

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño y análisis de factibilidad de red para distribución de GLP para un
condominio

INGE-2406

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS EN MECÁNICA

Presentado por:

Carlos Rafael Reyes Quimí

Anderson Guillermo Arguello Morejón

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

A la persona que ilumina mi vida con amor incondicional, mi madre Roxana, quien ha luchado incansablemente por mis sueños desde siempre. Ella es mi constante fuente de inspiración y dedicación. A mi valiente padre, Francisco, su legado de perseverancia y determinación continúa siendo la llama que guía cada uno de mis pasos. Su recuerdo vive eternamente en lo más profundo de mi corazón. A mi inagotable fuente de ternura, mi abuelita Betty, cuya sonrisa me impulsa a hacerla sentir orgullosa de mí en cada paso de mi camino. Y a mi amada Kleryz, mi compañera de vida, tu presencia ha sido mi apoyo inquebrantable en este viaje, siendo la motivación constante que me impulsa a perseverar.

A Mixi, quien partió dos días antes de mi sustentación, gracias por ser mi compañera en las noches de estudio.

Carlos Rafael Reyes Quimí

Dedicatoria

Dedico esta Tesis a mis amados padres, Bolivia y Guillermo, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y me han inculcado la importancia de esforzarse para alcanzar mis objetivos. Asimismo, quiero, dedicar este trabajo a mi abuelo Carlos Arguello, quien a no está físicamente presente pero cuyo aliento y apoyo constante siempre me motivaron a continuar con mis estudios.

También a mis tías (Lucy, Libia y Lina) dedico un especial reconocimiento porque no solo me brindaron su apoyo incondicional, sino que me enseñaron la importancia de la responsabilidad y la determinación en la toma de decisiones, finalmente a mis hermanos quienes participaron activamente en mi formación personal y profesional.

Anderson Guillermo Arguello Morejón

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios. A mi familia, gracias por creer en mí y compartir con alegría cada logro alcanzado.

A mi mejor amigo y hermano, Adrian Zapata, quien me ha acompañado en este camino desde la escuela. Aprecio su amistad sincera e inigualable, y por siempre confiar en mí.

A mis amigos, a Tyrone por su apoyo incondicional en las noches de estudio y por orientarme en el desarrollo de la tesis. A Jenniffer y Stalyn por su amistad sincera, los aprecio mucho.

A mis buenos amigos como Anderson, mi compañero de tesis, así como a Felipe y Marcos, con quienes compartí mi último año universitario.

Expreso mi agradecimiento a mi tutor, Ernesto Martínez, y a Emérita Delgado por su ayuda en esta fase final para lograr esta meta.

Carlos Rafael Reyes Quimí

Agradecimientos

Primero, deseo expresar mi profundo agradecimiento a DIOS por permitirme alcanzar este logro, en segundo lugar, quiero extender mi sincero agradecimiento a mi familia por su apoyo incondicional y su contribución a mi formación profesional, en tercer lugar, no puedo pasar por alto la invaluable compañía y asistencia de mi amigo José Anchundía a lo largo de mi trayectoria universitaria, su apoyo ha sido fundamental en mi éxito académico.

Asimismo, quiero expresar mi gratitud a todos mis amigos y mi compañero de tesis que generosamente aportaron a la realización de este trabajo, Finalmente, deseo reconocer y agradecer a nuestro tutor de tesis, el Ingeniero Ernesto Martínez, y a la Dra. Emérita Delgado por ser nuestros guías y mentores en el desarrollo de este proyecto.

Anderson Guillermo Arguello Morejón

Declaración Expresa

Nosotros Carlos Rafael Reyes Quimí y Anderson Guillermo Arguello Morejón acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

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

Guayaquil, 06 de febrero del 2024.



Carlos Rafael Reyes Quimí



Anderson Guillermo Arguello Morejón

Evaluadores

Emérita Delgado Plaza, PhD

PROFESORA DE LA MATERIA

Ernesto Martínez Lozano, MSc

PROFESOR TUTOR

Resumen

El uso de cilindros de GLP en el interior de un condominio plantea desafíos relacionados con riesgos de fugas, ya sea durante su transporte o debido a su manipulación inadecuada. Por ende, es importante diseñar un sistema de distribución que garantice un suministro seguro y eficiente, para lograr esto se priorizó el cumplimiento de las restricciones de la norma INEN 2260, posteriormente se realizó la selección de las baterías de GLP para la central que junto con el cálculo de la demanda máxima permitió establecer la cantidad de cilindros, a partir de esto se realizó el diseño de la central de almacenamiento de GLP, la distribución de tuberías y el sistema contra incendios usando estándares de la norma y conceptos de mecánica de fluidos. Por otra parte, se realizó un análisis costo-beneficio el retorno de la inversión es de 5 años con una vida útil del sistema de 25 años, además de un ahorro del 37% en cada reposición y un 30% en la inversión inicial. Entonces de acuerdo con esto la viabilidad de la distribución de GLP en este condominio es alta dado los resultados costo-beneficio, al mismo tiempo se prioriza la seguridad y eficiencia en el suministro de GLP elementos que contribuyen a mejorar la calidad de vida de los residentes.

Palabras Clave: Baterías GLP, Central de Almacenamiento, Distribución de GLP, Demanda máxima.

Abstract

The use of LPG cylinders inside a condominium poses challenges related to the risk of leakage, either during transport or due to improper handling. Therefore, it is important to design a distribution system that guarantees a safe and efficient supply. To achieve this, priority was given to compliance with the restrictions of the INEN 2260 standard, followed by the selection of the LPG batteries for the plant, which together with the calculation of the maximum demand allowed the number of cylinders to be established, from which the design of the LPG storage plant, the distribution pipes and the fire protection system was carried out using the standards of the standard and concepts of fluid mechanics. On the other hand, a cost-benefit analysis was carried out, the return on investment is 5 years with a useful life of the system of 25 years, in addition to a saving of 37% in each replacement and 30% in the initial investment. So according to this the feasibility of LPG distribution in this condominium is high given the cost-benefit results, at the same time safety and efficiency in the supply of LPG are prioritised elements that contribute to improving the quality of life of the residents.

Keywords: LPG Batteries, LPG Storage Plant, LPG Distribution, Maximum Demand

ÍNDICE GENERAL

Resumen	I
Abstract	II
ÍNDICE GENERAL	III
Abreviaturas	VII
Simbología	VIII
Índice de figuras	XI
Índice de tablas	XIII
ÍNDICE DE PLANOS	XIV
Capítulo 1	1
1 Introducción	2
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Justificación del problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 Generalidades	5
1.4.2 Descripción del GLP como fuente de energía común en los hogares	7
1.4.3 Instalaciones de redes centralizadas de GLP	9
1.4.4 Riesgos asociados a la manipulación del GLP	10
1.4.5 Seguridad en el uso de GLP	12
1.4.6 Condiciones generales de la instalación	12
1.4.7 Conceptos de Ingeniería Mecánica aplicados al proyecto	14
Capítulo 2	19
2. Metodología	20
2.1 Flujograma	20
2.2 Alternativas para selección de almacenamiento	22

2.2.1	Alternativa 1:.....	22
2.2.2	Alternativa 2:.....	23
2.2.3	Alternativa 3: Instalación de GLP en depósito fijo	24
2.3	Criterios de selección de alternativas para selección de almacenamiento	25
2.3.1	Costo de implementación	25
2.3.2	Seguridad.....	25
2.3.3	Logística de abastecimiento	26
2.3.4	Espacio de instalación	26
2.3.5	Instalación del sistema	27
2.3.6	Duración	27
2.4	Matriz de decisión para central de almacenamiento GPL	27
2.5	Alternativas de factibilidad del uso de medidores	28
2.5.1	Alternativa 1: Sistemas de distribución de GLP con el uso de medidores.....	28
2.5.2	Alternativa 2: Sistemas de distribución GPL sin el uso de medidores.....	30
2.6	Criterios de selección de alternativas para factibilidad del uso de medidores	31
2.6.1	Costo.....	31
2.6.2	Control de consumo	31
2.6.3	Seguridad.....	32
2.6.4	Logística de reposición.....	32
2.7	Matriz de decisión para factibilidad del uso de medidores	32
2.8	Diseño de central de almacenamiento del GLP.....	33
2.8.1	Cálculo de la demanda	34
2.8.2	Potencia máxima instalada	35
2.8.3	Caudal de simultaneidad	36
2.9	Vaporización natural	36
2.9.1	Cálculo del número de cilindros.....	36
2.9.2	Tiempo de reposición	37
2.9.3	Potencia permisible	37
	Acondicionamiento de caseta de GLP.....	37
2.9.4	Selección de locación	37
2.9.5	Acondicionamiento de caseta encastrada	39

