914.92	69093.09
Caja acumulada	0	-6187.88	6701.03	19642.94	32578.61	45580.41	58521.51	71431.46	84362.92	97277.84	166370.92



Tomando en consideración una tasa de descuento real (coste del capital) del 11,9%, a continuación, se presenta el resultado de realizar un análisis del valor actual neto (VAN) y de la tasa interna de rentabilidad (TIR) con el fin de elaborar una valoración económica. (Determinación del COK en el punto 3, del Anexo 3).

TIR =	17.21%
VAN =	\$ 46192.71
B/C =	1.01

3.5.6 Evaluación financiera

Para la evaluación financiera, se tomará en cuenta los siguiente:

- Apalancamiento con una entidad financiera. Un 60% de la inversión inicial será préstamo, \$81,524.35.
- Una tasa de interés anual del 10%.
- Tasa de inflación del 3.30%,
- Forma de pago de deuda: amortización constante en 5 años.

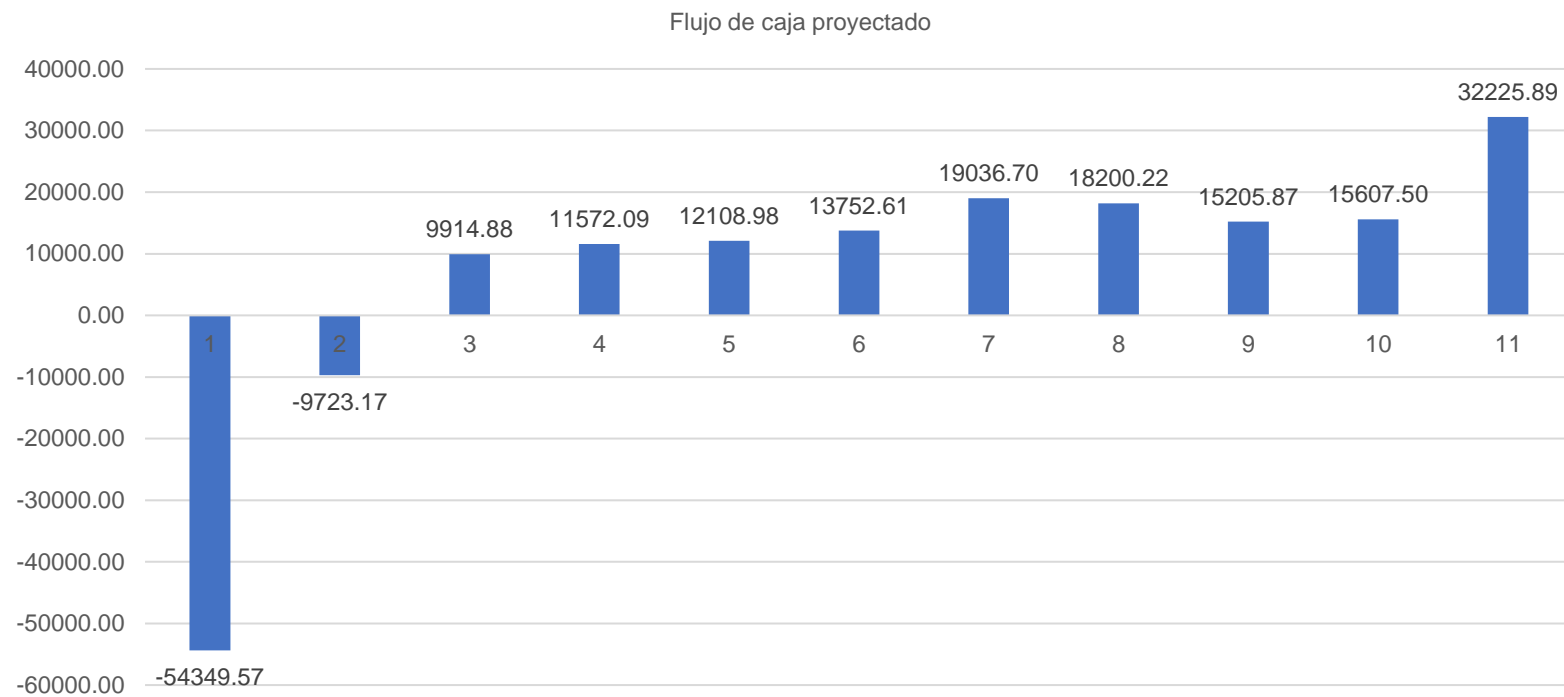
Servicio de la deuda (US\$)	Año					
	0	1	2	3	4	5
Moneda corriente						
Deuda	81524.3	65219.4	48914.6	32609.7	16304.8	-
Amortización		16304.87	16304.87	16304.87	16304.87	16304.87
Intereses		8152.43	6521.95	4891.46	3260.97	1630.49
Moneda constante						
Amortización		15784.00	15279.77	14791.64	14319.11	13861.68
Intereses		7892.00	6111.91	4437.49	2863.82	1386.17
Efecto de la inflación	0	520.87	1025.10	1513.23	1985.76	2443.19
Efecto de la inflación acumulado	0	520.87	1545.98	3059.20	5044.96	7488.16

3.5.6.1 Estado de ganancias y pérdidas - evaluación económica

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	398458.3	454341.4	513963.1	576417.6	645771.0	712858.7	786516.9	863974.3	944271.2	1028343.1
Egresos										
Compra GLP (a dist. Mayorista)	334281.6	385386.6	440788.8	500385.5	562971.1	631436.3	699748.7	773082.4	850382.0	932709.8
Costos variables	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1	1723.1
Costos fijos	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8	16350.8
Gastos de produccion	352355.5	403460.5	458862.8	518459.4	581045.0	649510.2	717822.6	791156.3	868455.9	950783.7
Utilidad bruta	46102.8	50880.9	55100.3	57958.2	64726.0	63348.5	68694.3	72818.0	75815.3	77559.4
Gastos administrativos	3984.58	4543.41	5139.63	5764.18	6457.71	7128.59	7865.17	8639.74	9442.71	10283.43
Gastos de ventas	1992.29	2271.71	2569.82	2882.09	3228.86	3564.29	3932.58	4319.87	4721.36	5141.72
Utilidad de operacion	40125.95	44065.78	47390.89	49311.93	55039.41	52655.63	56896.51	59858.38	61651.27	62134.24
Gastos financieros	7892.00	6111.91	4437.49	2863.82	1386.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Depreciación	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39
Renta neta	18646.56	24366.48	29366.00	32860.71	40065.85	39068.23	43309.12	46270.99	48063.88	48546.85
Impuesto a la renta	5500.74	7188.11	8662.97	9693.91	11819.42	11525.13	12776.19	13649.94	14178.84	14321.32
Utilidad neta	13145.83	17178.37	20703.03	23166.80	28246.42	27543.11	30532.93	32621.05	33885.04	34225.53
Reserva legal	1314.58	1717.84	2070.30	2316.68	2824.64	2754.31	3053.29	3262.10	3388.50	3422.55
Utilidad retenida	131.46	171.78	207.03	231.67	282.46	275.43	305.33	326.21	338.85	342.26
Dividendos	11699.79	15288.75	18425.70	20618.46	25139.32	24513.36	27174.30	29032.73	30157.68	30460.72
Perdidas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3.5.6.2 Flujo de caja proyectado – financiero

	0	1	2	3	4	5	6	7	9	9	10
Inversión											
Capital fijo	54349.57										
Amortización deuda		15784.00	15279.77	14791.64	14319.11	13861.68					
Δ Capital de trabajo		21833.33	3062.09	3266.94	3422.16	3800.19	3676.04	4036.07	4244.24	4399.83	-51740.89
Total inversión	54349.57	37617.33	18341.85	18058.58	17741.27	17661.86	3676.04	4036.07	4244.24	4399.83	-51740.89
Utilidad neta		13145.83	17178.37	20703.03	23166.80	28246.42	27543.11	30532.93	32621.05	33885.04	34225.53
Depreciación		13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39	13587.39
Flujo neto de fondos	-54349.57	-10884.11	12423.91	16231.84	19012.92	24171.95	37454.46	40084.25	41964.19	43072.60	99553.81
Aportes	54349.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dividendos	0.00	11699.79	15288.75	18425.70	20618.46	25139.32	24513.36	27174.30	29032.73	30157.68	30460.72
Saldo anual	0.00	0.00	-2864.84	-2193.86	-1605.53	-967.37	12941.10	12909.95	12931.46	12914.92	69093.09



Tomando en consideración una tasa de descuento real (coste del capital) del 11,9%, a continuación, se presenta el resultado de realizar un análisis del valor actual neto (VAN) y de la tasa interna de rentabilidad (TIR) con el fin de elaborar una valoración económica. (Determinación del COK en el punto 3, del Anexo 3).

TIR =	28.41%
VAN =	\$ 85367.59
B/C =	1.04

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

Según las conclusiones de este estudio, los aspectos técnicos y de seguridad para el desarrollo de las actividades de comercialización en el establecimiento se ajustan a los requisitos establecidos por Osinergmin. Esto incluye el respeto de las distancias de seguridad, la posesión del equipamiento adecuado para la operación y la presentación de los estudios correspondientes para la ampliación del establecimiento. En consecuencia, la ampliación puede llevarse a cabo tanto técnica como económicamente.

4.1 Sobre el apartado económico – financiero

En este estudio se obtuvo una TIR de 17.21% y relación B/C de 1.01 para la evaluación económica, siendo estos valores muy reducidos comparados por los obtenidos por Polo (2014), en el cual obtiene un 49% y 1.12 para la TIR y relación B/C respectivamente; en adición, Macines (2009) obtiene un TIR de 127.2% y relación B/C de 1.35. Sin embargo, para el caso de este estudio, aún con valores menores, el proyecto resulta que es rentable. Además, se ve que a medida que transcurren los años, el valor de estos indicadores disminuye, corroborando el aumento tanto de los costos iniciales de inversión como la inestabilidad e inflación que afectan a los precios futuros.

Con respecto a la evaluación financiera para este estudio, se obtuvo una TIR de 28.41% y relación B/C de 1.04, sin embargo, Polo (2014) obtiene un 34% y 1.08 para la TIR y relación B/C respectivamente; para ambas evaluaciones financieras se tienen que el porcentaje del préstamo para la inversión es el 60% del total; al igual que en el estudio de Macines (2009), se obtiene una TIR de 115.2, la cual es menor a la que obtuvo en su evaluación económica. El valor de la TIR financiera para ambos estudios mencionados pudo ser influenciada por muchos factores para que sea menor a la TIR económica, el principal puede ser el impuesto que se pagó por realizar dicho proyecto en esos anteriores años.

Tabla 42*Indicadores de la inversión*

	Evaluación económica	Evaluación financiera
TIR =	17.21%	28.41%
VAN =	\$ 46192.71	\$ 85367.59
B/C =	1.01	1.04

El costo de inversión inicial para el presente estudio resultó ser de aproximadamente US\$ 160000, del cual la inversión en activos fijos fue de US\$ 136000, lo que representa aproximadamente un 85% de la inversión total; así mismo Polo (2014) obtiene una inversión en activos fijos del 90% y Macines (2009) un 85%; esto nos indica que el costo en intangibles es muy inferior al costo de activos fijos para proyectos de establecimientos de combustibles, pudiendo llegar a ser un 10% de este valor.

De acuerdo con la proyección a futuro de los precios, se ve un incremento constante a lo largo del tiempo tanto para los precios de compra como los de venta de GLP. Sin embargo, se requiere siempre una previsión de los posibles inconvenientes a futuro, donde se puede incluir el aumento excesivo del precio internacional del GLP automotor, generación de nuevas fuentes de energía en la región. En la siguiente tabla se tienen los precios de compra y venta de GLP proyectados a futuro, con la herramienta Forecast, basándonos en precios históricos obtenidos de la plataforma de Osinergmin.

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Precio compra (US\$/gal)	1.83	1.96	2.08	2.21	2.34	2.47	2.59	2.72	2.85	2.98
Precio venta (US\$/gal)	2.18	2.31	2.43	2.55	2.68	2.79	2.92	3.04	3.16	3.28

4.2 Sobre el apartado técnico

En este estudio se obtiene que se requiere un espesor (comercial) de plancha, para la construcción del tanque de GLP, de 18 mm para el cuerpo cilíndrico y de 12.7 mm para las tapas; lo cual, no difiere en los valores proporcionados por una empresa que fabrica dichos tanques de GLP, la cual brinda una ficha técnica del tanque, que cuenta con espesores de 16 mm para el cuerpo cilíndrico y de 12.5 mm para las tapas. Esta diferencia entre espesores se debe a que el tanque soporta mayor presión en el cuerpo cilíndrico por lo que la plancha requiere un mayor espesor para esta sección.

Tabla 43

Resultados del dimensionamiento del tanque de GLP

Radio		1.33 m
Longitud total		4.92 m
Volumen total		5000 galones
Tipo		Enterrado
Espesor	Cabezales	12.7 mm acero SA-612
	Cuerpo	18 mm acero SA-612

Macines (2009), en el apartado de protección catódica, indica que se requieren 04 ánodos de magnesio para el tanque de GLP de 5000 galones a instalar, con un área de 41 m² en un suelo de 2000 Ω -cm de resistividad, mientras que para este estudio, se requieren 06 ánodos distribuidos simétricamente alrededor del tanque, de área 52 m², ubicado en un suelo de 7000 Ω -cm, ambos valores aunque no están lejanos, difieren en el método de determinación, ya que Macines (2009) se basa en el método del peso para determinar la cantidad de ánodos de sacrificio, y en el presente estudio se determina mediante el uso combinado del método del peso y del método eléctrico, el cual considera más variables en la determinación de la cantidad de ánodos.

Tabla 44*Resultados sistema de protección catódica*

	Tanque GLP	Tuberías
Numero de ánodos de magnesio (17 lb)	06	02
Tiempo vida sistema	62 años	115 años
Tipo instalación	Ánodos verticales	Ánodos horizontales
Corriente suministrada	0.135 A	0.064 A

De acuerdo con el estudio realizado por Polo (2014), la demanda de GLP automotor resultante en Huancayo fue cercana de la mitad del total del departamento, lo cual es ratificado en este estudio, donde se obtiene que por lo menos el 40% de la demanda de GLP del departamento (de 11 provincias) pertenece a la capital. La concentración de los establecimientos que comercializan GLP en los departamentos se da principalmente en las capitales.

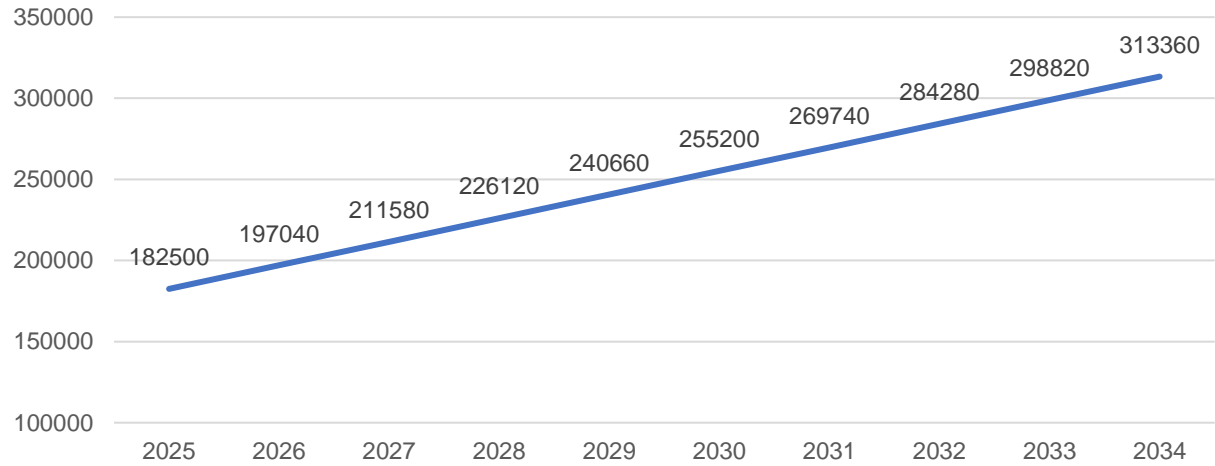
En este estudio se evalúa la proyección de la demanda en el apartado 3.5.3, a lo largo de 10 años, hasta el 2034, para poder tener un mejor análisis de la situación a futuro del volumen de venta que manejará el establecimiento, esta proyección se realiza de manera escalonada sin considerar posibles fluctuaciones exageradas; sin embargo, Polo (2014) no considera esta evaluación de la proyección en el futuro, por lo que trabaja con un volumen de compra/venta estático influyendo en los resultados posteriores.

De acuerdo con la información mostrada en el Anexo 3, la demanda de GLP automotor a nivel departamental fue creciente entre los años 2014 y 2024. En consecuencia, se reprodujo este crecimiento para la demanda de GLP en la instalación, considerando una tendencia lineal para los diez años siguientes según este estudio. Tras el descubrimiento de la pendiente del gráfico de tendencia para la demanda de GLP a nivel de departamento, se utilizó la misma pendiente para determinar la demanda que tendrá la instalación en el transcurso de los diez años

siguientes. Teniendo en cuenta que está situada en un lugar favorable para la venta de combustibles, el volumen de su comercialización se ampliará considerablemente.

Tabla 45

Volumen proyectado a comercializar anualmente por el establecimiento (en galones)



De acuerdo con la Tabla 23, se tiene que, en los distritos de Amarilis, Huánuco y Pillco Marca, se demandan aproximadamente un volumen diario total de 14000 galones de GLP automotor, siendo este un volumen ponderado en función a la población en la provincia, por lo que no se ha considerado dentro de la ponderación a los transportistas que compran GLP y se trasladan hacia otras localidades o los que compran no solamente en estos distritos, sino en otros al realizar sus actividades.

Se determinaron la cantidad de vehículos y la demanda (ideal) por distritos en función a la demanda regional que se tiene del combustible (valor dado por Osinergmin), obteniéndose lo siguiente para los distritos de Amarilis, Huánuco y Pillco Marca, que son los más cercanos al establecimiento en estudio.

Tabla 46

Comparación demanda GLP – cantidad vehículos

Demanda diaria de GLP automotor	12700 galones
---------------------------------	---------------

Número de vehículos a GLP	17115 vehículos
Promedio diario	0.74 galones/vehículo

El valor obtenido en la tabla es muy inferior a lo que realmente un vehículo es capaz de abastecerse diariamente para el desempeño de sus labores. El valor diario promedio para un vehículo que desempeña funciones de taxi/colectivo es de alrededor de 3.5 – 4 galones de GLP automotor. Por lo que el valor hallado de 1.35 galones por día es muy inferior, haciendo que este mercado de venta de GLP sea atractivo para el inversor, al menos hasta ahora.

4.3 Sobre el apartado de seguridad

Se tienen que implementar varios accesorios para el funcionamiento correcto y seguro del establecimiento, estos son puestos por recomendaciones establecidas en los códigos y normas nacionales e internacionales. Dentro de los principales accesorios a implementar en las instalaciones de la ampliación del establecimiento se tienen:

Zona	Accesorios principales de seguridad
Área del patio de maniobras	02 extintores de rating 10A:160B:C y en adición 01 extintor rodante de rating 30A:240B:C, ambos de marca Amerex y con certificación UL.
	Carteles preventivos
Sistema de tuberías	Válvula by pass (presión diferencial)
	Válvulas de alivio de presión hidrostática
Zona de despacho	Válvula break-away (manguera)
	Conexión a pozo tierra
Zona de transferencia de GLP	Válvula pull-away
	Válvula de cierre de emergencia
Zona del tanque de GLP	Válvula de seguridad
	Válvula de exceso de flujo
Establecimiento en general	Accesorios aptos para trabajar en área clasificadas (clase I, división I o II)
	Sellos antiexplosivos y acometidas eléctricas
	Interruptores de corte de energía

En el Anexo 5 se tiene un layout de la ubicación que corresponde a los equipos y accesorios mencionados anteriormente.

Conclusiones

En cuanto al objetivo general de la investigación, pudimos obtener indicadores económico-financieros, como un valor actual neto (VAN) de US\$ 9334.3, una tasa interna de retorno (TIR) del 28,92% y una relación beneficio-coste (B/C) de 1.04. Estos indicadores son atractivos para el propósito de invertir en la expansión del establecimiento de venta de GLP automotor. Además, desde el punto de vista técnico, el proyecto puede construirse en cumplimiento de los criterios de seguridad necesarios.

Como se vio en el apartado de precios de compra y venta proyectados para el GLP, se visualiza que estos van en aumento cada año; por lo que mientras no se mejore la cadena de comercialización de GLP a lo largo del interior del país, o no se prioricen y materialicen proyectos energéticos de gran envergadura, se seguirá teniendo al GLP como principal combustible para el desarrollo de las actividades comerciales, haciendo que las provincias emergentes dependan más de este combustible, que a la vez se va volviendo más caro, por su mayor importación.

Debido a la fuerte rentabilidad que generan para el inversor y (sobre todo) al bajo coste en comparación con la gasolina, la proliferación de gasocentros de GLP automotor en todo el país seguirá expandiéndose. Además del gas natural, es importante destacar que es más respetuoso con el medio ambiente que el diésel y la gasolina, ya que ambos combustibles producen mayor contaminación en su combustión. Dándole al GLP automotor una doble ventaja.

Se diseñó el sistema de protección catódica para el tanque de almacenamiento de GLP y la red de tuberías, donde se obtuvo que el tiempo de vida del sistema es mucho mayor que del proyecto; sin embargo, eso no indica que no se deban realizar inspecciones totales cada cierto tiempo, ya que pueden existir fallas a lo largo de la operación. Un posicionamiento de manera simétrica de los ánodos de sacrificio genera una mejor protección a los equipos.

De acuerdo con la evaluación de seguridad para la ampliación del establecimiento. Se tiene que, siguiendo los lineamientos en normativas nacionales e internacionales, sí puede

implementarse un sistema de seguridad integrado para la operación de este. Donde se consideran los siguientes puntos: áreas clasificadas según la NFPA 70; medidas de seguridad con respecto a líneas de alumbrado público, generadores eléctricos; elección y ubicación correcta de extintores con certificación UL; accesorios de seguridad como válvulas de seguridad y de exceso de flujo en el tanque, válvulas de la bomba de GLP y válvulas en los dispensadores; medidas complementarias como carteles y avisos de seguridad; delimitaciones de áreas en momentos críticos (cuando se llena el tanque de almacenamiento o cuando se da su mantenimiento).

La poca cantidad de establecimientos que comercializan GLP automotor en las provincias y el constante aumento de la demanda de este combustible en la región nos da un indicador de la baja democratización del uso de este combustible y el bajo impulso que recibe, ya que el combustible está principalmente centralizado en las capitales. Concentrándose así la construcción de establecimientos que comercializan GLP en los distritos capitalinos.

Recomendaciones

La evaluación económico-financiera se centró únicamente en la ampliación del establecimiento para la comercialización de GLP automotor, descuidando los costes asociados a la operación y mantenimiento de otras instalaciones. Es aconsejable que los futuros estudios abarquen un análisis exhaustivo de un establecimiento, incluyendo instalaciones de combustible líquido, GLP en cilindros, GNV, y cualquier área adicional como los minimarkets. Todo esto en función de comprender mejor el margen de beneficios, la inversión total y la rentabilidad del proyecto.

En el presente estudio se evalúa la protección catódica con ánodos de sacrificio, dejándose pendiente la evaluación de la protección catódica por corriente impresa. Tal vez no para un establecimiento de las mismas dimensiones y servicios que ofrece este mismo, sino para uno que comercializa más combustibles y tenga mayor capacidad de venta.

Es necesario hacer un estudio basado en la posibilidad de establecer una planta de abastecimiento de GLP en un punto intermedio entre las regiones de la costa y sierra-selva, reduciendo así el riesgo de desabastecimiento de este combustible que puedan tener las regiones del interior del país o en su defecto reduciendo el tiempo de desabastecimiento. Por lo que se recomienda que pueda realizarse un estudio para la instalación de una planta de abastecimiento de GLP según lo indicado anteriormente.

El presente estudio se basa en el diseño y la construcción de un tanque metálico de GLP bajo el ASME sección VIII, por lo que sería recomendable analizar la viabilidad de la instalación de un tanque de GLP de un material diferente, como con plástico reforzado con fibra. A pesar de no estar permitida su construcción en la normativa peruana para establecimientos de venta al público, por lo que sería recomendable dicho análisis y así sentar las bases para una oportunidad futura.

Es importante hacer una más certera contabilidad de los vehículos a GLP que puedan existir dentro de la localidad de Huánuco, ya que en este estudio se consideran los que el MTC, según datos oficiales indica que existen, generalizando tanto a los mototaxis y a los vehículos menores que sean usuarios de GLP automotor.

Es importante que se conozca y difundan las implicaciones de seguridad que se deben tener en los establecimientos que comercializan GLP y otros combustibles, conocer las entidades internacionales que dictan Códigos y estos mismos para un mejor manejo de combustibles, para que así la sociedad se vea más comprometida con su seguridad y no se actúe de manera irresponsable.

Es cierto que el GLP es de gran ayuda a nivel mundial para combatir la pobreza energética, por lo que a nivel del país no se deben descuidar temas como la seguridad energética, el GLP empieza a verse escaso para satisfacer la demanda del mercado local es en ese caso, que se recurre a la importación aumentando los precios y a lo largo tal vez no se mejore el acceso a este combustible. Por lo que es necesario recurrir a otras fuentes, la masificación del uso del gas natural es una de las mejores opciones que se tiene actualmente, así como la generación de hidrógeno verde e hidrogeno azul.

Referencias bibliográficas

- Adaniya Higa, B. (2019). Abastecimiento de gas licuado de petróleo (GLP) - Análisis causal de los factores que lo impactan mediante análisis multivariable. (*Tesis Doctoral*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- American Petroleum Institute (API). (1996). *Cathodic protection of underground petroleum storage tanks and piping systems*.
- ARGUS MEDIA. (2023). *Statistical Review of global LPG*. Obtenido de <https://www.smf.com.sg/wp-content/uploads/2024/07/WLPGA-Statistical-Review-2023.pdf>
- Bahadori, A. (2014). Chapter 12 - Liquefied Petroleum Gas (LPG) Recovery. En A. Bahadori, *Natural Gas Processing* (págs. 547-590). Nueva Gales del Sur: Gulf Professional Publishing.
- Berk, J., & De Marzo, P. (2008). *Finanzas corporativas*. Pearson Education.
- Consortio Camisea. (2023). *Informe de sostenibilidad 2022*. Lima. Obtenido de <https://camiseaesenergia.pe/wp-content/uploads/2023/11/Informe-de-Sostenibilidad-Camisea-2022.pdf>
- Cordano, A., De La Cruz Sandoval, R., Jaramillo, F., & Llocle Sosa, J. (2017). *Análisis del mercado de GLP para dos regiones del Perú: Lima y Lambayeque*. GERENCIA DE POLÍTICAS Y ANÁLISIS ECONÓMICO.
- Corrales Mollo, E. (2021). *Modificación de una estación de servicios con gasocentro de GLP para la instalación de un establecimiento de venta al público de gas natural vehicular, con suministro eléctrico basado en energía solar*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Falkiner, R. J. (2003). Liquefied Petroleum Gas. En G. E. Totten, *Fuel and Lubricants Handbook* (págs. 31-59). West Conshohocken: ASTM International.

- Flores Ubals, V. (2022). *Estudio y diseño de estaciones de servicio sostenibles*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- GASNOVA (Asociación Colombiana de GLP). (2024). *Informe anual del sector GLP*. Bogotá. Obtenido de https://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2024/08/InformeGLP_2023-2024_OK.pdf
- Gerencia de Políticas y Análisis Económico - OSINERGMIN. (2021). *Análisis del Mercado de Hidrocarburos*. Lima.
- Gomes, L. (1995). *SISTEMAS DE PROTEÇÃO CATÓDICA*. Brasil.
- González León , J. (2017). *Diseño de una Estación de Servicio*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- INDECOPI. (2012). *NTP 321-123:2012*. Lima.
- INDECOPI. (2022). *Informe de Lanzamiento del Estudio de Mercado sobre Combustibles Líquidos y Gas Licuado de Petróleo en el Perú*. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. Lima: Dirección Nacional de Investigación y Promoción de la Libre Competencia.
- Jamanca Echevarria, J., & Meregildo Marines, G. (2017). Estudio y diseño de ampliación de un Grifo a Estación de Servicio con Gasocentro de GLP de uso vehicular de 3200 galones de capacidad. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Energía*. Universidad Nacional del Santa, Chimbote.
- Kaiser, M., & Gary, J. (2009). Refinery Cost Functions in the U.S. Gulf Coast. *Petroleum Science and Technology*, 168-181.
- Krzysiak, Z., Samociuk, W., Bartnik, G., Plizga, K., Dzik, D., Kaliniewicz, Z., . . . Otto, T. (2017). Analysis of tank safety with propane-butane on LPG. *Polish Journal of Chemical Technology*, 99-102.
- Leffler, W. (2008). *Petroleum Refining in nontechnical language*. Oklahoma: PennWell Corporation.