2.10	Distribución y selección de tuberías.....	39
2.10.1	Selección de tuberías.....	39
2.10.2	Unión de tuberías.....	41
2.11	Selección de componentes.....	41
2.11.1	Centralinas.....	41
2.11.2	Reguladores.....	42
2.11.3	Válvulas.....	46
2.11.4	Sensores.....	49
2.11.5	Medidores de GLP.....	51
2.12	Sistema contra incendios.....	52
2.12.1	Selección de extintor.....	54
2.12.2	Cálculos de requerimientos.....	55
2.13	Rotulado.....	58
Capítulo 3	60
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	61
3.1	Selección de espacio de la central de GLP.....	61
3.2	Diseño de central de almacenamiento de GLP.....	63
3.3	Centralinas.....	64
3.3.1	Sistema de reposición.....	64
3.4	Distribución de tuberías.....	66
3.4.1	Tramo de centralinas y medidores.....	66
3.4.2	Tuberías - Departamento 1.....	67
3.4.3	Tuberías - Departamento 2.....	68
3.4.4	Tuberías - Departamento 3.....	70
3.4.5	Tuberías departamento 4.....	71
3.5	Sistema Contra incendios.....	71
3.6	Análisis de costos del proyecto.....	72
Capítulo 4	75
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
4.1	Conclusiones.....	76

4.2	Recomendaciones.....	77
5.	Referencias.....	79
6.	Apéndices.....	83

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
GLP	Gas Licuado de Petróleo
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	Internacional Organization for Standardization
NFPA	National Fire Protection Association
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción.
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana

Simbología

\dot{m}_i	Flujo masico individual por equipo
P_i	Potencia nominal de cada Equipo
W	Poder calorífico del GLP
\dot{m}_d	Flujo másico diario del condominio
m_i	Flujo masico individual por cada departamento
f_{u_i}	Factor de uso
h_i	Horas de uso del electrodoméstico
N_h	Es el número total de hornillas de la cocina
n_h	Es el número de hornillas que se usan normalmente
m_c	Masa del cilindro
t_d	Tiempo de duración del cilindro conectado a cada electrodoméstico
P_{it}	Potencia máxima instalada
\dot{m}_m	Es el flujo masico máximo
n_i	Número de viviendas de igual potencia.
S_{ni}	Factor de simultaneidad
N	Cantidad de cilindros de 15kg
t	Tiempo de reposición
R_v	Razón de vaporización
P_{per}	Es la potencia máxima que puede abastecer este diseño
P	Presión del GLP en la tubería.
\dot{V}	Flujo volumétrico
R	La constante de gas ideal
M	La masa molar del GLP

a_g	Constante 1 de la ecuación de Van der Waals para el GLP
b_g	Constante 2 de la ecuación de Van der Waals para el GLP
a_{pro}	La constante 1 de Van der Waals para el propano
a_{but}	La constante 1 de Van der Waals para el butano
b_{pro}	La constante 2 de Van der Waals para el propano
b_{but}	La constante 2 de Van der Waals para el butano
A	Área transversal de la tubería de GLP
v	Velocidad del gas dentro de la tubería de GLP
Q	Es el caudal del rociador
K	Constante propia del rociador
P	Presión de trabajo el rociador
ρ_R	Es la densidad recomendada por la norma NFPA 13
A_p	Es el área de protección
\bar{v}	Velocidad media en la tubería del sistema contraincendios
A_t	Área de la tubería
Δz	La altura del tanque de almacenamiento
g	La gravedad
D	El diámetro de la tubería del sistema contraincendios
d	Diámetro de la tobera del rociador
f	Factor de fricción de Darcy para tubería.
L	Longitud de la tubería [m].
K_e	Coefficiente de perdidas por accesorio.
h_B	Cabezal de bomba
ϵ	Rugosidad absoluta
Re	Numero de Reynolds

ρ	Es la densidad del agua
ν	Viscosidad dinámica
P_h	Es la potencia hidráulica
ρ_a	Densidad del agua

Índice de figuras

Figura 1.1 <i>Distribucion Sectorial de la Participacion del Suministro de GLP</i>	8
Figura 1.2 <i>Empresas Encargadas de la Comercialización GLP en Ecuador</i>	9
Figura 1.3 <i>Clasificación de Riesgos del Manejo del GLP Según la Norma NFPA</i>	11
Figura 2.1 <i>Diagrama de Flujo del Proceso</i>	21
Figura 2.2 <i>Central de Almacenamiento de GLP con Cilindros de 15 kg</i>	23
Figura 2.3 <i>Central de Almacenamiento de GLP con Cilindros de 45 kg</i>	24
Figura 2.4 <i>Central de GLP con un Sistema fijo</i>	25
Figura 2.5 <i>Modelo de Caseta Encastrada</i>	27
Figura 2.6 <i>Diseño del Sistema de Distribucion de GLP con Uso de Medidores</i>	30
Figura 2.7 <i>Diseño de Sistema de Distribución de GLP sin el Uso de Medidores</i>	31
Figura 2.8 <i>Plano de la Planta Baja del Condominio</i>	38
Figura 2.9 <i>Centralina Manual de Gas para 6 Cilindros de GLP</i>	42
Figura 2.10 <i>Inversor Automático 924 Reca</i>	44
Figura 2.11 <i>Regulador de Segunda Etapa</i>	45
Figura 2.12 <i>Regulador de tercera etapa con salida a 28mBar</i>	46
Figura 2.13 <i>Válvula de Alivio</i>	47
Figura 2.14 <i>Válvula de Esfera Roscada para Gas 1/2 de pulgada IP-412</i>	48
Figura 2.15 <i>Abrazadera Isofónica</i>	49
Figura 2.16 <i>Detector de Humo</i>	50
Figura 2.17 <i>Detector de GLP</i>	51
Figura 2.18. <i>Medidor de Flujo Volumétrico G1.6</i>	52
Figura 2.19 <i>Extintor de Polvo Seco de 9kg</i>	54
Figura 2.20 <i>Rociador de Respuesta Estándar Montante VK145 (K5,6)</i>	55
Figura 2.21 <i>Señaléticas de Seguridad</i>	59
Figura 3.1 <i>Selección de Espacio de Almacenamiento de GLP</i>	62
Figura 3.2 <i>Reja de ventilación para la central de GLP</i>	62
Figura 3.3 <i>Distribución de los Cilindros de 15 kg</i>	63
Figura 3.4 <i>Ubicación de las Centralinas de GLP</i>	64
Figura 3.5 <i>Funcionamiento de Sistema con la Centralina 1 Abasteciendo</i>	65
Figura 3.6 <i>Funcionamiento del Sistema con Centralina 2 Abasteciendo</i>	66
Figura 3.7 <i>Distribución de Tuberías de las Centralinas hasta lo Medidores</i>	67
Figura 3.8 <i>Distribución de las Tuberías para el Departamento 1</i>	68

Figura 3.9 <i>Distribución de las Tuberías para el Departamento 2</i>	69
Figura 3.10 <i>Distribución de Tuberías para el Departamento 3</i>	70
Figura 3.11 <i>Distribución de Tuberías para el Departamento 4</i>	71
Figura 3.12 <i>Sistema contraincendios</i>	72
Figura B. 1 <i>Especificaciones Técnicas del Inversor Automático</i>	94
Figura B. 2 <i>Especificaciones Técnicas del Regulador de Segunda Etapa</i>	94
Figura B. 3 <i>Especificaciones Técnicas del Regulador de Tercera Etapa</i>	95
Figura B. 4 <i>Especificaciones Técnicas del Medidor de GLP</i>	95
Figura B. 5 <i>Especificaciones Técnicas de las Tee de Cobre</i>	96
Figura B. 6 <i>Especificaciones Técnicas de los Codos de Cobre</i>	96
Figura B. 7 <i>Especificaciones Técnicas del Extintor seleccionado</i>	97
Figura B. 8 <i>Nomenclatura de las Tuberías de Cobre</i>	98
Figura B. 9 <i>Dimensiones de Tuberías de Cobre Tipo M, L y K</i>	98
Figura B. 10 <i>Propiedades Físicas de las Tuberías de Cobre</i>	99
Figura B. 11 <i>Tubería Contraincendios ASTM A795</i>	100
Figura B. 12 <i>Cotización de la instalación del GLP centralizado por TENERGY S.A.S.</i>	101
Figura B. 13 <i>Proforma de fabricación de reja de ventilación</i>	102