- Macines Romero, C. N. (2009). Estudio de ampliación de un servicentro con gasocentro de GLP de uso automotriz de 5 000 galones de capacidad. *Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Macroconsult. (28 de Setiembre de 2021). *Revista de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía*. Obtenido de Desde Adentro: <https://www.desdeadentro.pe/2021/09/el-gas-de-camisea-es-de-los-peruanos/#:~:text=Camisea%20produce%20el%2075%25%20del,y%20sujeto%20a%20variaciones%20internacionales>.
- Megyesy, E. (1989). *Manual de recipientes a presión*. México D.F.: Limusa.
- Ministerio de Energía y Minas. (1994, 10 de enero). *Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo*. Lima: Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/886877/DS-001-94-EM.pdf?v=1593181543>
- Ministerio de Energía y Minas. (2006). Código Nacional de Electricidad. Lima, Perú.
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Memoria anual de gestión - FISE*. Lima. Obtenido de https://fise.gob.pe/pags/PublicacionesFISE/MEMORIA_ANUAL_FISE_2020.pdf
- Ministerio de Energía y Minas. (2023). *Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2022*. Ministerio de Energía y Minas, Lima. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5223379/4702707-anuario-2022-consolidado_version-final-03-10-23_re.pdf?v=1697141858
- Mishra, D., & Rahman, A. (2003). An experimental study of flammability limits of LPG/air mixtures. *Fuel*, 863-866.
- Morganti, K., Foong, T., Brear, M., da Silva, G., Yang, Y., & Dryer, F. (2013). The Research and Motor octane numbers of Liquefied Petroleum Gas (LPG). *Fuel*, 108, 797-811.
- Murillo Huamán, V., Castillo Ojeda, G., & De Tomás Sánchez, J. (2017). *Áreas clasificadas como peligrosas en grifos, estaciones de servicios y gasocentros de GLP*. Lima.

- Polo, O. J. (2014). Ampliación de una Estación de Servicios para satisfacer la demanda de GLP del parque automotor de Huancayo. *Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Presidencia de La Reepública. (2002, 16 de octubre). *Decreto Supremo N° 032-2002-EM*. Lima: Diario El Peruano. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/728461-032-2002-em>
- Presidencia de La República. (1997, 04 de setiembre). *Decreto Supremo N° 019-97-EM*. Diario El Peruano. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/5136605-019-97-em>
- Presidencia de La República. (2020, 21 de abril). *Decreto Supremo N° 009-2020-EM*. Lima: Diario El Peruano. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/580156-009-2020-em>
- Reders, K., Schmidt, M., & Schütze, A. (2022). Natural Gas. En A. Schütze, *Handbook of fuels* (págs. 126-127). Hamburgo: WILEY-VCH GmbH.
- Robert J., F. (2003). Liquefied Petroleum Gas. En G. Totten, S. Westbrook, & R. Shah, *Fuels and lubricants handbook : technology, properties, performance, and testing* (págs. 32-59). Maryland.
- Rodriguez, A., & Llerena, M. (2019). *Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles derivados del Petróleo: el caso del GLP envasado*. Lima: Osinergmin.
- RPP Noticias. (23 de Agosto de 2023). *Contrabando de GLP se beneficia de subsidio del Estado*. (R. Noticias, Productor, & RPP Noticias) Obtenido de YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=OgdEjvhvFRs&ab_channel=RPPNoticias
- Salas Llatas, J. (2019). *Proyecto para la instalación de planta envasadora de gas licuado de petróleo en el distrito de Bagua Grande - Utcubamba - Amazonas*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2019.

- Schütze, A., & Elvers, B. (2022). Introduction, History of Alternative Fuels. En A. Schütze, & B. Elvers, *Handbook of fuels*. Hamburgo: WILEY-VCH GmbH.
- Schütze, A., & Reders, K. (2022). Introduction. En A. Schütze, & B. Elvers, *Handbook of Fuels* (págs. 23 - 68). Hamburgo: Wiley.
- Seguel, R., Mancilla, C., & Sakamoto, P. (2018). Continuous Measurement of Odorant Composition for Liquefied Petroleum Gas. *Chemical Engineering Transactions*, 68, 331-336.
- Shell Deutschland Oil. (2015). *LPG as energy carrier and fuel*. Hamburgo: Shell LPG study.
- Sociedad Peruana de Gas Licuado (SPGL). (Agosto de 2023). *Sector Economía*. Obtenido de La República: <https://larepublica.pe/economia/2023/08/08/glp-para-uso-vehicular-mas-de-650000-vehiculos-ya-usan-este-combustible-en-el-pais-139096>
- Stewart, M., & Arnold, K. (2008). Mechanical Design of Pressure Vessels. En M. Stewart, *Gas-Liquid And Liquid-Liquid Separators* (págs. 175-203).
- Tamayo, J., & Quintanilla, E. (2017). *Análisis sobre seguridad energética: el caso peruano*. Lima: Osinergmin.
- Tamayo, J., Salvador, J., Vásquez, A., & De la Cruz, R. (2015). *La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país*. OSINERGMIN. Lima: OSINERGMIN.
- Tauseef, S., Abbasi, T., & Abbasi, S. (2010). Risks of fire and explosion associated with the increasing use of liquefied petroleum gas. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 322-333.
- Taylor, R. (2000). Liquefied Petroleum Gas. En C. Ley, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Alemania: John Wiley & Sons, Inc.
- Thompson, S., Robertson, G., & Johnson, E. (2011). Liquefied Petroleum Gas. En C. Ley, *ULLMANN'S Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

- Thompson, S., Robertson, G., Myers, R., & Schütze, A. (2022). Liquefied Petroleum Gas. En A. Schütze, *Handbook of Fuels* (págs. 101-116). Hamburgo: WILEY-VCH GmbH.
- Tudiarío. (03 de 07 de 2023). *Más de 110 mil vehículos generan el caos en calles de la ciudad de Huánuco*. Obtenido de tudiaríohuanuco: <https://tudiaríohuanuco.pe/actualidad/mas-de-110-mil-vehiculos-generan-el-caos-en-calles-de-la-ciudad-de-huanuco/>
- Vásquez Cordano, A., De la Cruz Sandoval, R., Coello Jaramillo, F., & Llocle Sosa, J. (2017). *Análisis del mercado de GLP para dos regiones del Perú: Lima y Lambayeque*. Lima: Gerencia de Políticas y Análisis Económico.
- Vásquez, A. (2006). Revista de la Competencia y la Propiedad Intelectual. *La organización económica de la industria de hidrocarburos en el Perú: El mercado del gas licuado de petróleo*. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Lima.
- Vilca Ccalli, R. (2013). Optimización Técnico Económica del Grifo Universitario de la UNJBG, mediante la instalación adicional de un gasocentro de expendio de GLP para uso automotor en la región Tacna. *Tesis para optar el Título Profesional de INGENIERO MECÁNICO*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.
- WLPGA. (2023). *Autogas Incentive Policies*.
- WLPGA. (06 de 08 de 2023). *WLPGA: Key focus areas*. Obtenido de Autogas: <https://www.wlpga.org/key-focus-areas/autogas/>
- WLPGA, Argus Media. (2023). *Statistical Review of global LPG*.
- World LPG Association (WLPGA), United Nations Environment Programme (UNEP). (2018). *Guidelines for Good Safety Practice in the LPG Industry*. Obtenido de <https://www.worldliquidgas.org/wp-content/uploads/2019/02/Draft-Good-Safety-Practices-Update-301218-v3.pdf>

Anexos

Anexo 1: Procedimiento para el cálculo de espesor del tanque	2
Anexo 2: Cálculos y valores para el diseño del sistema de protección catódica	8
Anexo 3: Desarrollo de la evaluación económica y financiera	13
Anexo 4: Reglamentos nacionales e internacionales	29
Anexo 5: Diagramas de representación del establecimiento	33

Anexo 1: Procedimiento para el cálculo de espesor del tanque

1. Cálculo de espesores

Para el cálculo de los espesores se hace uso de las siguientes variables:

P =	Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida (lb/plg ²)
S =	Valor del esfuerzo máximo del material lb/plg ²
E =	Eficiencia de la junta
R =	Radio interno (plg)
D =	Diámetro interno (plg)
t =	Espesor de pared (plg)
C.A. =	Margen por corrosión (plg)

De acuerdo con lo indicado, se tienen los siguientes valores para las variables dadas anteriormente y su procedimiento de cálculo.

- La presión máxima de trabajo (MAWP) para los tanques de almacenamiento de GLP será de 1,7 MPa (250 psi), según lo mencionado en el numeral 5.1.4 de la NTP 321.123:2012. Por lo que se hace uso de este valor para el diseño del espesor del tanque de almacenamiento.
- Las soldaduras en las juntas serán inspeccionadas en su totalidad, y al ser “uniones a tope obtenidas mediante soldadura doble o por otros medios que permitan obtener la misma calidad de metal de soldadura depositado en las superficies de soldadura internas y externas para cumplir con los requisitos de UW-35” de acuerdo con la Tabla UW-12 (ASME secc. VIII div. 1, “Eficiencias máximas permitidas para uniones soldadas”) se tiene en ese caso, que el valor de eficiencia para la junta será de 1.
- El radio interno del tanque de almacenamiento fue hallado en el apartado 3.3.2.7.2.
- El margen de corrosión no proviene directamente del Código ASME sección VIII división 1, sino debe ser especificada de acuerdo con lo que indica el fabricante y normalmente tiene que ver con las condiciones externas donde se ubicará el tanque

de almacenamiento de GLP. De acuerdo con Bahadori (2014), un valor mínimo de 1.5 mm debe ser previsto para un acero al carbono. Y de acuerdo con Stewart y Arnold (2008), un margen de corrosión de 0.125 pulgadas debe ser usado para ambientes no corrosivos. Para el caso actual se tomará como valor 0.0625 pulgadas (1.5875 mm).

- Para hallar el valor del esfuerzo para el acero, Acero SA-612, empleado en la construcción del tanque de almacenamiento, se hará uso de la normativa ASME sección II parte D – Materiales. De acuerdo con la Tabla A- 1 y Tabla A- 2 se tiene que para un espesor de plancha de Acero SA-612 entre 12.5 mm y 25 mm, la temperatura límite a soportar por el material usado para un tanque diseñado de acuerdo con ASME secc. VIII div. 1 es de 343 °C. Con este valor nos dirigimos a la Tabla A- 3 para obtener el Esfuerzo Máximo Admisible, teniendo el Acero SA-612 un valor de 159 MPa hasta una temperatura no mayor a 100 °C.

Tabla A- 1

Tabla para ubicar el espesor (plancha Acero SA-612)

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Classes 2 and 3; Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Alloy Desig./ UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size/ Thickness, mm	P-No.	Group No.
# 1	Carbon steel	Plate	SA-612	...	K02900	...	12.5 < t ≤ 25	10C	1
# 2	Carbon steel	Plate	SA-612	...	K02900	...	≤12.5	10C	1
3	Carbon steel	Plate	SA-738	B	K12007	...	...	1	3
4	Carbon steel	Forgings	SA-372	C	K04801	...	...	...	...
5	Carbon steel	Plate	SA-724	A	K11831	...	...	1	4
6	Carbon steel	Plate	SA-724	C	K12037	...	...	1	4
7	Carbon steel	Plate	SA-724	B	K12031	...	...	1	4
8	C-Mn-Si-Cb	Plate	SA-737	B	K12001	...	...	1	2
9	C-Mn-Si-Cb	Plate	SA/AS 1548	PT490N	...	Normalized	≤150	1	2
10	C-Mn-Si-Cb	Plate	SA/AS 1548	PT490NR	...	Norm. rld.	≤150	1	2
11	C-Mn-Si-Cb	Plate	SA/GB 713	Q370R	...	Normalized	36 < t ≤ 60	1	2
12	C-Mn-Si-Cb	Plate	SA/GB 713	Q370R	...	Normalized	16 < t ≤ 36	1	2
13	C-Mn-Si-Cb	Plate	SA/GB 713	Q370R	...	Normalized	10 ≤ t ≤ 16	1	2
14	C-Mn-Si-V	Plate	SA-737	C	K12202	...	...	1	3
15	C-Mn-Si-V-Cb	Plate	SA-656	T3	...	...	≤50	1	1
16	C-Mn-Si-V-Cb	Plate	SA-656	T7	...	...	≤50	1	1
17	C-Mn-Si-V-Cb	Plate	SA-656	T3	...	...	≤40	1	2
18	C-Mn-Si-V-Cb	Plate	SA-656	T7	...	...	≤40	1	2

Tabla A- 2

Valores de tensión para el Acero SA-612

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Min. Tensile Strength, MPa	Min. Yield Strength, MPa	Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only)				External Pressure Chart No.	Notes
			I	III	VIII-1	XII		
1	560	345	NP	371	343	343	CS-3	T1
2	570	345	NP	343	343	343	CS-3	...
3	585	415	NP	343	343	343	CS-5	...
4	620	380	NP	NP	343	343	CS-3	W11
5	620	485	NP	NP	371	343	CS-5	...
6	620	485	NP	NP	371	343	CS-5	...
7	655	515	NP	NP	371	343	CS-5	...
8	485	345	NP	371	371	343	CS-3	T1
9	490	...	538	NP	538	NP	CS-2	G10, G18, S1, T1
10	490	...	538	NP	538	NP	CS-2	G10, G18, S1, T1
11	520	340	427	NP	NP	NP	CS-3	T1
12	530	360	427	NP	NP	NP	CS-3	T1
13	530	370	427	NP	NP	NP	CS-3	T1
14	550	415	NP	371	371	343	CS-3	...
15	414	345	NP	NP	NP	343	...	...
16	414	345	NP	NP	NP	343	...	...
17	483	414	NP	NP	NP	343	...	...
18	483	414	NP	NP	NP	343	...	...

Tabla A- 3

Tensión máxima admisible para el Acero SA-612

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Maximum Allowable Stress, MPa (Multiply by 1000 to Obtain kPa), for Metal Temperature, °C, Not Exceeding															
Line No.	40	65	100	125	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475
1	159	159	159	158	157	156	156	155	155	149	133	...	...	...	...
2	163	163	163	162	161	160	160	157	154	151	...	...	...	...	...
3	168	168	168	168	168	168	168	167	165	163	...	...	...	...	...
4	177	177	177	177	177	177	177	177	175	166	...	...	...	...	...
5	177	177	177	176	175	173	173	173	173	165	148	...	...	...	...
6	177	177	177	176	175	173	173	173	173	165	148	...	...	...	...
7	187	187	187	186	185	183	183	183	179	165	158	...	...	...	...
8	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	135	...	...	...	...
9	140	140	140	140	140	140	140	140	140	139	123	101	83.8	67.0	51.0
10	140	140	140	140	140	140	140	140	140	139	123	101	83.8	67.0	51.0
11	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	133	107	88.1	67.6	...
12	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	133	107	88.1	67.6	...
13	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	133	107	88.1	67.6	...
14	158	158	158	158	158	158	158	158	158	155	135	...	...	...	...
15	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	...	...	...	...	...
16	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	...	...	...	...	...
17	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	...	...	...	...	...
18	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	...	...	...	...	...

2. Cálculo de las dimensiones del tanque de almacenamiento

De acuerdo con la siguiente fórmula

$$V_{neto} = 0.85 * \left[\pi R^2 * (L - 2R) + \frac{4 * \pi * R^3}{3} \right] - \left[\frac{\pi * f^2}{3} * (3R - f) + (L - 2R) * \frac{R^2}{2} * (\alpha - \sin \alpha) \right]$$

Se tienen los siguientes datos:

$$f = 0.15 \text{ m}$$

$$\alpha = 0.35 \text{ rad}$$

$$K_v = 0.85$$

No se conocen los valores de la longitud (L) ni el radio interno (R) del tanque de almacenamiento de GLP. Por lo que se procederá a hacer estimaciones para el radio y la longitud del tanque de almacenamiento de GLP, tabulando los datos hasta llegar a conseguir un volumen neto de 5000 gal.

Primera tabulación

Longitud	(m)	5	4.8	4.6	4.4
Radio	(m)	1.5	1.15	1.3	1.2
Vol total	(m ³)	24.0331838	14.2438895	16.848152	13.8431139
Vol residual	(m ³)	0.1183473	0.08940185	0.10026454	0.09143453
Vol neto	(m ³)	23.9148365	14.1544876	16.7478874	13.7516793
	(gal)	6318	3739	4424	3633

Segunda tabulación

Longitud	(m)	4.9	4.9	4.9	4.9
Radio	(m)	1.5	1.4	1.3	1.2
Vol total	(m ³)	23.4323542	20.7611103	18.2020213	15.7657686
Vol residual	(m ³)	0.11755466	0.10992594	0.10205063	0.09397098

Vol neto	(m ³)	23.3147995	20.6511844	18.0999707	15.6717976
	(gal)	6159	5455	4782	4140

Tercera tabulación

Longitud	(m)	4.9	4.9	4.9	4.9
Radio	(m)	1.4	1.37	1.35	1.33
Vol total	(m ³)	20.7611103	19.9811214	19.4668789	18.9573362
Vol residual	(m ³)	0.10992594	0.10758732	0.10601647	0.1044366
Vol neto	(m ³)	20.6511844	19.873534	19.3608624	18.8528996
	(gal)	5455	5250	5115	4980

Cuarta tabulación

Longitud	(m)	4.94	4.94	4.94	4.94
Radio	(m)	1.34	1.33	1.32	1.31
Vol total	(m ³)	19.4033102	19.1462798	18.890467	18.6358826
Vol residual	(m ³)	0.10548066	0.10468586	0.10388892	0.10308987
Vol neto	(m ³)	19.2978296	19.0415939	18.7865781	18.5327927
	(gal)	5098	5030	4963	4896

Quinta tabulación

Longitud	(m)	4.93	4.93	4.93	4.93
Radio	(m)	1.35	1.34	1.33	1.32
Vol total	(m ³)	19.6128805	19.3553613	19.0990439	18.8439388
Vol residual	(m ³)	0.10620908	0.10541741	0.10462355	0.10382753
Vol neto	(m ³)	19.5066714	19.2499439	18.9944203	18.7401112

(gal)	5153	5085	5018	4951
-------	------	------	------	------

Sexta tabulación

Longitud	(m)	4.92	4.92	4.92	4.92
Radio	(m)	1.35	1.34	1.33	1.32
Vol total	(m³)	19.56	19.30	19.05	18.79
Vol residual	(m³)	0.10	0.10	0.10	0.10
Vol neto	(m³)	19.45	19.20	18.94	18.69
	(gal)	5140	5073	5005	4938

Anexo 2: Cálculos y valores para el diseño del sistema de protección catódica

1. Características de los ánodos de magnesio

1.1. Dimensiones de los ánodos de magnesio de alto potencial

Figura A- 1

Ánodo de magnesio

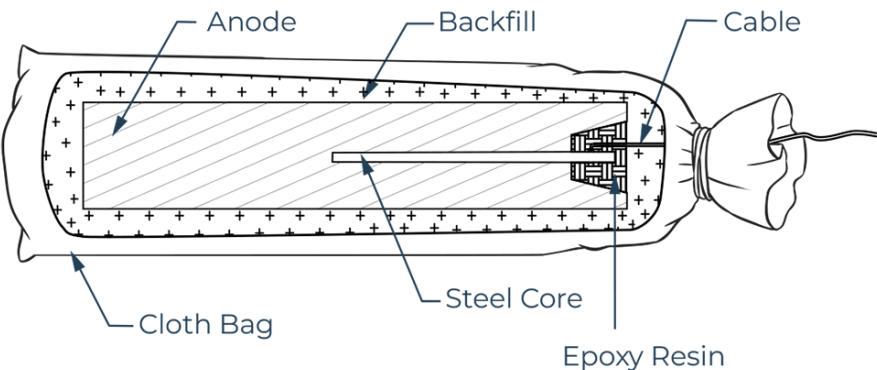
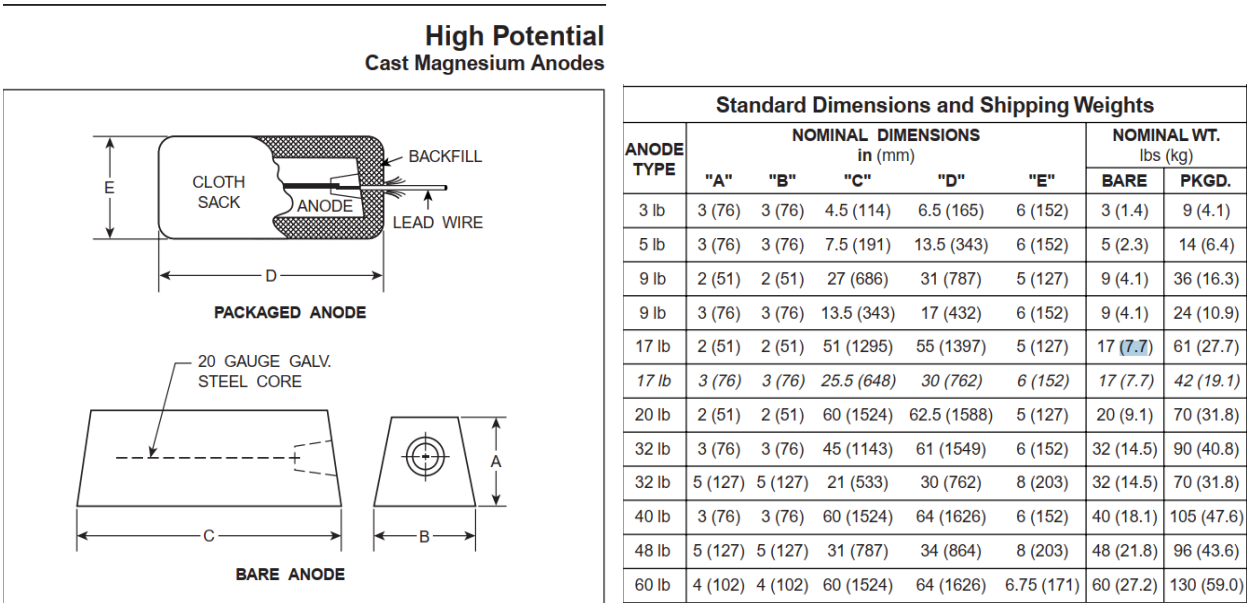


Figura A- 2

Dimensiones estándar de los ánodos de magnesio



1.2. Velocidades de consumo y capacidades de los ánodos de magnesio

Figura A- 3

Velocidades de consumo y capacidades de los ánodos de magnesio

		Theoretical Consumption Rate		Theoretical Capacity		Typical Efficiency ⁽¹⁾
		kg/A-y	lb/A-y	A-y/kg	A-y/lb	%
Galvanic Anode Material	Magnesium	3.98	8.77	0.251	0.114	50
	Zinc	10.7	23.6	0.0935	0.0424	90
	Aluminum	2.94	6.48	0.34	0.154	50-87
		Practical Consumption Rate		Practical Capacity		
Impressed Current Anode	Graphite/Carbon	0.1 to 1.0	0.22 to 2.2	10.1 to 1.0	4.5 to 0.45	(2) (3)
	High Silicon Iron	0.25 to 1.0	0.55 to 2.2	4.0 to 1.0	1.8 to 0.45	(2) (3)
	Steel	9.1	20	0.11	0.05	90

Nota: Obtenido del libro: Capítulo 7 - Control of pipeline corrosión, A.W. Peabody (segunda edición).

2. **Densidad de Corriente**, de acuerdo con la Ecuación (41) obtenido de Gomes (1995) se tiene:

$$DCD = 73.73 - 13.35 * \log(\rho) \quad (41)$$

Donde:

ρ : resistividad del suelo (Ω -cm)

3. **Cálculo de intensidad de corriente de protección catódica**

$$IT_{CP} = A_t * DCD * FR_{inicio} + A_t * DCD * FR_{final} \quad (42)$$

Se considera un tiempo de vida de 15 años para el sistema de protección catódica, y los porcentajes de eficiencia del revestimiento se hallan de la tabla A-2.

Tabla A- 4

Eficiencia del revestimiento

Años de servicio de la instalación	Deterioro del revestimiento (%)
0	1,01
1	1,16
2	1,32
3	1,51
4	1,73
5	1,98
6	2,27
7	2,60
8	2,97
9	3,40
10	3,89
11	4,45
12	5,09
13	5,82
14	6,67
15	7,63
16	8,73
17	9,99
18	11,43
19	13,07
20	14,96

Nota: Tabla obtenida de Tovar y Valery (2005)

4. Cálculo masa anódica con el método eléctrico (de resistencias)

$$R_t = R_c + R_A + R_E \quad (43)$$

Donde:

R_E : resistencia estructura - suelo

R_C : resistencia del cable

R_A : resistencia de un ánodo vertical

La resistencia estructura – suelo (R_E) se considera nulo, para efectos prácticos, su valor es muy pequeño.

La resistencia del cable (R_C) se calcula con la longitud del cable y la resistencia lineal.

Tabla A- 5

Características del cable a usar para la protección catódica

CALIBRE DEL CONDUCTOR	SECCIÓN TRANSVERSAL	NÚMERO DE ALAMBRES	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL	MASA NOMINAL	RESISTENCIA MAX a 20°C
AWG	cmil	N°	in	in	in	kg/1000m	Ω/1000m
14	4 110	7	0,0726	0,110	0,293	59,07	8,4318
12	6 530	7	0,0915	0,110	0,311	74,40	5,3150
10	10 380	7	0,116	0,110	0,340	97,60	3,3465
8	16 510	7	0,146	0,110	0,370	132,00	2,1391
6	26 240	7	0,184	0,110	0,400	185,98	1,3484
4	41 740	7	0,232	0,110	0,450	269,31	0,8465
2	66 360	7	0,292	0,110	0,510	397,27	0,5315
1	83 690	19	0,332	0,125	0,580	501,42	0,4232
1/0	105 600	19	0,373	0,125	0,620	613,02	0,3347
2/0	133 100	19	0,419	0,125	0,660	752,88	0,2657
3/0	167 800	19	0,470	0,125	0,720	926,97	0,2100
4/0	211 600	19	0,528	0,125	0,770	1 144,00	0,1673

Nota: Fuente: <https://tecnologiatal.net/online/cables/cable-hmwpe.pdf>

5. La resistencia de un ánodo vertical se halla con la siguiente fórmula:

$$R_{AV} = \frac{\rho}{2\pi l} * \left[\ln \left(\frac{8l}{d} \right) - 1 \right] \quad (44)$$

Donde:

ρ : resistividad del suelo (Ω-cm)

l : longitud del ánodo (m)

d : diámetro del ánodo (m)

Obtenido del libro: Capítulo 7 - Control of pipeline corrosión, A.W. Peabody (segunda edición).

6. Cálculo de la resistencia para varios ánodos

$$R_{AV} = \frac{\rho}{2\pi Nl} * \left[\ln \left(\frac{8l}{d} \right) - 1 + \frac{2l}{s} * \ln (0.656 * N) \right] \quad (45)$$

Donde:

l : longitud del ánodo (cm)

d : diámetro del ánodo (cm)

N : número de ánodos instalados en paralelo

s : distancia entre ánodos (cm)

Obtenido del libro: Capítulo 7 - Control of pipeline corrosión, A.W. Peabody (segunda edición).

7. Cálculo del tiempo de vida del sistema de protección catódica

$$Tvida = \frac{W_t * C_a * U * E}{I_{CP}} \quad (46)$$

Donde:

W_t : peso del ánodo (Kg)

C_a : capacidad teórica del ánodo (A-y/Kg)

U : factor de utilización del ánodo

E : eficiencia del ánodo

I_{CP} : corriente de protección catódica (A)

Obtenido del libro: Capítulo 7 - Control of pipeline corrosión, A.W. Peabody (segunda edición).

Anexo 3: Desarrollo de la evaluación económica y financiera

1. Proyección de la demanda de GLP en los próximos diez años

Se halla el pronóstico de la demanda local para el GLP, ya que en función a esto se determinará el pronóstico de ventas de GLP en la estación de servicios.

Se hallará los valores de venta para los años 2025 en adelante ya que es una función lineal (se redujo a eso), en base a la pendiente se hallan los demás valores de la demanda para los siguientes años.

Tabla A-6

Demanda mensual promedio de GLP vehicular en el departamento de Huánuco desde el año 2014 – 2024. Se hace una proyección lineal para los años desde 2025 – 2034 en función a la demanda ya obtenida de los años anteriores.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	618.9	468.3	538.2	561	609.1	617.5	516.4	605.8	732.2	671.8	592.2	669.4
2015	626.4	630.8	618.2	626.9	510	693	564.3	859.9	617.2	664.2	546.7	700.4
2016	624.7	731.6	831.7	709.2	766	728	728.1	830.9	776	792.8	978.1	749
2017	668.1	887.5	706	795.6	749.8	778.6	772.9	810.4	777.9	821.5	850.8	745.1
2018	686.3	787.2	734.2	719	816.4	798.7	710	800.1	691.7	785.1	784.3	867.4
2019	691.7	761.9	809	886.5	907.6	869.2	924.7	932.1	974.5	948.3	989.5	1050.10
2020	950.4	926.6	652.1	223.1	314.5	497.2	571.9	650.4	696.9	816.7	838.9	977.3
2021	729.2	710	773.2	819.6	858.5	964.7	830.8	983.4	929.2	766.8	787.3	790.9
2022	861.7	850	796.8	789.1	841.1	884.7	1061.8	1193.30	1159.00	935.5	1118.70	988.9
2023	740.5	1240.8	1082.2	1009.7	1270.6	1120.7	1150.2	1070.4	1123.8	1170.0	1021.1	933.4
2024	943.6	762.4	871.3	865.8	986.4	992	1051.3	1079.50	1087.30	1083.60	1131.00	1233.40
2025	913.4	1017.0	954.0	883.1	1050.2	1038.1	1134.6	1137.5	1156.4	1101.4	1145.7	1137.2
2026	942.3	1053.8	985.6	908.9	1094.4	1075.6	1189.1	1178.4	1204.3	1141.7	1190.7	1179.7
2027	971.2	1090.7	1017.1	934.8	1138.7	1113.1	1243.6	1219.2	1252.1	1182.0	1235.6	1222.2
2028	1000.1	1127.5	1048.6	960.7	1183.0	1150.5	1298.1	1260.1	1299.9	1222.3	1280.5	1264.7
2029	1029.0	1164.3	1080.2	986.6	1227.2	1188.0	1352.7	1300.9	1347.7	1262.6	1325.4	1307.1
2030	1057.9	1201.1	1111.7	1012.5	1271.5	1225.5	1407.2	1341.8	1395.5	1302.9	1370.3	1349.6
2031	1086.7	1237.9	1143.3	1038.4	1315.8	1263.0	1461.7	1382.6	1443.3	1343.2	1415.3	1392.1
2032	1115.6	1274.7	1174.8	1064.2	1360.1	1300.5	1516.2	1423.5	1491.1	1383.5	1460.2	1434.6
2033	1144.5	1311.6	1206.3	1090.1	1404.3	1338.0	1570.7	1464.3	1538.9	1423.8	1505.1	1477.1
2034	1173.4	1348.4	1237.9	1116.0	1448.6	1375.5	1625.3	1505.2	1586.7	1464.1	1550.0	1519.6
r^2	0.96	0.91	0.94	0.77	0.89	0.93	0.97	0.95	0.97	0.97	0.95	0.97

De los datos obtenidos de la Tabla A-6 se obtiene la siguiente demanda anual promedio (en barriles).