Índice de tablas

Tabla 1.1 <i>Composición Química de Propano y Butano Comercial</i>	6
Tabla 1.2 <i>Propiedades Físicas del Butano y Propano Comercial</i>	7
Tabla 1.3 <i>Características de Ignición del GLP</i>	11
Tabla 1.4 <i>Razón de Vaporización para Cilindros GLP de 15 kg y 45kg</i>	17
Tabla 1.5 <i>Constantes de Van der Waals</i>	18
Tabla 2.1 <i>Rango de Valores para Cuantificar los Criterios de Selección de Alternativas</i>	28
Tabla 2.2 <i>Matriz de Decisión para Selección del Sistema Centralizado de GLP</i>	28
Tabla 2.3 <i>Matriz de Decisión para la Selección del Uso de Medidores</i>	33
Tabla 2.4 <i>Datos de Uso del Equipos en el Condominio</i>	34
Tabla 2.5 <i>Limitaciones de Área de Protección Según el Tipo de Riesgo</i>	53
Tabla 2.6 <i>Coberturas y Distanciamiento a través de Cálculo Hidráulico</i>	53
Tabla 3.1 <i>Costos de realización del proyecto</i>	73
Tabla A. 1 <i>Resultados de Cálculo de Demanda con el Método 1</i>	84
Tabla A. 2 <i>Resultados de Cálculo de Demanda con el Método 2</i>	84
Tabla A. 3 <i>Resultados para la Selección del Diámetro de Tubería Primer Tramo</i>	89
Tabla A. 4 <i>Resultados para la Selección del Diámetro de Tubería Segundo Tramo</i>	90
Tabla B. 2 <i>Especificaciones Técnicas de Tubería ASTM A795</i>	103
Tabla B. 3 <i>Propiedades Físicas del Agua</i>	103
Tabla B. 4 <i>Rugosidad Absoluta para Materiales en Ingeniería</i>	104
Tabla B. 5 <i>Presiones de operación para prueba de presión</i>	104

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Sistema de red para distribución de GLP
- PLANO 2 Planos para instalación de red para distribución de GLP - Centralina y medidores
- PLANO 3 Planos para instalación de red para distribución de GLP - Departamento #1
- PLANO 4 Planos para instalación de red para distribución de GLP - Departamento #2
- PLANO 5 Planos para instalación de red para distribución de GLP - Departamento #3
- PLANO 6 Planos para instalación de red para distribución de GLP - Departamento #4
- PLANO 7 Distribución domiciliaria-Planta baja
- PLANO 8 Distribución domiciliaria - Primer piso
- PLANO 9 Distribución domiciliaria-Segundo piso
- PLANO 10 Distribución domiciliaria propuesta-Planta baja

Capítulo 1

1 INTRODUCCIÓN

El acceso seguro y eficiente a fuentes de energía es esencial para mejorar la calidad de vida de los residentes en un condominio. En el contexto actual, donde el GLP desempeña un papel crucial como fuente de energía en hogares y departamentos, la distribución de GLP plantea desafíos significativos en términos de seguridad, accesibilidad y eficiencia. Este proyecto tiene como objetivo abordar estos desafíos diseñando una red de distribución de GLP que garantice un suministro seguro y eficiente en un condominio residencial con múltiples departamentos.

El transporte de cilindros de GLP presenta riesgos ergonómicos asociados al levantamiento de cargas, mantenimiento de posturas forzadas y realización de movimientos repetitivos. Como resultado, se ha establecido un ciclo perjudicial que desencadena consecuencias negativas en la salud de las personas. (AGIP GAS, 2013)

La seguridad de los residentes es primordial, y las regulaciones gubernamentales locales también establecen límites en la cantidad de puntos de suministro en viviendas. Por lo tanto, es necesario implementar una red de distribución de gas que cumpla con las normativas y proporcione un acceso constante a una fuente de energía confiable y asequible.

Este proyecto se basa en un enfoque integral que implica el análisis de la demanda estimada actual y proyectada de GLP, la evaluación de alternativas considerando múltiples factores, el dimensionamiento y selección de componentes de la red de distribución, así como un análisis de costos, análisis de seguridad y beneficios para evaluar la rentabilidad del sistema. Al lograr estos objetivos, no solo se garantiza la seguridad y eficiencia en la distribución de GLP, sino que también se contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, en particular el ODS 7. Este objetivo se enfoca en asegurar el acceso a una energía asequible, confiable, sostenible y moderna, y específicamente busca cumplir con el indicador 7.1.2, que evalúa la proporción de la población que utiliza fuentes primarias de energía basadas en combustibles y tecnologías limpias.

Este proyecto se llevará a cabo en el condominio del Sr. Tyrone Atilio Villavicencio López, ubicado en la ciudad de Guayaquil, en Sauces IX MZ. 530 V.26, que consta de cuatro departamentos. A través de un enfoque multidisciplinario que integra principios de ingeniería, normativas legales y un compromiso con la seguridad y la sostenibilidad, se busca proporcionar a los residentes un sistema de distribución de GLP que mejore su calidad de vida y su seguridad, al tiempo que garantiza la viabilidad económica del proyecto.

1.1 Descripción del problema

En la actualidad, la demanda de GLP como fuente de energía para usos domésticos es una necesidad esencial en diversos hogares y departamentos. Sin embargo, la logística y la eficiencia en la distribución de GLP en viviendas con múltiples departamentos presenta una serie de desafíos y limitaciones. El problema central es la distribución de GLP que pueda satisfacer de manera eficiente y segura las necesidades de suministro en el domicilio, ya que transportar tanques de gas licuado del petróleo con un peso de 15 kg presenta riesgos ergonómicos asociados al levantamiento de cargas, mantenimiento de posturas forzadas y realización de movimientos repetitivos. Como resultado, se ha establecido un ciclo perjudicial que desencadena consecuencias negativas en la salud de las personas. Por esto se deben considerar factores claves como la seguridad, la disponibilidad constante, regulaciones gubernamentales locales y la rentabilidad en el análisis de la factibilidad de una red de distribución de gas GLP. Por lo que se realizará el diseño de una red de distribución de gas GLP para el condominio del Sr. Tyrone Atilio Villavicencio López ubicado en la ciudad de Guayaquil en Sauces IX MZ.530 V.26 el mismo que cuenta con cuatro departamentos.

1.2 Justificación del problema

Mejorar la calidad de vida de los residentes del domicilio, es esencial abordar la distribución de GLP de manera segura y eficiente. El transporte de cilindros de gas puede conllevar riesgos que afectan la integridad de quienes residen en el condominio y en la

actualidad en Ecuador estos se hacen cada vez más presentes. (DIARIO EXPRESO, 2021) afirma. “El Cuerpo de Bomberos reporta alza en las deflagraciones en domicilios. En menos de cinco meses se atendieron 27 emergencias dejando cinco personas heridas y miles de dólares en daños materiales.”. Si bien es cierto el GLP es una fuente de energía altamente accesible y versátil, pero debe ser manipulada con las debidas precauciones debido a su volatilidad e inflamabilidad.

Además, de acuerdo con (BOMBEROS QUITO, 2021). “La norma limita a un máximo de dos puntos de suministro en las viviendas, lo que lleva a la necesidad de implementar una red de distribución. En este contexto, el diseño debe ajustarse de manera rigurosa a la norma NTE INEN 2260” (p.43). Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial, deben cumplir con todas las regulaciones pertinentes de las instituciones nacionales involucradas en el proceso. Esta implementación no solo garantizará la seguridad del usuario, sino también el acceso a una energía asequible, fiable sostenible y moderna como lo establece el séptimo Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS), además de asegurar la viabilidad económica del sistema de distribución de gas. Asimismo, el trabajar en sectores de productivos como la construcción y servicios sociales relacionados con la salud humana contribuirá a incrementar el valor de la vivienda percibido por los residentes, gracias a la confiabilidad y ergonomía que proporcionará. Para lograr estos objetivos, es necesario evaluar diferentes alternativas que se ajusten a los requisitos específicos del domicilio, los cuales serán proporcionados por el cliente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar una red de distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) que garantice un suministro seguro y eficiente de GLP en domicilio con múltiples departamentos mediante la aplicación de principios y estándares de ingeniería.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Realizar un estudio de la demanda actual y proyectada de GLP en el domicilio, identificando patrones de consumo y requerimientos específicos de los usuarios.
2. Evaluar distintas alternativas tomando en consideración factores como; seguridad de los residentes, disponibilidad energética, regulaciones gubernamentales y costos.
3. Realizar el dimensionamiento y selección de los componentes que formaran parte de la red de distribución de gas GLP y de la central de almacenamiento.
4. Realizar un análisis de costos y beneficios para la evaluación de rentabilidad de la red de distribución de GLP, considerando la inversión inicial y los ahorros potenciales para los usuarios.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Generalidades

El Gas Licuado del Petróleo (GLP) es un derivado del petróleo ampliamente utilizado como fuente de energía en hogares e industrias debido a su versatilidad y accesibilidad. Esta versatilidad se debe a su capacidad de evaporarse a temperaturas relativamente bajas a presión atmosférica.

El GLP es un hidrocarburo que se obtiene del proceso de refinación del petróleo o en el proceso de separación de los gases y las gasolinas contenidas en los líquidos de gas natural. El Gas Licuado de Petróleo, GLP, se adquiere en forma gaseosa y se transforma en estado líquido a través de la compresión y el enfriamiento, con el propósito de simplificar su manipulación y comercialización. (Teps Group S.A.C., 2011)

El GLP constituye una mezcla de propano y butano, los porcentajes de cada elemento varía dependiendo el país y de la entidad encargada de la producción. Los porcentajes de propano y butano usados en Ecuador en la producción Nacional de GLP son del 70% y 30% respectivamente, estos dos componentes son comerciales, es decir, pueden contener

otros compuestos dentro de los mismos, pero estos son los que se encuentran en mayor porcentaje, a continuación, se presentan los elementos que intervienen en la composición del propano comercial. (EP PETROECUADOR, 2019)

En la Tabla 1.1 se muestra la composición química del propano y butano comercial de acuerdo con normas internacionales.

Tabla 1.1

Composición Química de Propano y Butano Comercial

Componentes	Propano Comercial	Butano comercial
Etano	0.63 %	0.44%
Propano	87.48%	9.14%
Isobutano	6.30%	30.80%
Butano normal	5.59%	59.60%

Datos obtenidos de (Arrué y Romero, 2007)

El GLP posee propiedades físicas y químicas que son esenciales para su uso seguro, el conocimiento y comprensión de estas propiedades crucial para prevenir acciones de alto riesgo. Estas propiedades son; la densidad, temperatura de evaporación, la presión de vapor, la toxicidad, inflamabilidad, compresibilidad, la viscosidad, la ausencia de olor y color. Uno de los desafíos notables asociados con el uso del GLP es la falta de una característica odorífera natural. Esto implica que, en caso de una fuga, su detección puede ser difícil, para resolver esta cuestión, en la producción se incorporan pequeñas partículas orgánicas de azufre al GLP, lo que mejora notablemente su capacidad de detección por medio del olfato humano. (Arrué y Romero, 2007)

En la tabla 1.2 presentan las propiedades para un GLP convencional que está compuesto por 70% propano comercial y 30% butano comercial:

Tabla 1.2

Propiedades Físicas del Butano y Propano Comercial

Propiedad	GLP (70% propano y 30% butano)		
	Propano	Butano	30% butano)
Densidad relativa del líquido a 15°C	0.50-0.51	0.57-0.58	0.53
Densidad Relativa del gas comparado con el aire a 15°C y presión atmosférica.	1.40-1.55	1.90-2.10	1.71
Temperatura de ebullición (°C) a presión atmosférica.	-45-0	-2.0	-25.5
Presión de vapor (kPa) a 37,8°C	1 434	482	1 103

Datos obtenidos de (Snow, 2002), estas propiedades permiten tomar medidas de seguridad para evitar principalmente incendio por fugas.

1.4.2 Descripción del GLP como fuente de energía común en los hogares

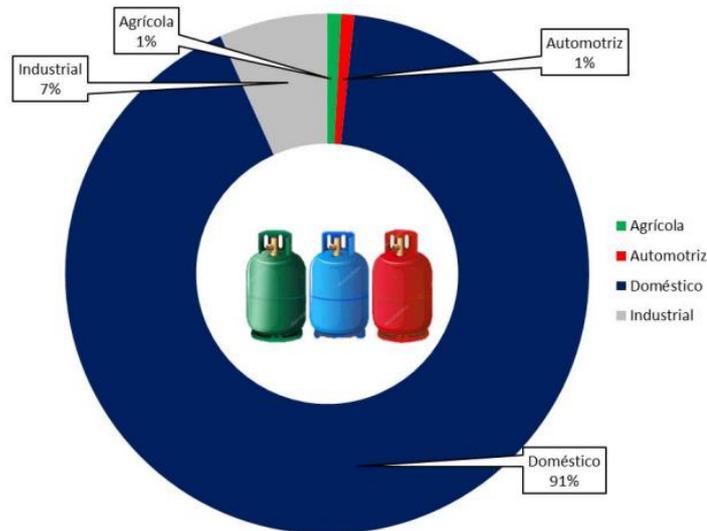
El gas desempeña un papel esencial en la rutina diaria de la población, siendo necesario tanto para diversas labores domésticas como para su aplicación en entornos industriales o comerciales. Según datos proporcionados por la Asociación Ecuatoriana de Empresas Comercializadoras de GLP (Asogas), durante el periodo comprendido entre enero y mayo de 2022, se registró un consumo promedio de más de 473 mil toneladas de GLP. (EL NUEVO TIEMPO, 2023)

La demanda de GLP, suministrado por las proveedoras asociadas a EP Petroecuador, se manifiesta en diversos sectores, incluyendo el ámbito agrícola, automovilístico, residencial e industrial. Sin embargo, es importante destacar que más del 90% de la demanda total se enfoca en el sector doméstico. (Sánchez, 2020).

En la figura 1.1 se muestra uso de GLP en el Ecuador mediante el porcentaje de participación que tienen los diferentes sectores a los que comercializa Gas Licuado de Petróleo, la empresa EP Petroecuador.

Figura 1.1

Distribucion Sectorial de la Participacion del Suministro de GLP



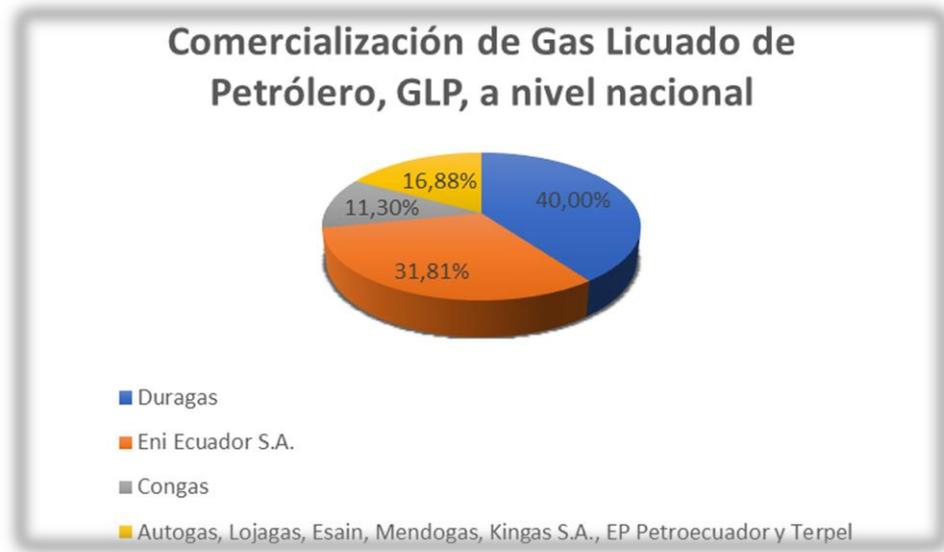
Nota. Datos proporcionados por parte de la empresa EP Petroecuador.

Aproximadamente 300,000 sistemas de agua caliente sanitaria que operan con Ose022 encuentran en funcionamiento en Ecuador, la mayoría ubicados en las provincias de la Sierra e instalados mayormente en los hogares de ingresos económicos más elevados. El GLP es un combustible subvencionado por el estado ecuatoriano con fines de cocción. (Pesantez, 2013)

Por otro lado, de acuerdo con (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2023) “La comercialización de GLP, a nivel nacional se ubicó en 14’868.996 bls.” (p.6). La figura 1.2 muestra el porcentaje que cada empresa comercializó de GLP.