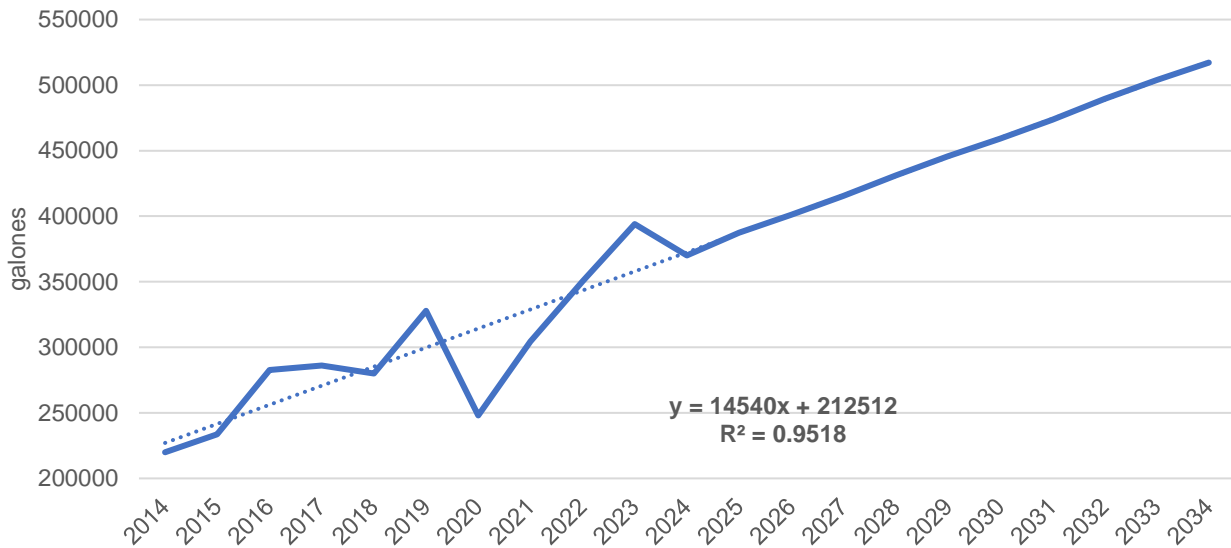
Tabla A- 7

Demanda anual proyectada (a partir del año 2025)

AÑO	DEMANDA ANUAL
2014	219934.50
2015	233714.80
2016	282702.60
2017	286090.90
2018	280035.80
2019	327961.90
2020	247983.90
2021	304295.50
2022	350281.80
2023	394058.40
2024	370106.70
2025	387510.98
2026	401013.43
2027	415532.90
2028	431179.84
2029	445736.13
2030	459091.30
2031	473610.77
2032	489404.99
2033	503961.28
2034	517169.18

Figura A- 4

Demanda actual y proyección a 10 años



Ecuación de la recta de proyección

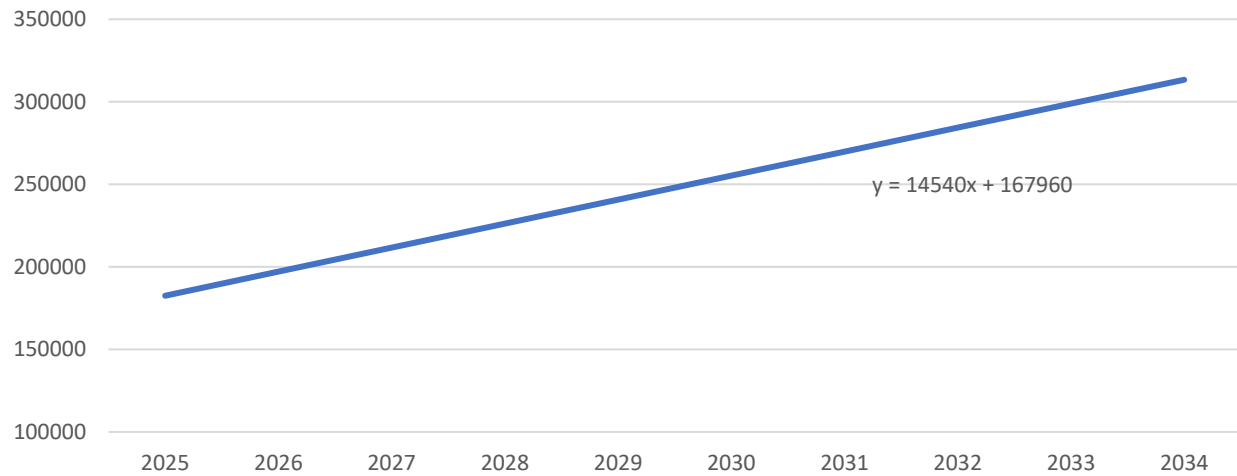
$$y = 14540 * x + 212512 \quad (47)$$

Se toma el valor de la pendiente de la Ecuación (47) para poder proyectar proporcionalmente la demanda que tendrá el establecimiento a lo largo de los años.

AÑO	Demanda anual GLP (galones)
2025	182500
2026	197040
2027	211580
2028	226120
2029	240660
2030	255200
2031	269740
2032	284280
2033	298820
2034	313360

Figura A- 5

Tendencia de la demanda anual proyectada



2. Proyección de los precios de venta y compra de GLP

2.1. Precios de compra

Para determinar el precio de compra, se analizó la data del año 2020 al 2024 que presentó la planta de fraccionamiento de Pluspetrol ubicada en Pisco, dicha data es publicada por el Osinergmin.

Los precios fueron analizados desde el año 2020 al 2024, estos son los precios que da la planta de Pluspetrol, y se consideran como precios de compra ya que el establecimiento va a adquirir el GLP de esta planta. A este precio de compra se le añadirá también el costo del flete, transporte de la planta de abastecimiento al gasocentro.

Figura A- 6

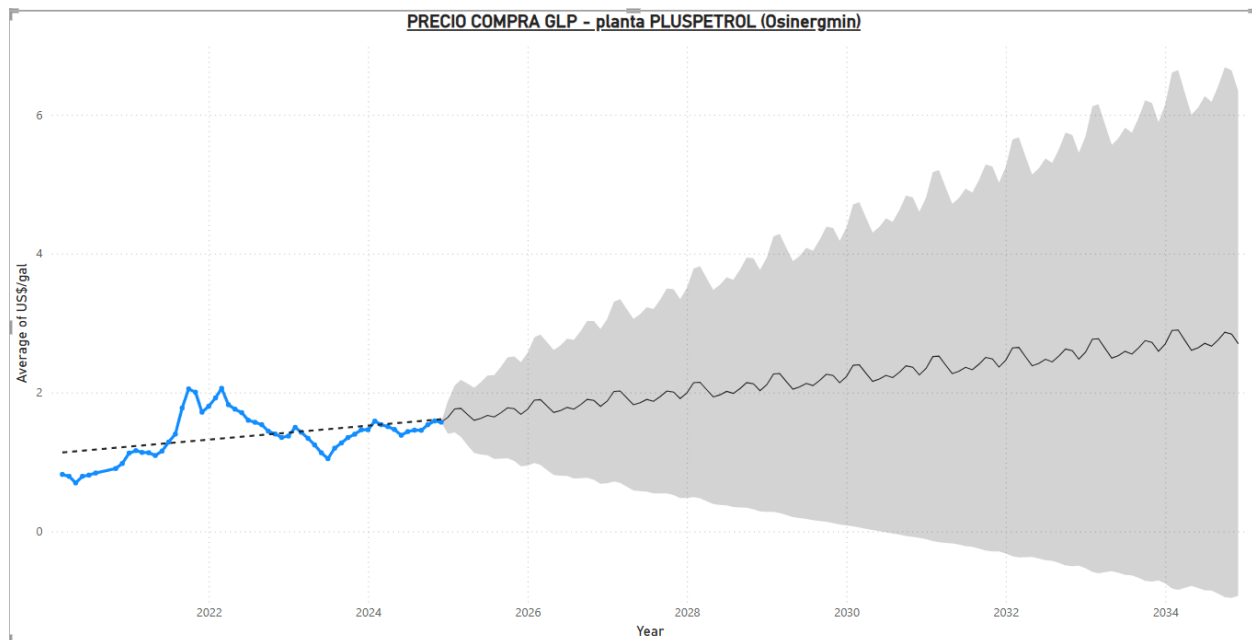
Precio de compra de GLP del año 2020 al 2024.



El análisis para la proyección a los años 2025-2034 se hizo mediante la herramienta FORECAST del software Microsoft Power BI; obteniéndose lo siguiente:

Figura A- 7

Proyección del precio de compra de GLP del 2025 – 2034



En la Figura A- 7 se muestran cómo sería la variación de los precios para cada mes de cada año, con tendencia al incremento del precio de GLP en el futuro. En la Tabla A- 8 se realizó un promedio anual del precio por galón, en base a los precios obtenidos para cada mes proyectado.

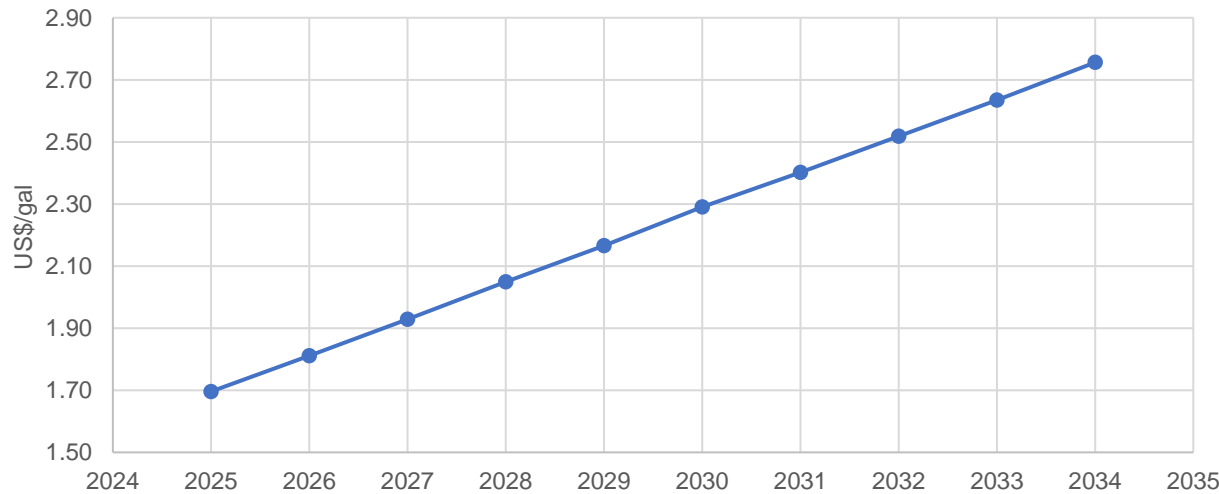
Tabla A- 8

Precios de compra anuales proyectados

Año	Precio (US\$/gal)	Precio inc. flete (US\$/gal)
2025	1.70	1.83
2026	1.81	1.96
2027	1.93	2.08
2028	2.05	2.21
2029	2.17	2.34
2030	2.29	2.47
2031	2.40	2.59
2032	2.52	2.72
2033	2.64	2.85
2034	2.76	2.98

Figura A- 8

Tendencia del precio de compra proyectado del GLP

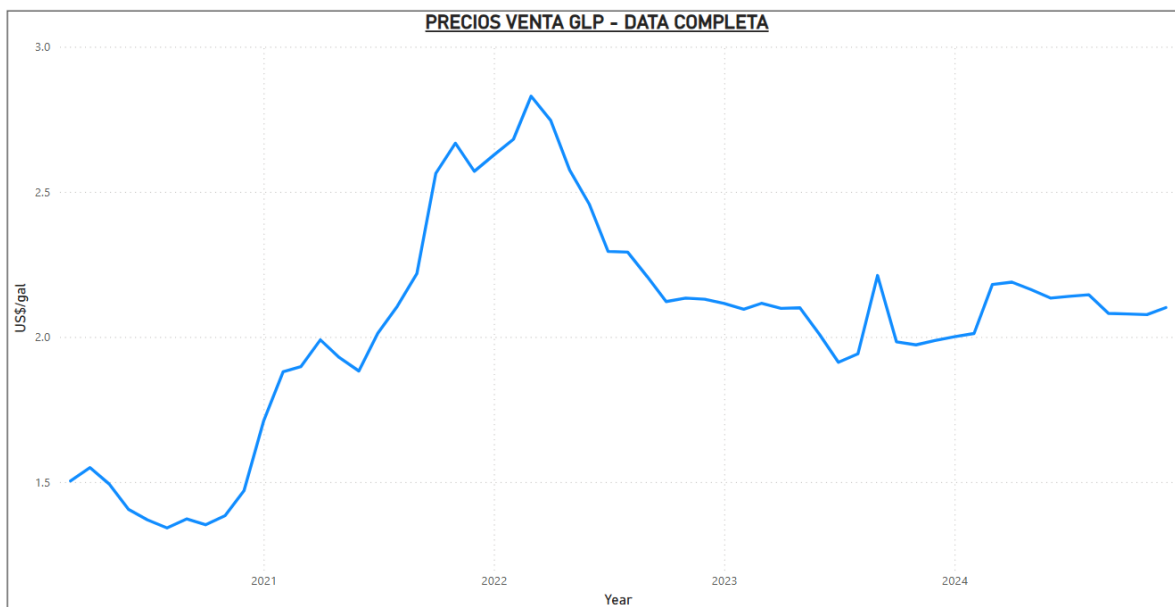


2.2. Precio de venta

Se analizaron los precios de venta publicados por el Osinergmin, desde el año 2020 al 2024, de los establecimientos que expenden GLP automotor en la provincia de Huánuco, filtrando los distritos cercanos (Amarilis, Huánuco y Pillco Marca) de donde se ubicará el establecimiento en análisis. De acuerdo con lo mencionado, se proyectaron para los años 2025 – 2034 el valor promedio para el galón de GLP vendido.