Figura 1.2

Empresas Encargadas de la Comercialización GLP en Ecuador



Nota. La mayor participación en el mercado nacional la tiene Duragas con un 40% seguido de Eni Ecuador S.A. Fuente (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2023)

1.4.3 Instalaciones de redes centralizadas de GLP

En la instalación de un gas combustible deben cumplir con una serie de requisitos estos están establecidos por normas locales, en el caso del Ecuador es la INEN 2260.

El diseño, las medidas, los componentes, los complementos y los métodos de conexión la instalación de gas combustible deben estar configurados de manera que aseguren un flujo de gas apropiado para satisfacer los requisitos de los dispositivos que se conectarán, además de garantizar la seguridad en el transporte del gas hasta estos dispositivos. (NTE INEN 2260, 2010)

En el diseño de la instalación se deben tener en cuenta estos aspectos que indica la norma INEN 2260:

- Familia y denominación del gas.
- Poder calorífico superior.
- Densidad Relativa.
- Caudal, presiones máxima y mínima en tuberías de conducción y artefactos de gas.

- Presencia eventual de condensadores.
- Medio exterior con el que este en contacto.
- En el caso de los medidores de GLP se debe especificar el factor de conversión volumen-masa.
- El factor de simultaneidad de operación.
- Considerar uno o evacuación dispositivos de evacuación de condensadores, cuando el trazado de la instalación y las características del gas lo hagan necesario.

1.4.4 Riesgos asociados a la manipulación del GLP

La relevancia de los sistemas de prevención de riesgos en los procesos logísticos de suministro de GLP en condominios está determinada en gran medida por las características de inflamabilidad y explosividad inherentes al Gas Licuado de Petróleo.

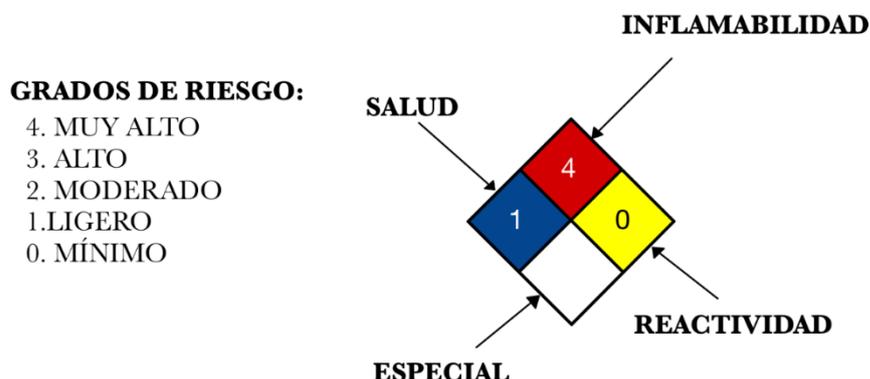
Esta importancia se acentúa especialmente cuando se considera no solo el almacenamiento de este derivado del petróleo, sino también su transporte. (VERONICA, 2016)

El almacenamiento seguro del GLP requiere depósitos al aire libre o ventilados que estén libre de fugas y equipados con sistemas automatizados para prevenir presiones excesivas del gas. Esto se debe a que tanto, las fugas como las altas presiones pueden tener consecuencias potencialmente graves para el personal, considerando la alta inflamabilidad del gas licuado de petróleo. (Richard, 2010)

El hecho de trabajar con gases explosivos se transforma en una actividad altamente riesgosa, por esto para tomar las debidas precauciones se establece una clasificación según la norma NFPA, la cual presenta la siguiente clasificación de riesgos del GLP en la figura 1.3.

Figura 1.3

Clasificación de Riesgos del Manejo del GLP Según la Norma NFPA



La Figura 1.3 muestra que, para la salud (1) bajo condiciones de emergencia, puede causar irritación significativa, para la inflamabilidad (4) son vapores que se dispersan rápidamente en el medio ambiente y se queman con facilidad, para la reactividad es un gas que normalmente es estable, finalmente especial hace referencia a la reacción con el agua y oxidación de materiales que pueden requerir técnicas especializadas para combatir incendios. La Tabla 1.3 muestra las características de ignición del GLP, que son importantes en la prevención de accidentes. Fuente (LOJAGAS, 2020)

Tabla 1.3

Características de Ignición del GLP

Característica	Valor	Unidades
Punto Flash	-98.9	°C
Temperatura de ebullición	-32.5	°C
Temperatura de autoignición	435.0	°C
Límites de explosividad	1.8-9.3	%

Datos obtenidos de (Pemex, 2007)

1.4.5 Seguridad en el uso de GLP

El diseño, las especificaciones dimensionales, la selección de materiales, los componentes accesorios y los métodos de ensamblaje de la instalación de gas combustible deberán ser concebidos de manera que aseguren un flujo adecuado de gas para satisfacer las necesidades operativas de los equipos conectados, al tiempo que garantizan la integridad y seguridad del transporte del gas hacia los puntos de destino. (NTE INEN 2260, 2010)

1.4.6 Condiciones generales de la instalación

Las instalaciones destinadas al suministro de gases combustibles deben abordar, como mínimo, los siguientes aspectos fundamentales. En primer lugar, en términos generales, se requiere que las instalaciones de gas estén diseñadas de manera que todas sus componentes sean accesibles para su reparación o reemplazo, ya sea de manera total o parcial, en cualquier punto durante su vida útil, a excepción de las tuberías embebidas. Además, la presión máxima permisible en sistemas de tuberías instalados en espacios residenciales, como departamentos y casas, no debe exceder los 35 kPa. Es importante destacar que se prohíbe la ubicación de válvulas, reguladores, armarios de contadores, contadores y tubería vista en las áreas de las escaleras de emergencia, así como el acceso a estos elementos a través de dichas áreas, incluso si estos elementos se encuentran fuera de este espacio designado. (NTE INEN 2260, 2010)

1.4.6.1 Tuberías

Las instalaciones de tuberías destinadas a la distribución de gases combustibles, sea en entornos residenciales, comerciales o industriales, pueden adoptar diversas modalidades, siendo estas visibles a simple vista o estar ocultas, ya sea embebidas en estructuras, enterradas bajo tierra o dispuestas en ductos. Estas instalaciones deben cumplir

rigurosamente con los requisitos y estándares establecidos, tal como se detallan en la tabla 3 de la norma NTE INEN 2260. (NTE INEN 2260, 2010)

1.4.6.2 GLP en edificaciones

Las construcciones que alberguen dispositivos que funcionen a base de gas deben estar en conformidad con la norma NTE INEN 2260, que establece los requisitos de seguridad y diseño. Además, se deben seguir las regulaciones adicionales correspondientes para garantizar la seguridad y eficiencia de la instalación descritas a continuación. (NEC, 2021)

- Para edificaciones nuevas, se requiere que los cilindros se encuentren posicionados en áreas exteriores a dichas edificaciones.
- En caso de realizar reformas en edificios donde no sea factible instalar los cilindros en el exterior, se permite la ubicación de un solo cilindro en el interior, sujeta a la previa aprobación de la autoridad competente. Para ello, es necesario contar con un área efectiva de ventilación de al menos 200 cm², compuesta por una abertura inferior ubicada a no más de 15 cm del suelo y una abertura superior a una altura igual o menor a 40 cm desde el techo..
- El número máximo de cilindros de 15 kg de capacidad, instalados en un sitio específico debe ser de dos cilindros en operación por unidad habitacional en edificios con un máximo de 4 departamentos y para reposición sean llenos o vacíos un máximo de dos cilindros por unidad habitacional. Para edificios de más de 4 departamentos no se debe utilizar este tipo de almacenamiento. No aplica para instalaciones comerciales e industriales.
- La capacidad máxima de almacenamiento de gas combustible en cilindros autorizada en edificaciones verticales de uso residencial no debe exceder los 180 kg en total, considerando la suma de las capacidades unitarias de los cilindros.

1.4.7 Conceptos de Ingeniería Mecánica aplicados al proyecto

1.4.7.1 Potencia Nominal

La potencia se define como la cantidad de trabajo realizado en un período de tiempo específico, o como la transferencia de energía térmica en una unidad de tiempo. Se mide en kilovatios (kW), en lugar de las antiguas calorías por hora (kcal/h). La potencia de un quemador se considera mayor si puede generar el mismo aumento de temperatura en menos tiempo en comparación con otro quemador. En el contexto de los electrodomésticos, se utiliza el término "potencia nominal" para describir la cantidad de energía que un dispositivo consume cuando funciona a su capacidad máxima. Esto significa que la potencia nominal de un electrodoméstico, como una cocina, representa el consumo de energía cuando todas las hornillas están encendidas al máximo, e incluso cuando se utiliza el horno si el electrodoméstico lo tiene. (López, 2001)

1.4.7.2 Presión

Se refiere a la fuerza aplicada por cada unidad de área. Los gases contenidos en un recipiente están sujetos a esta fuerza, que se utiliza para transportarlos a los dispositivos de consumo a través de tuberías. La presión puede ajustarse a la baja mediante reguladores o incrementarse con bombas y compresores, esta se mide a través de manómetros, y la unidad de medida común es el Pascal, aunque debido a su pequeña magnitud, la Unión Europea recomienda utilizar el bar como unidad más práctica. Es importante tener en cuenta que la presión se mide en relación a la presión atmosférica, lo que significa que la medición de los instrumentos es de tipo manométrico. Este detalle es relevante al realizar los cálculos necesarios. (López, 2001)

1.4.7.3 Energía

Esta medida se emplea para cuantificar diversas formas de energía, como el calor y el trabajo, que comparten la misma unidad. El trabajo proviene de la aplicación de fuerza a través de una distancia, y esto guarda una relación con la medición de calor, que es lo que

se suele evaluar. La cantidad de energía que un dispositivo recibe de un gas se calcula multiplicando la tasa de flujo por el valor del poder calorífico del gas, siendo el kilovatio-hora (kWh) la unidad de medida más común. (López, 2001)

1.4.7.4 Flujo térmico

La potencia generada por un dispositivo se expresa en kilovatios (kW). Cuando se tiene en cuenta el poder calorífico superior, se refiere a una potencia superior o potencia nominal (P_s o P_n). Por otro lado, si se considera el poder calorífico inferior, se habla de consumo de calor o potencia inferior. (López, 2001)

1.4.7.5 Poder calorífico

El poder calorífico absoluto o superior de un combustible se refiere a la cantidad de calor liberado durante la quema de 1 kilogramo o 1 metro cúbico de dicho combustible (según la unidad de medida utilizada), teniendo en cuenta también el calor producido por la condensación del agua generada por la combustión del hidrógeno, si este está presente. (Arrué y Romero, 2007)

1.4.7.6 Vaporización natural

Dentro del envase de GLP, tanto la fase líquida como la fase de vapor coexisten en equilibrio. Cada temperatura específica se asocia con una presión de equilibrio, este solo se ve afectado cuando cambia la temperatura ambiental o se extrae gas del envase.

Cuando la temperatura ambiente aumenta, el líquido se expande, lo que resulta en la condensación de parte del vapor, alcanzando un nuevo equilibrio a una presión mayor que la anterior. Por otro lado, si la temperatura ambiente desciende, el equilibrio se restablece a una presión de vapor más baja. (López, 2001)

Cuando extraemos gas de un contenedor de GLP, rompemos el equilibrio de presión entre la fase líquida y gaseosa, ya que el gas se expone a la presión atmosférica, esto provoca que el líquido comience a hervir de manera intensa, generando una vaporización tumultuosa. El gas en fase vapor sale impulsado por su propia presión, mientras que la

fase líquida se vaporiza en un intento por restablecer el equilibrio perdido. La vaporización requiere calor, que se obtiene del propio líquido en forma de "calor latente de vaporización", lo que lo enfría, dado que el líquido suele estar más frío que la temperatura ambiente, absorbe calor de su entorno a través de las paredes del contenedor. Si el calor exterior no es suficiente para la vaporización requerida, el líquido se enfriará, lo que disminuirá la presión dentro del contenedor y, por lo tanto, reducirá la cantidad de gas suministrado, lo que podría resultar insuficiente. Para aumentar el flujo de vapor, es necesario agregar calor al contenedor o combinar el flujo de varios contenedores conectados en una configuración de descarga múltiple. (López, 2001).

La cantidad de cilindros de GLP requeridos para una instalación interior se determina teniendo en cuenta la razón de vaporización y el consumo máximo de la instalación. Este cálculo se realiza a partir de la relación de la potencia total, que es la suma de las potencias nominales de los artefactos, y la razón de vaporización (kW) según la Tabla 1.4 (MINISTERIO DE ECONOMIA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN, 2007)

Tabla 1.4

Razón de Vaporización para Cilindros GLP de 15 kg y 45kg

Temperatura de cálculo (°C)	Cilindro tipo 15 kg		Cilindro tipo 45 kg	
	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo
	Intermitente	Continuo	Intermitente	Continuo
	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)
20	20	17	44	38
15	19	16	41	35
10	18	15	39	33
5	17	14	37	31
0	16	13	34	28
-5	15	12	30	24
-10	14	10	28	21
-15	12	8	23	16
-20	9	6	17	10

Datos obtenidos de (MINISTERIO DE ECONOMIA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN, 2007), esta tabla contiene la razón de vaporización según el tipo de cilindro, temperatura ambiente mínima y frecuencia de consumo.

1.4.7.7 Ecuación de Van Der Waals

Durante un extenso periodo, se ha establecido la relación entre las variables termodinámicas del conocido gas ideal. No obstante, dicha ecuación de estado no ofrece predicciones para la transición entre los estados gaseoso y líquido. La primera investigación sistemática sobre el comportamiento de un gas en su transición hacia el

estado líquido y viceversa fue realizada por el físico escocés T. Andrews en el año 1869. (Herrera, 2006)

Apenas cuatro años después de que se divulgaran los resultados de los estudios de Andrews, el físico neerlandés Johannes Diderik van der Waals (vdW) presentó su tesis doctoral titulada "On the continuity of the gaseous and the liquid state" en la Universidad de Leiden. En esta tesis, Van der Waals propuso una teoría notablemente simple para explicar el comportamiento de una sustancia en la región donde coexisten los estados líquido y vapor. Basándose en el tamaño finito de las moléculas de un gas y considerando que las fuerzas de interacción fuera de las paredes del recipiente son fuerzas atractivas entre moléculas, llegó a una formulación semiempírica. (Herrera, 2006)

Dado que el GLP, es una combinación de propano y butano, se deben encontrar las constantes de Van der Waals específicas para cada gas, estas se muestran en la tabla 1.5:

Tabla 1.5

Constantes de Van der Waals

Constante	Propano	Butano
a [Jm^3/mol^2]	0,8779	1,466
b [m^3/mol]	$0,08445 \times 10^{-3}$	$0,1226 \times 10^{-3}$

Nota. Datos obtenidos de (Atkins Peter, 2006)

Capítulo 2

2. METODOLOGÍA

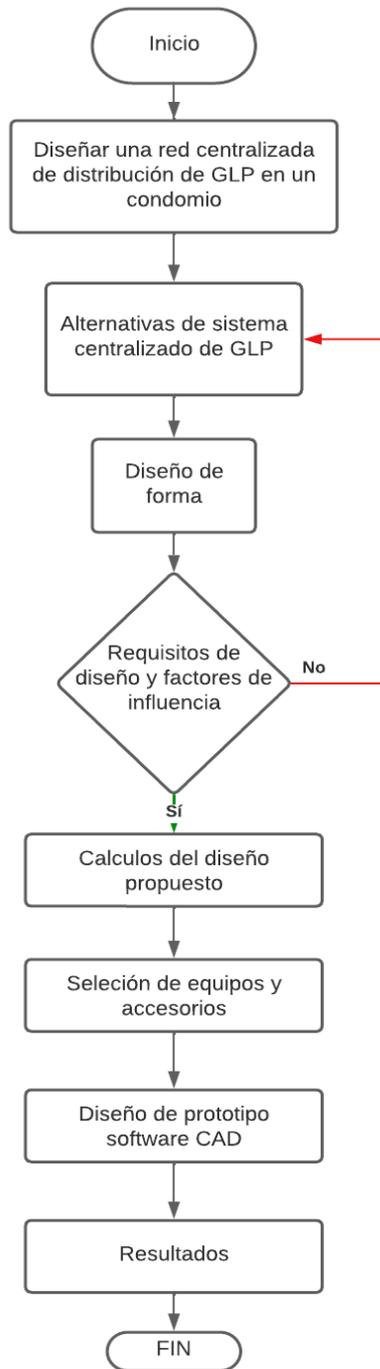
En este capítulo se detallan las posibles soluciones para el diseño de la instalación de GLP, las cuales deben cumplir con los requerimientos del cliente y la norma INEN 2260. Este apartado tiene como objetivo el estudio del alcance, limitaciones y factores de influencia que inciden en el presente proyecto, se analizarán las distintas alternativas de solución al problema planteado. Una vez seleccionada la mejor opción, se procederá con el diseño de central de almacenamiento, la distribución de las tuberías a utilizarse en la instalación, la supervisión de consumo de cada departamento y la selección de los accesorios necesarios.