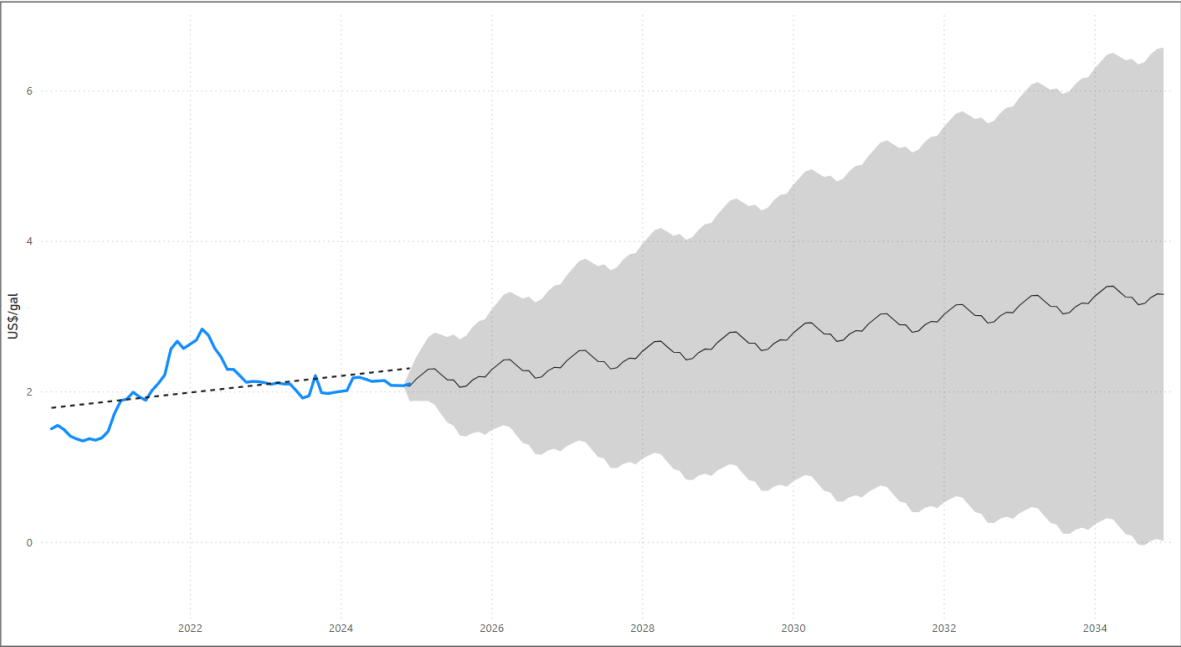
Figura A- 9

Precio de venta de GLP analizado del 2020 - 2024



Nuevamente, el análisis para la proyección a los años 2025-2034 se hizo mediante la herramienta FORECAST del software Microsoft Power BI; obteniéndose lo mostrado en la

Figura A- 10 Precio de venta de GLP proyectado del 2025 - 2034

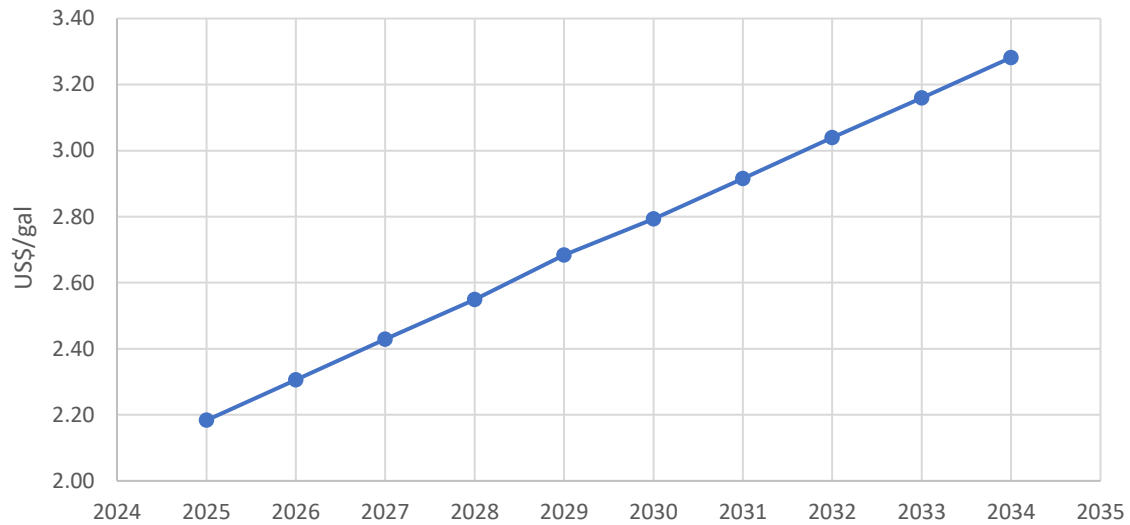


De los datos anteriores proporcionados por el modelo, se obtiene el valor del precio mensual de venta de GLP, posteriormente se calcula el promedio anual para los próximos diez años.

Año	Promedio US\$/gal
2025	2.18
2026	2.31
2027	2.43
2028	2.55
2029	2.68
2030	2.79
2031	2.92
2032	3.04
2033	3.16
2034	3.28

Figura A- 11

Tendencia del precio de venta proyectado del GLP



3. Determinación del costo de capital

$$COK = r_f + \beta \times (E[R_{Mkt}] - r_f) + r_p \quad (48)$$

Donde:

r_f : tasa libre de riesgo

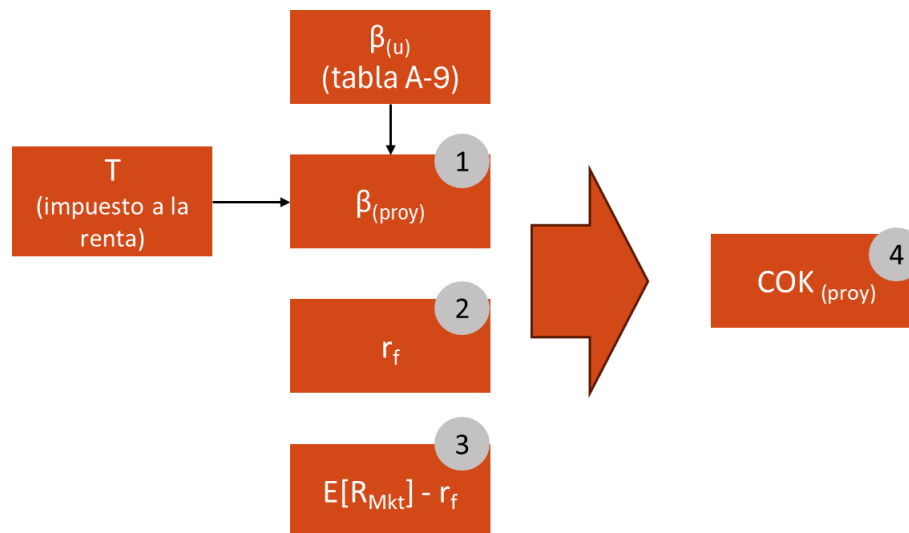
r_p : riesgo país, es un ajuste dependiendo el país de origen

$E[R_{Mkt}] - r_f$: prima por riesgo de mercado

beta apalancada (β_{proy}): Medida del riesgo sistémico (sensibilidad al rendimiento)

Figura A-12

Diagrama de flujo para determinar COK



Nota: Pasos para la obtención del valor del COK para el proyecto.

3.1. Determinación de la beta del proyecto

$$\beta_{proy} = \left[1 + \frac{D}{E} (1 - T) \right] \times \beta_u \quad (49)$$

Donde:

D: porcentaje de la inversión con capital propio

E: porcentaje de la inversión con capital externo

T: impuesto a la renta

β_u : beta no apalancada (Tabla A-9)

Para la Ecuación (49), se conoce que el porcentaje de capital financiado será el 60% de la inversión fija. Teniéndose una tasa de impuesto a la renta de 29.5% (de acuerdo con el art. 55 de la Ley del Impuesto a la Renta).

El valor de β_u , se obtendrá de la tabla indicada, de donde se elige el valor de la beta no apalancada para el sector de Oil&Gas (distribución).

$$\beta_u = 0.54$$

De acuerdo con la Ecuación (49), se tiene lo siguiente

$$\beta_{\text{proy}} = (1 + (40/60) * (1 - 29.5)) * 0.54$$

$$\beta_{\text{proy}} = 0.7938$$

Posteriormente se halla la tasa libre de riesgo r_f , para lo cual se hallan los Bonos del Tesoro EE.UU. - 10 años (%), y se hace un promedio para el año 2024 (el cual se toma como base); la fuente para esta data es <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD04719XD/html/2012-01-01/2025-02-01/>.

Luego se hallará la prima por riesgo de mercado, $E[R_{\text{Mkt}}] - r_f$, debido a que ya se tiene el valor de la tasa libre de riesgo, se hallará el valor de $E[R_{\text{Mkt}}]$ usando los valores de riesgo (en porcentaje) para el S&P 500, dicha data se obtuvo de la página web https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/histretSP.html, de la cual se tiene un valor de 11.79%.

Ahora con todos los datos hallados, procedemos a evaluar el costo de capital de un proyecto de acuerdo con la Ecuación (48).

$$\text{Costo de capital}_{(\text{proy})} = 10.346\%$$

Para poder llevar la tasa de rentabilidad al mercado peruano, hay que realizar un ajuste sumándole el riesgo país (r_p). De acuerdo con la Tabla A-10 se tiene que el puntaje de riesgo país (promedio) para el Perú es 159%.

$$\text{Costo de capital}_{\text{perú}} = \text{Costo de capital}_{\text{proy}} + r_p \quad (50)$$

$$\text{Costo de capital}_{\text{perú}} = 10.346 + \frac{159}{100} = 11.9\%$$

Tabla A-9

Datos económicos para diferentes sectores - Aswath Damodaran

<i>Industry Name</i>	<i>Number of firms</i>	<i>Beta</i>	<i>D/E Ratio</i>	<i>Effective Tax rate</i>	<i>Unlevered beta</i>	<i>Cash/Firm value</i>	<i>Unlevered beta corrected</i>	<i>HiLo Risk</i>	<i>Standard deviation of equity</i>	<i>Standard deviation in operating income (last 10 years)</i>
Advertising	54	1.34	26.20%	7.67%	1.12	6.56%	1.20	0.6098	67.19%	12.10%
Aerospace/Defense	67	0.90	22.79%	11.02%	0.77	3.87%	0.80	0.4341	42.74%	23.92%
Air Transport	24	1.24	106.83%	10.15%	0.69	10.28%	0.76	0.5255	65.27%	204.02%
Banks (Regional)	591	0.52	60.32%	16.84%	0.36	24.75%	0.48	0.2078	29.96%	265.19%
Beverage (Alcoholic)	18	0.61	30.47%	8.28%	0.50	1.86%	0.51	0.5509	63.08%	21.67%
Beverage (Soft)	29	0.57	19.73%	6.94%	0.50	3.57%	0.51	0.6427	47.67%	15.38%
Broadcasting	22	0.92	149.56%	10.74%	0.43	9.47%	0.48	0.5390	52.60%	28.23%
Brokerage & Investment Banking	30	0.95	186.59%	14.42%	0.40	15.59%	0.47	0.3990	40.49%	57.36%
Building Materials	39	1.36	18.97%	19.11%	1.19	3.57%	1.23	0.3033	34.75%	46.33%
Business & Consumer Services	152	1.00	16.78%	12.48%	0.89	3.27%	0.92	0.4832	45.39%	26.12%
Cable TV	9	0.96	126.35%	10.47%	0.49	2.19%	0.50	0.4196	49.73%	28.09%
Chemical (Basic)	31	1.15	58.25%	7.97%	0.80	7.16%	0.86	0.5490	50.02%	38.53%
Chemical (Diversified)	4	0.99	113.12%	0.00%	0.54	7.34%	0.58	0.2709	46.97%	38.49%
Chemical (Specialty)	60	0.92	27.12%	9.99%	0.76	3.58%	0.79	0.4247	48.15%	18.52%
Coal & Related Energy	16	1.18	9.47%	2.77%	1.10	12.87%	1.27	0.4805	53.78%	245.43%
Computer Services	63	1.23	26.33%	10.78%	1.03	5.58%	1.09	0.5269	44.40%	22.99%
Computers/Peripherals	35	1.14	4.82%	8.99%	1.10	1.42%	1.12	0.4501	52.62%	29.18%
Construction Supplies	46	1.29	21.56%	13.55%	1.11	3.40%	1.15	0.4555	47.52%	35.39%
Diversified	21	1.09	16.09%	5.01%	0.97	4.08%	1.01	0.5726	59.35%	73.55%
Drugs (Biotechnology)	535	1.25	17.09%	1.05%	1.11	5.07%	1.17	0.6315	86.83%	39.35%

Drugs (Pharmaceutical)	231	1.07	16.89%	2.58%	0.95	3.08%	0.98	0.6501	80.05%	25.33%
Education	29	0.98	19.44%	11.89%	0.86	6.95%	0.92	0.5231	55.82%	15.92%
Electrical Equipment	101	1.27	14.84%	5.14%	1.14	4.87%	1.20	0.6052	72.12%	15.35%
Electronics (Consumer & Office)	11	0.92	13.31%	0.00%	0.84	12.32%	0.95	0.6540	73.20%	1011.22%
Electronics (General)	122	1.06	14.42%	6.59%	0.96	5.57%	1.01	0.5014	61.61%	26.37%
Engineering/Construction	42	0.99	17.92%	14.71%	0.87	5.05%	0.92	0.4576	47.33%	27.96%
Entertainment	96	1.04	20.34%	2.06%	0.90	3.67%	0.94	0.6256	62.70%	30.41%
Oil/Gas (Integrated)	4	0.48	13.71%	25.23%	0.44	3.77%	0.46	0.1820	25.56%	107.91%
Oil/Gas (Production and Exploratio	147	0.88	26.65%	7.10%	0.73	3.25%	0.75	0.4581	47.66%	200.53%
Oil/Gas Distribution	24	0.75	51.54%	12.48%	0.54	1.17%	0.55	0.4258	38.17%	60.13%
Oilfield Svcs/Equip.	97	0.94	38.52%	9.08%	0.73	6.47%	0.78	0.4582	49.49%	81.77%
Packaging & Container	22	0.98	52.91%	14.29%	0.70	5.33%	0.74	0.2703	33.98%	12.29%
Paper/Forest Products	6	1.07	22.57%	23.69%	0.92	4.41%	0.96	0.3677	60.66%	80.73%
Power	48	0.54	80.34%	12.11%	0.34	1.25%	0.34	0.2644	27.31%	10.88%
Precious Metals	60	1.23	18.90%	1.99%	1.08	6.06%	1.15	0.7072	70.97%	55.01%
Publishing & Newspapers	19	0.64	28.69%	9.76%	0.53	5.90%	0.56	0.3281	41.00%	12.56%
R.E.I.T.	192	0.95	83.49%	1.80%	0.58	2.01%	0.59	0.2572	32.08%	23.21%
Real Estate (Development)	15	1.03	108.71%	2.49%	0.57	8.08%	0.62	0.4780	49.68%	68.02%
Real Estate (General/Diversified)	11	0.86	41.94%	5.45%	0.65	10.76%	0.74	0.4624	26.53%	88.83%
Real Estate (Operations & Service	60	1.08	28.79%	4.26%	0.89	7.08%	0.95	0.5104	56.53%	26.71%
Recreation	50	1.33	65.10%	7.33%	0.89	4.43%	0.93	0.4857	53.06%	24.96%
Reinsurance	1	0.54	36.58%	20.13%	0.42	27.03%	0.58	0.1814	19.87%	22.03%
Restaurant/Dining	62	1.01	23.14%	8.84%	0.86	1.73%	0.87	0.4154	41.50%	21.19%