2.1 Flujograma

En la Figura 2.1 se detalla el proceso que guiará la realización del diseño de la red centralizada de distribución de GLP. Es importante destacar la naturaleza iterativa de este proceso; en caso de que los criterios y restricciones del diseño no se cumplan, se debe regresar al proceso de selección de alternativas hasta obtener un diseño que satisfaga estos requisitos. Una vez que se haya establecido la alternativa adecuada, se procede con los cálculos, la elección de componentes, la simulación y, finalmente, la presentación del resultado final.

Figura 2.1

Diagrama de Flujo del Proceso



2.2 Alternativas para selección de almacenamiento

2.2.1 Alternativa 1:

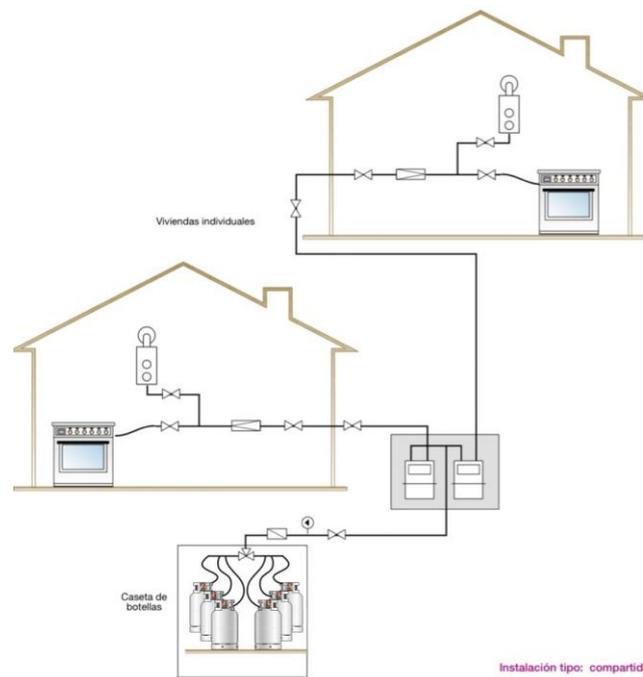
Instalación de central de almacenamiento GLP con cilindros de 15 kg

Las botellas de GLP pueden ser dispuestas en serie o en paralelo. Para garantizar un suministro continuo de GLP, se sugiere que la instalación cuente con un número igual de botellas de reserva en comparación con las que están en servicio. Esto se logra mediante un inversor automático que facilita el cambio de alimentación de las botellas en uso a las de reserva. Para este caso en específico se propone usar cilindros de 15 kg que es uno de los estándares que se manejan en Ecuador.

En la figura 2.2 se presenta el diseño de forma de la alternativa 1, se propone una central de almacenamiento de GLP usando cilindros de 15 kg en un compartimento acondicionado para cumplir esta función. Por otra parte, dado que la norma INEN 2260 establece el uso de cilindros en simultaneidad, de acuerdo a una unidad habitacional, cada vivienda representa un departamento de condominio en el cual se enfoca este proyecto.

Figura 2.2

Central de Almacenamiento de GLP con Cilindros de 15 kg



Nota. Se presenta un esquema de la central de almacenamiento usando cilindros de 15 kg, con un compartimento específico y adecuado para el almacenamiento del gas, para este caso cada vivienda representa un departamento. Fuente (López, 2001).

2.2.2 Alternativa 2:

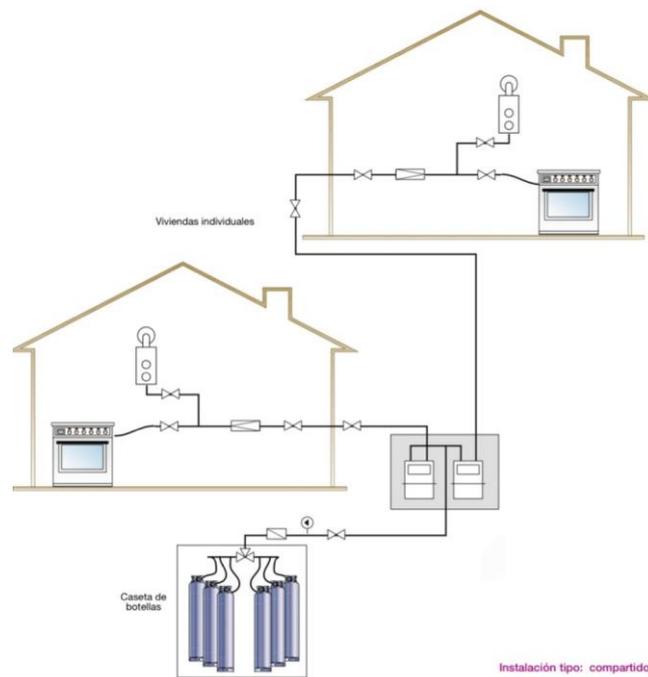
Instalación de central de almacenamiento GLP con cilindros de 45 kg

De igual forma que en la alternativa 1, se proponer usar cilindros distribuyéndolos de manera de serie o en paralelo para abastecer de GLP a los electrodomésticos del condominio, pero usando tanques de 45 kg, la diferencia radicará en el costo de implementación, el tiempo de recarga, el número de unidades debido a la vaporización natural, entre otros.

En la figura 2.3 se presenta el diseño de forma de la alternativa 2, se plantea una central de almacenamiento de GLP usando cilindros de 45 kg en un compartimento acondicionado para cumplir esta función. Cada vivienda representa un departamento del condominio.

Figura 2.3

Central de Almacenamiento de GLP con Cilindros de 45 kg



Nota. Se presenta el esquema de la central de almacenamiento de GLP usando cilindros de 45 kg con un compartimento específico y adecuado para el almacenamiento del gas, para este caso cada vivienda representa un departamento. Fuente (López, 2001).

2.2.3 Alternativa 3: Instalación de GLP en depósito fijo

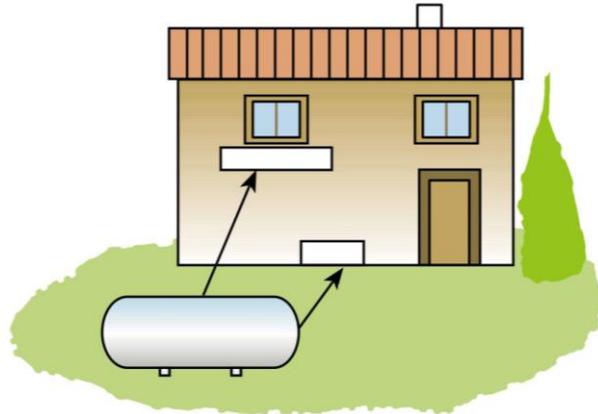
Los depósitos fijos de almacenamiento de GLP son estructuras diseñadas para contener el gas en estado líquido bajo presión, con el propósito de facilitar su almacenamiento y suministro. Estos depósitos son abastecidos a través de camiones cisterna y su fabricación e instalación están sujetas a regulaciones locales establecidas por entidades como el cuerpo de bomberos y empresas distribuidoras de GLP, como es el caso de DURAGAS y CONGAS. Estos depósitos pueden ser instalados en ubicaciones aéreas, enterrados o colocados sobre el nivel del suelo. (López, 2001)

La alternativa 3 de diseño de la central de almacenamiento de GLP es usando un depósito fijo diseñado para el almacenamiento del gas usando el concepto de tanques a presión, este debe

cumplir con las normativas establecidas por las distribuidoras de GLP, para que estos realicen la reposición siguiendo un proceso establecido y con personal capacitado.

Figura 2.4

Central de GLP con un Sistema fijo



Nota. Se presenta el esquema de la central de almacenamiento usando un depósito fijo que será alimentado por un camión cisterna de una distribuidora autorizada de GLP. Figura obtenida de (López, 2001).

2.3 Criterios de selección de alternativas para selección de almacenamiento

2.3.1 Costo de implementación

Descripción: Estos costos abarcan el presupuesto requerido para realizar la instalación del sistema centralizado de distribución de GLP en el condominio, por ejemplo, costo de mano de obra, accesorios, costo de adquisición del GLP, etcétera

2.3.2 Seguridad

Descripción: El sistema de distribución debe garantizar la seguridad del usuario, esto implica analizar y seleccionar los componentes que serán parte del sistema, por ejemplo, se necesitarán sensores que detecten la fuga de gas, y funcione en conjunto con electroválvula accionadas por el sensor la misma que impide el paso del gas.