Retail (Automotive)	29	1.35	50.40%	12.12%	0.98	0.99%	0.99	0.4338	47.39%	31.13%
Retail (Building Supply)	13	1.79	20.19%	13.66%	1.55	1.11%	1.57	0.3394	52.13%	32.29%
Retail (Distributors)	66	1.12	31.27%	13.50%	0.91	2.22%	0.93	0.4577	43.89%	40.27%
Retail (General)	24	1.06	8.73%	16.75%	0.99	2.83%	1.03	0.3721	46.69%	25.81%
Retail (Grocery and Food)	17	0.58	52.26%	13.28%	0.42	10.74%	0.47	0.5043	27.13%	32.34%
Retail (REITs)	28	0.95	54.77%	1.19%	0.67	2.08%	0.69	0.2665	23.56%	13.96%
Retail (Special Lines)	98	1.22	28.93%	8.23%	1.00	5.05%	1.06	0.5509	57.00%	20.63%
Rubber& Tires	3	0.65	387.13%	0.00%	0.17	7.16%	0.18	0.4821	72.04%	58.85%
Semiconductor	63	1.49	3.89%	4.19%	1.45	1.13%	1.46	0.4968	56.05%	30.61%
Semiconductor Equip	30	1.48	8.18%	9.95%	1.39	5.11%	1.47	0.3470	51.09%	56.83%
Shipbuilding & Marine	8	0.58	19.11%	5.78%	0.51	3.60%	0.52	0.4189	45.19%	74.29%
Shoe	12	1.42	10.25%	11.06%	1.32	6.11%	1.41	0.4627	51.75%	27.69%
Total Market	6062	1.00	39.18%	8.03%	0.77	5.11%	0.82	0.4669	52.53%	25.27%
Total Market (without financial)	4935	1.09	19.29%	6.75%	0.95	2.89%	0.98	0.5139	57.40%	25.78%

Nota: Tomado de Aswath Damodaran, 2025, https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html.

Tabla A-10

Diferencial de Rendimientos del Índice de Bonos de Mercados Emergentes (EMBIG) - Perú

Mes-Año	Puntaje
Ene-24	170
Feb-24	160
Mar-24	153
Abr-24	154
May-24	156
Jun-24	161
Jul-24	159
Ago-24	170
Sep24	163
Oct-24	154
Nov-24	155
Dic-24	154

Fuente: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01129XM/html/2019-8/2025-1/>

Anexo 4: Reglamentos nacionales e internacionales

Aspectos técnicos y de seguridad en establecimientos de venta de combustible para uso automotor, se tienen los siguientes lineamientos que se deben seguir en general.

1. Reglamentos Nacionales sobre Hidrocarburos

Son emitidos por Entidades propias del Estado Peruano donde se dan los lineamientos base principales para la operación y regulación dentro del mercado Nacional, estas deberían ir pasando por modificaciones (revisiones) de acuerdo con los avances tecnológicos que se dan a lo largo de los años. Dentro de los principales reglamentos para el sector se tienen, Leyes, Decretos Supremos, Resoluciones Ministeriales, Decreto Legislativo, Resoluciones de Consejo Directivo. Se tienen las siguientes normativas para establecimientos que comercializan GLP automotor.

- Ley N° 26221 - Ley Orgánica de Hidrocarburos. Ley Orgánica que norma las actividades de Hidrocarburos en el territorio nacional. Originalmente publicada en 1993, modificada posteriormente en 2005.
- Decreto Supremo N° 01-94-EM. Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo.
- Decreto Supremo N° 019-97-EM. Reglamento de establecimientos de venta de GLP para uso automotor gasocentros.
- Decreto Supremo N° 054-93-EM. Reglamento de Seguridad para Establecimientos de Venta al Público de Combustibles Derivados de Hidrocarburos.
- Decreto Supremo N° 27-94-EM. Reglamento de seguridad para instalaciones y transporte de Gas Licuado de Petróleo.
- Decreto Supremo N° 043-2007-EM. Reglamento de Seguridad para las actividades de Hidrocarburos.

- Decreto Supremo N° 032-2002-EM. Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector Hidrocarburos.
- Ley N° 29852. Ley que crea el Sistema de Seguridad Energética en Hidrocarburos y el Fondo de Inclusión Social Energético.
- Resolución de Consejo Directivo Osinergmin N° 150-2024-OS/CD. Reglamento del Registro de Hidrocarburos de Osinergmin.
- Resolución de Consejo Directivo Osinergmin N° 208-2020-OS/CD. Reglamento de Fiscalización y Sanción de las actividades energéticas y mineras a cargo de Osinergmin.
- Resolución de Consejo Directivo N° 197-2020-OS/CD. TUO Reglamento de Uso de Sistema Posicionamiento Global - GPS, aprobado por Resol. 076-2014-OS/CD.
- Resolución de Consejo Directivo N° 077-2017-OS-CD. Listado de condiciones de seguridad de criticidad alta en establecimientos de venta al público.

2. Normas técnicas

2.1. Normativa nacional. A nivel nacional, las Normas Técnicas Peruanas (NTP) son promulgadas actualmente por la por la Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias del INDECOPI, y su implementación está a cargo de un Comité Técnico de Normalización pertinente a la disciplina académica. Los siguientes ítems engloban las principales Normas Técnicas Peruanas relacionadas a la construcción, instalación y equipos de seguridad dentro de las instalaciones. NTP 321.123 - 2012. Pertenece a la reglamentación del sector de Gases Licuados de Petróleo referente a las instalaciones para Consumidores Directos y Redes de Distribución. Delinea los criterios que deben cumplir los equipos de GLP, las instalaciones de sistemas de GLP, los sistemas de transferencia de GLP y las estructuras apropiadas para la distribución de GLP.

- NTP 321.121 – 2013. Instalaciones internas de GLP para Consumidores Directos y Redes de Distribución. Se ven en esta normativa las condiciones generales de diseño, materiales

apropiados para las redes de distribución del GLP, tuberías, de GLP, finalmente las pruebas (de hermeticidad y visuales) e inspección de las instalaciones.

- NTP 910.001:2021. Gas Licuado de Petróleo. Equipos y accesorios para GLP. Procedimientos de carga y descarga de los camiones tanque y camiones cisterna para GLP
- NTP 321.120:2007. Presiones de operación admisibles para instalaciones internas de Gas Licuado de Petróleo.
- NTP 360.009-1:2018. Recipientes portátiles para Gas Licuado de Petróleo. Válvulas. Parte 1: Válvulas de cierre automático. Requisitos y ensayos.
- NTP 350.026:2007. Extintores portátiles manuales de polvo químico seco. Requisitos
- NTP 350.043-1:2011. Extintores portátiles. Selección, distribución, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática.

2.2. Normativa internacional.

Las normas técnicas de carácter internacional que se toman como referencia con respecto al diseño y seguridad en las instalaciones de hidrocarburos son las siguientes:

- American Society of Mechanical Engineers (ASME). Asociación que ha generado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos, entre otros, calderas y recipientes sujetos a presión; para el caso de instalaciones de hidrocarburos, el diseño de tanques de almacenamiento de GLP debe cumplir con ASME sección VIII división I o II, las líneas de transporte de GLP con ASME B31.4-2016.
- The National Fire Protection Association (NFPA). Normativa la cual establece (recomienda) criterios de seguridad en instalaciones diversas, especialmente para la prevención de incendios o explosiones. Para las instalaciones de hidrocarburos (GLP en este caso) se tiene: NFPA 10 (Extintores), NFPA 58 (Código del GLP), NFPA 70 (Código Eléctrico Nacional).

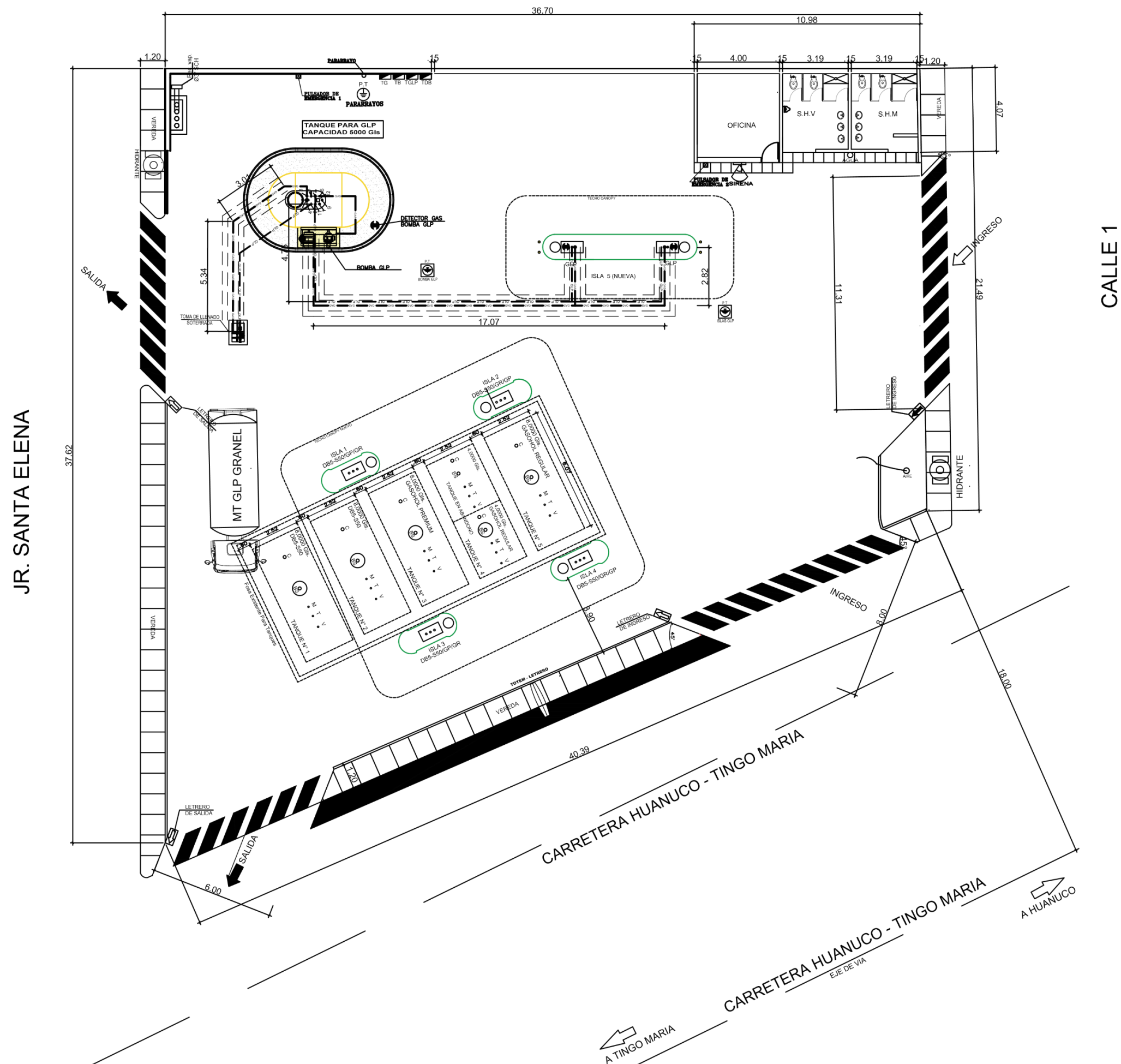
- Underwriters Laboratories (UL). Laboratorio que se dedica a la seguridad y a la certificación de productos, los cuales pasan por una serie de pruebas para recibir la certificación, su participación es amplia, certifica extintores, equipos eléctricos, entre otros. Extintores que se usan en establecimientos donde se expenden combustibles deben cumplir con ANSI/UL 711.
- American Petroleum Institute (API). Asociación que dicta estándares aplicados al sector petróleo y gas natural en Estados Unidos para buenas prácticas en la industria. Sus estándares o recomendaciones son variadas, van desde el campo del diseño a sistemas de protección catódica. Un ejemplo es el API 510, que regula la inspección, reparación y mantenimiento de recipientes a presión.
- National Association of Corrosion Engineers (NACE). Organización internacional que dicta medidas sobre el control y prevención de la corrosión en las industrias. Es empleada para el diseño de protección catódica en estaciones de servicio o establecimiento que tenga tanques, tuberías u otros equipos enterrados y se deba protegerlos contra la corrosión.

Anexo 5: Diagramas de representación del establecimiento

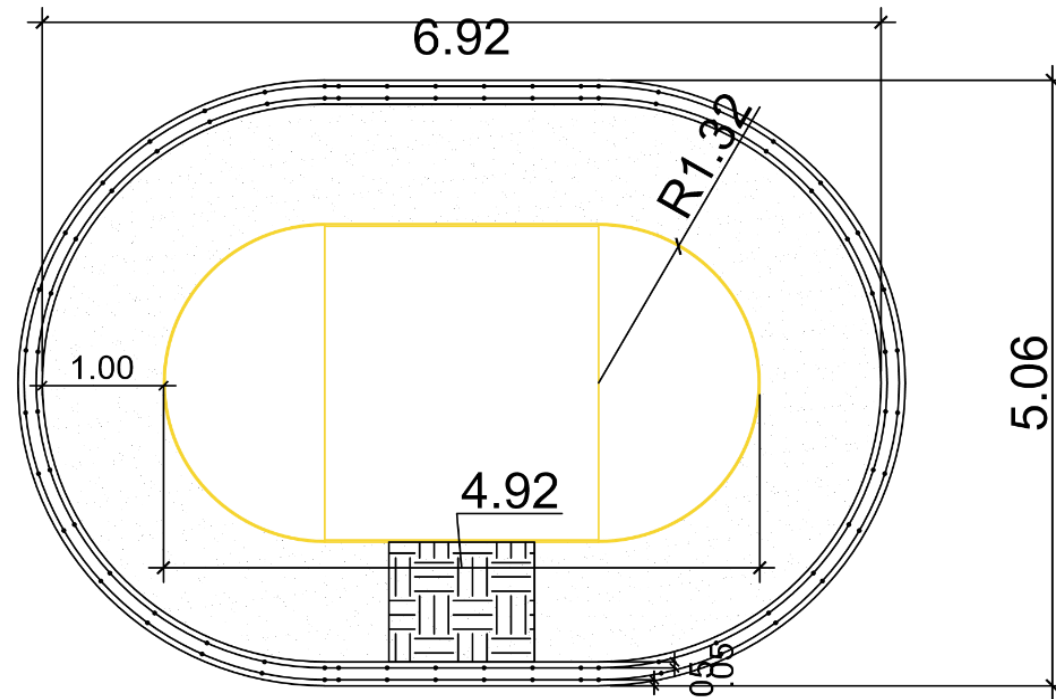
JR. SANTA ELENA



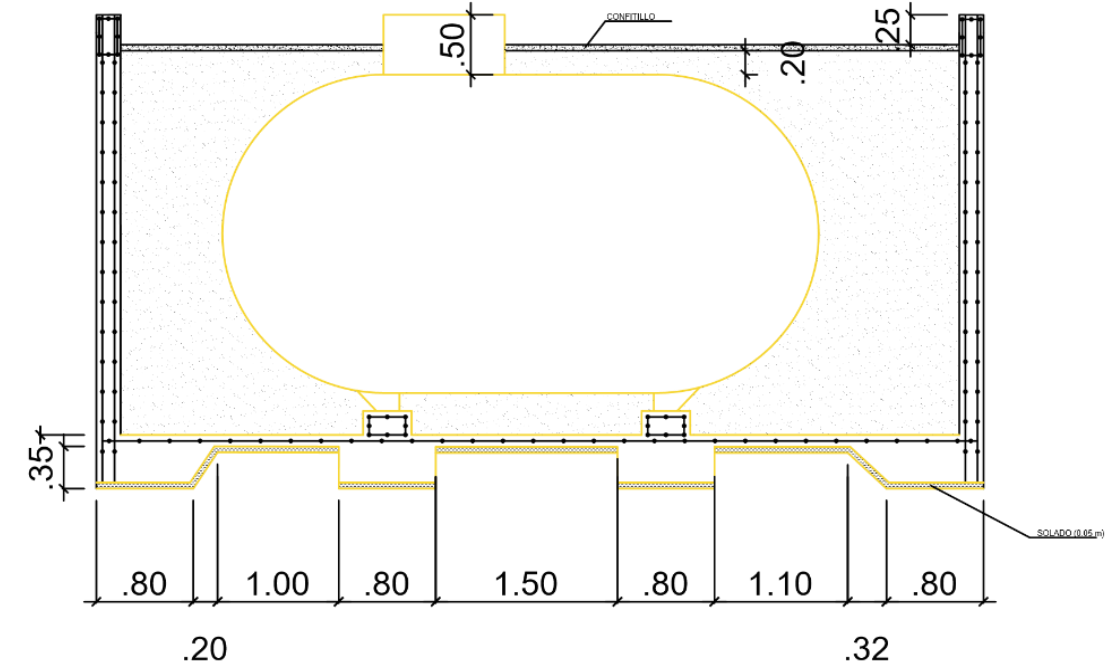
PROYECTO: AMPLIACIÓN Y MODIFICACIÓN DE ESTACION DE SERVICIOS CON GASOCENTRO DE GLP



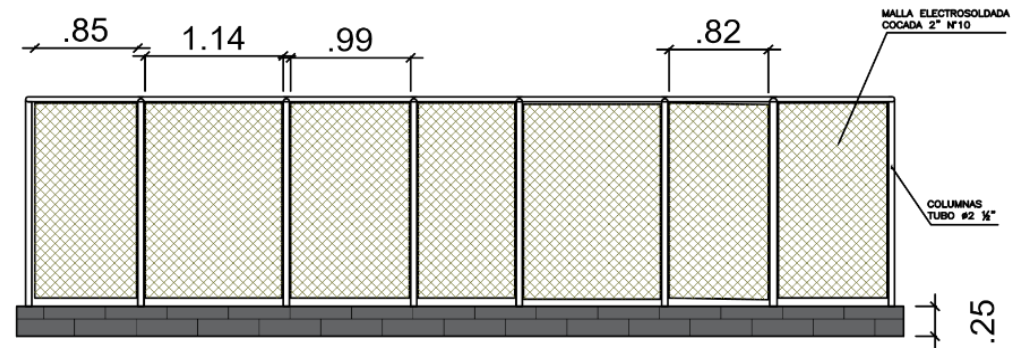
PROYECTO: **AMPLIACIÓN Y MODIFICACIÓN DE ESTACION DE SERVICIOS CON GASOCENTRO DE GLP**



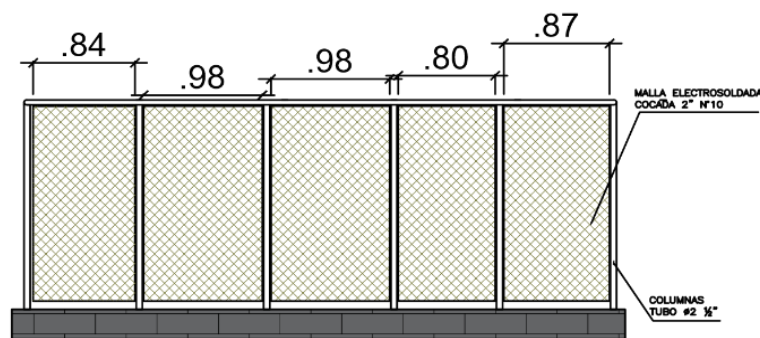
PLANTA: CAJA ESTRUCTURAL DE TANQUE DE GLP
ESCALA 1/25



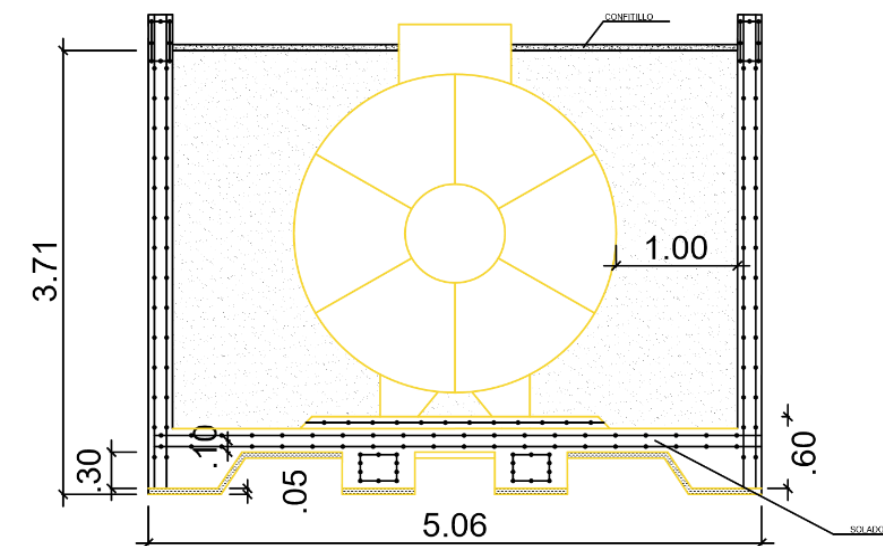
CORTE TRANSVERSAL DE TANQUE DE GLP
ESCALA 1/25



VISTA LATERAL DEL CERCO DE PROTECCION DEL TANQUE DE GLP
ESC : 1/25

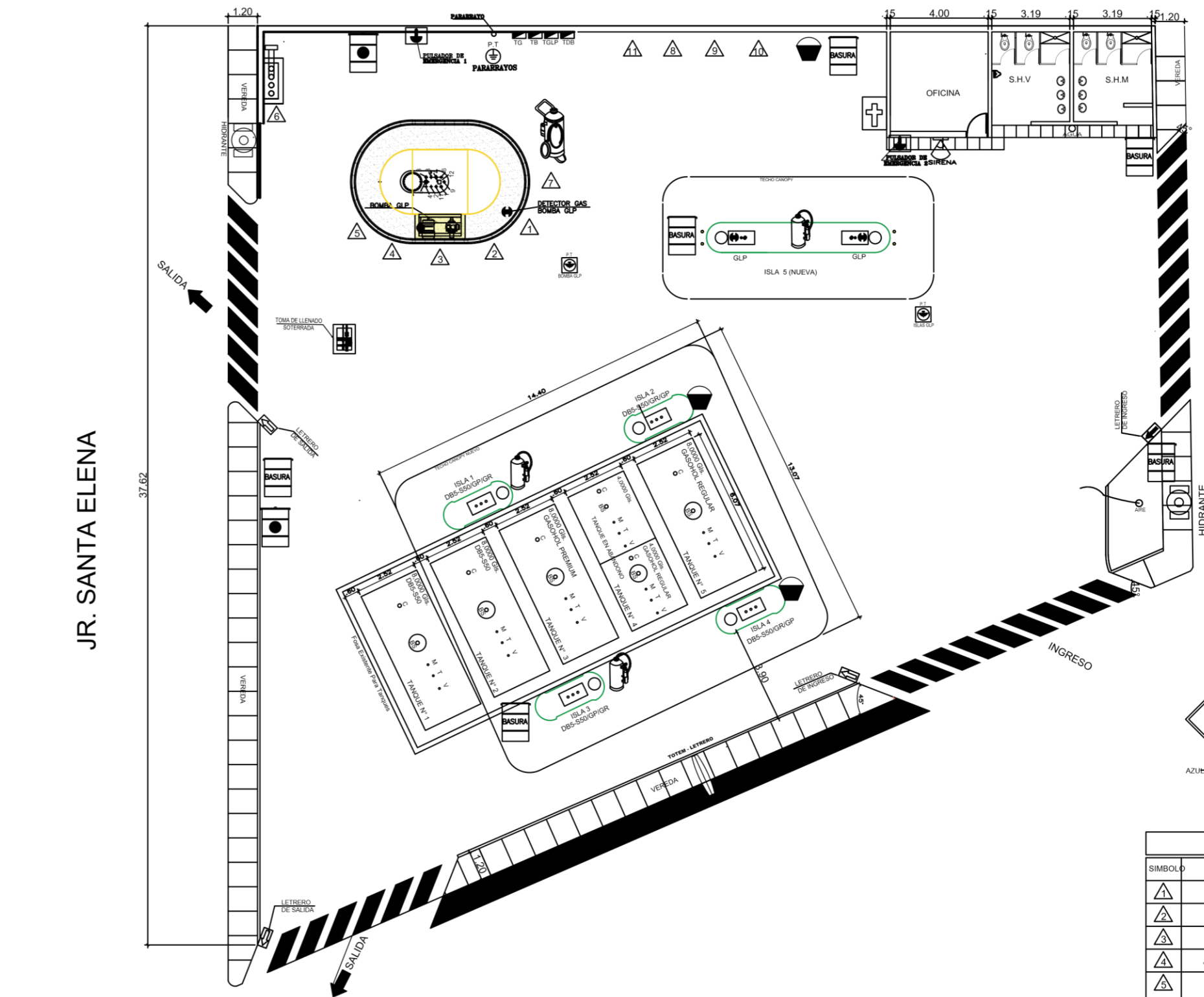


VISTA FRONTAL DEL CERCO DE PROTECCION DEL TANQUE DE GLP
ESC : 1/25



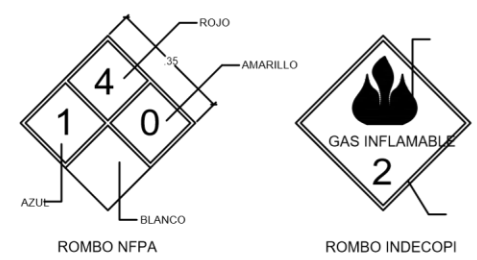
VISTA FRONTAL DEL TANQUE DE GLP
ESC : 1/25

PROYECTO: AMPLIACIÓN Y MODIFICACIÓN DE ESTACION DE SERVICIOS CON GASOCENTRO DE GLP



ELEMENTOS DE SEGURIDAD		
SIMBOLO	DESCRIPCION	UBICACION
	RECIPIENTES CON ARENA SECA	EN CADA ISLA DE COMBUSTIBLE LIQUIDO Y GAS LIQUIDO DE PETROLEO
	CILINDRO DE 200 LTS. DE CAPACIDAD LLENO CON ARENA, CON SU CORRESPONDIENTE TAPA	EN PATIO DE MANOBRAS
	DEPOSITO DE RESIDUOS INDUSTRIALES, TRAPOS, RESIDUOS PELIGROSOS.	EN PATIO DE MANOBRAS
	DEPOSITO DE BASURA	EN PATIO DE MANOBRAS
	PULSADOR DE EMERGENCIA	EN PATIO DE MANOBRAS
	SIRENA CONECTADA A LOS DETECTORES DE GAS	EN PATIO DE MANOBRAS
	DETECTORES DE FUGAS - GLP	DESCARGA DE GLP BOMBA DE GLP TANQUE DE GLP
	BOXIN DE PRIMEROS AUXILIOS	CERCA A LA OFICINA
	HIDRANTE CONTRA INCENDIOS	EN EL FRONTE DEL ESTABLECIMIENTO

NOMENCLATURAS



AVISOS DE SEGURIDAD			
SIMBOLO	DESCRIPCION	CANT	UBICACION
	LETRERO "PELIGRO GAS INFLAMABLE"	01	EN ZONA DEL TANQUE GLP
	ROMBO INDECOPI	01	EN ZONA DEL TANQUE GLP
	ROMBO NFPA	01	EN ZONA DEL TANQUE GLP
	LETRERO "GAS COMBUSTIBLE, NO FUMAR"	01	EN ZONA DEL TANQUE GLP
	LETRERO NACIONES UNIDAS UN-1079	01	EN ZONA DEL TANQUE GLP
	LETRERO "OPERE CAMION TANQUE CON CONEXION A TIERRA"	01	EN ZONA DEL TANQUE GLP
	STIKER "LLENADO DEL TANQUE SOLO HASTA EL 80%"	01	EN ZONA DEL TANQUE GLP
	"PROHIBIDO ESTACIONAMIENTO DE VEHICULOS"	01	EN LA PARED PERIMETRICA
	LETRERO "PROHIBIDO HACER FUEGO ABIERTO A MENOS DE 50 METROS"	02	EN LA PARED PERIMETRICA
	LETRERO "PROHIBIDA VENTA DE GAS A VEHICULOS CON PASAJEROS"	01	EN ISLA DE DESPACHO GLP
	LETRERO "PROHIBIDO COMERCIO AMBULATORIO"	02	EN LA PARED PERIMETRICA

LEYENDA	
A	EXTINTOR PORTATIL DE PQS ABC CON CARTUCHO EXPULSOR EXTERNO DE 30 LB CON RATING DE EXTINCION 10A:160BC
B	EXTINTOR RODANTE DE PQS ABC DE 50.00 KG. RATING DE EXTINCION 30A:240BC

PROHIBIDO FUMAR

PULSADOR DE EMERGENCIA

PROHIBIDO HACER FUEGO ABIERTO A MENOS DE 50 m.

PROHIBIDO VENTA DE GAS A VEHICULOS CON PASAJEROS

APAGUE SU MOTOR

APAGUE SU CELULAR

PROHIBIDO ESTACIONAMIENTO DURANTE LAS 24 HORAS

NO OPERAR CAMION TANQUE SIN CONEXION A TIERRA