2.3.3 Logística de abastecimiento

Descripción: La logística debe ir en conjunto con los requerimientos del usuario, la facilidad de adquisición los cilindros y la localización del condominio.

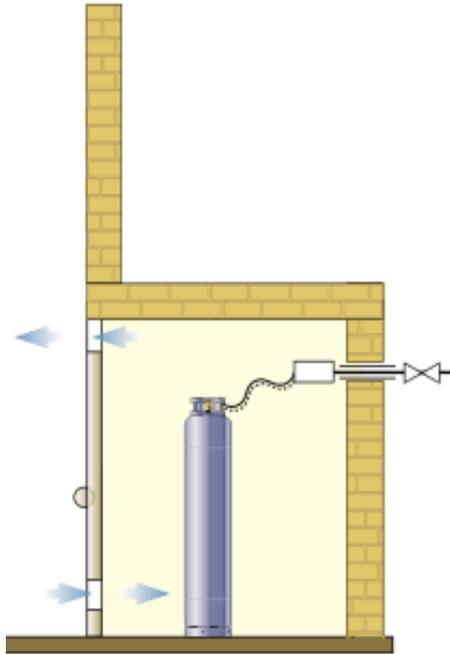
2.3.4 Espacio de instalación

Descripción: El espacio debe estar acondicionado acorde a la normativa correspondiente, es decir, contar con ventilación y resistencia al fuego. Además, el sistema debe ser implementado en la planta baja del condominio para que, de esta manera poder erradicar los riesgos de accidente presentes al momento del transporte de este.

Según (López, 2001) “El modelo de la caseta encastrada se sitúa dentro de la línea d fachada del edificio, ubicada en un espacio que cuenta con ventilación exclusiva hacia el exterior”. Este es el tipo de compartimento modelo que se usara en el condominio para la ubicación de la central de GLP, esto se presenta en la figura 2.5:

Figura 2.5

Modelo de Caseta Encastrada



Nota. La caseta se sitúa dentro de la línea de la fachada del edificio, ubicada en un espacio que cuenta con ventilación exclusiva hacia el exterior. Este es el tipo de compartimento que es disponible en el condominio para la ubicación de la central de GPL. Fuente (López, 2001).

2.3.5 Instalación del sistema

Descripción: El sistema debe adaptarse a las infraestructura y ubicación del condominio, al mismo tiempo la instalación debe cumplir con la normativa correspondiente, es decir, distribución de tuberías, límite de tanques que pueden estar conectados, etc.

2.3.6 Duración

Descripción: Este criterio se refiere al periodo de tiempo entre cada recarga o reposición del combustible, es decir, es el intervalo de recarga.

2.4 Matriz de decisión para central de almacenamiento GPL

Para identificar la alternativa de central de almacenamiento de GPL que mejor se ajusta a los criterios de diseño establecidos, llevaremos a cabo una matriz de decisión, en esta matriz, los valores para cuantificar el grado de cumplimiento de cada criterio oscilarán entre 5 y 0. Un valor

de 5 indicará que la alternativa cumple en mayor medida con el criterio, mientras que un valor de 1 indicará que no cumple satisfactoriamente, esto se detalla en la Tabla 2.1. La evaluación se basará en los criterios previamente explicados, así como en las ponderaciones acordadas con el cliente durante el proceso de diseño, la matriz detallada se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.1

Rango de Valores para Cuantificar los Criterios de Selección de Alternativas

Significado	Valor
Muy bueno	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

Tabla 2.2

Matriz de Decisión para Selección del Sistema Centralizado de GLP

Criterio	Costos	Seguridad	Logística de abastecimiento	Espacio y ubicación	Instalación	Duración	Calificación
Ponderación	0.25	0.20	0.15	0.15	0.15	0.10	1
Cilindro de 15 kg	5	4	5	5	5	1	4.40
Cilindro de 45 kg	3	4	4	5	4	3	3.80
Tanque Salchicha	2	5	1	1	1	5	2.45

2.5 Alternativas de factibilidad del uso de medidores

2.5.1 Alternativa 1: Sistemas de distribución de GLP con el uso de medidores

En esta propuesta, se sugiere implementar un sistema centralizado de suministro de GLP que provea a todos los departamentos mediante el uso de una única centralina, para medir el

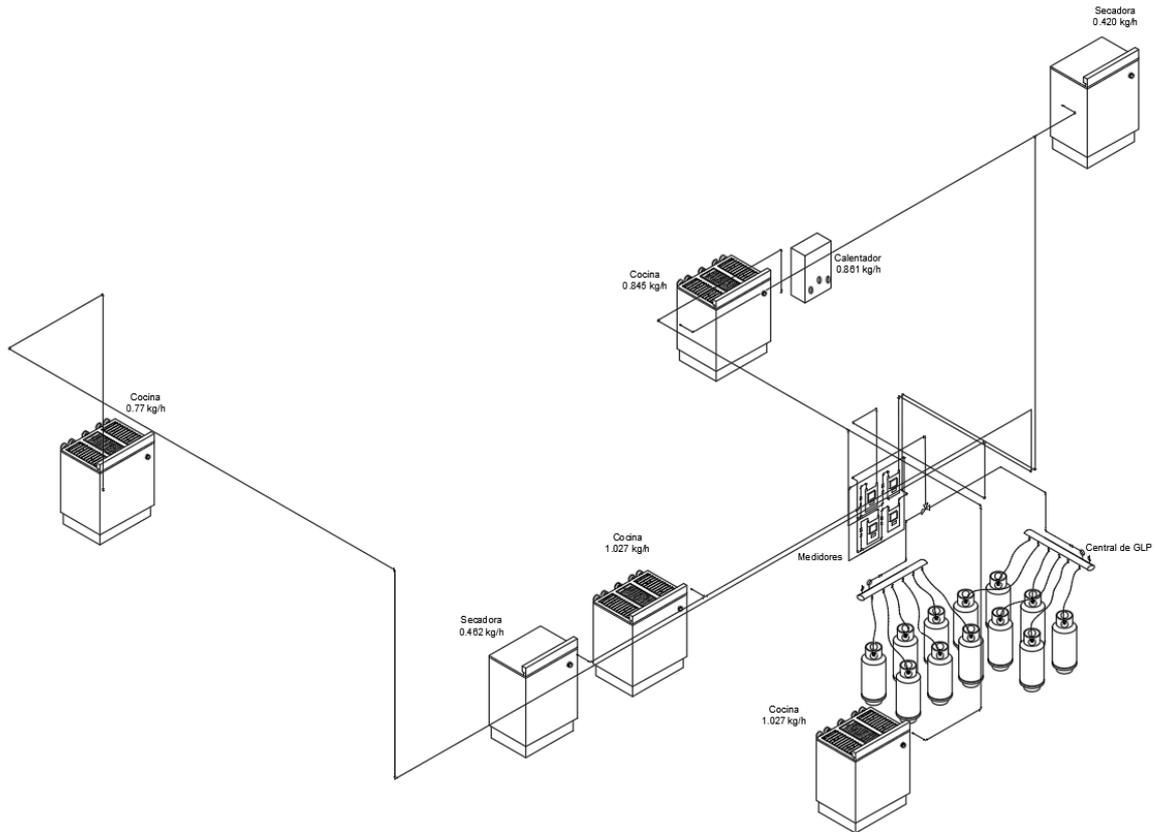
consumo de cada familia, se emplearán medidores de volumen. De esta manera, será posible calcular el valor económico correspondiente a la contribución que cada familia deberá realizar para cubrir los costos de reposición del gas.

Esta alternativa presenta la ventaja de ser automatizada, con la manipulación y reposición de cilindros de gas a cargo de personal capacitado. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este servicio conlleva un costo monetario, el cual los inquilinos de la vivienda deberán cubrir. Este gasto se justifica por la garantía de servicio, seguridad y comodidad que proporciona el diseño propuesto.

La Figura 2.6 muestra el diseño de la Alternativa 1, que incorpora cilindros de 15 kg en la central de GLP y medidores volumétricos para supervisar el consumo de cada departamento, en esta propuesta, se sugiere la implementación de dos centralinas: una de reposición y otra de abastecimiento. En cada configuración, se emplean seis cilindros que operan simultáneamente.

Figura 2.6

Diseño del Sistema de Distribución de GLP con Uso de Medidores



2.5.2 Alternativa 2: Sistemas de distribución GLP sin el uso de medidores

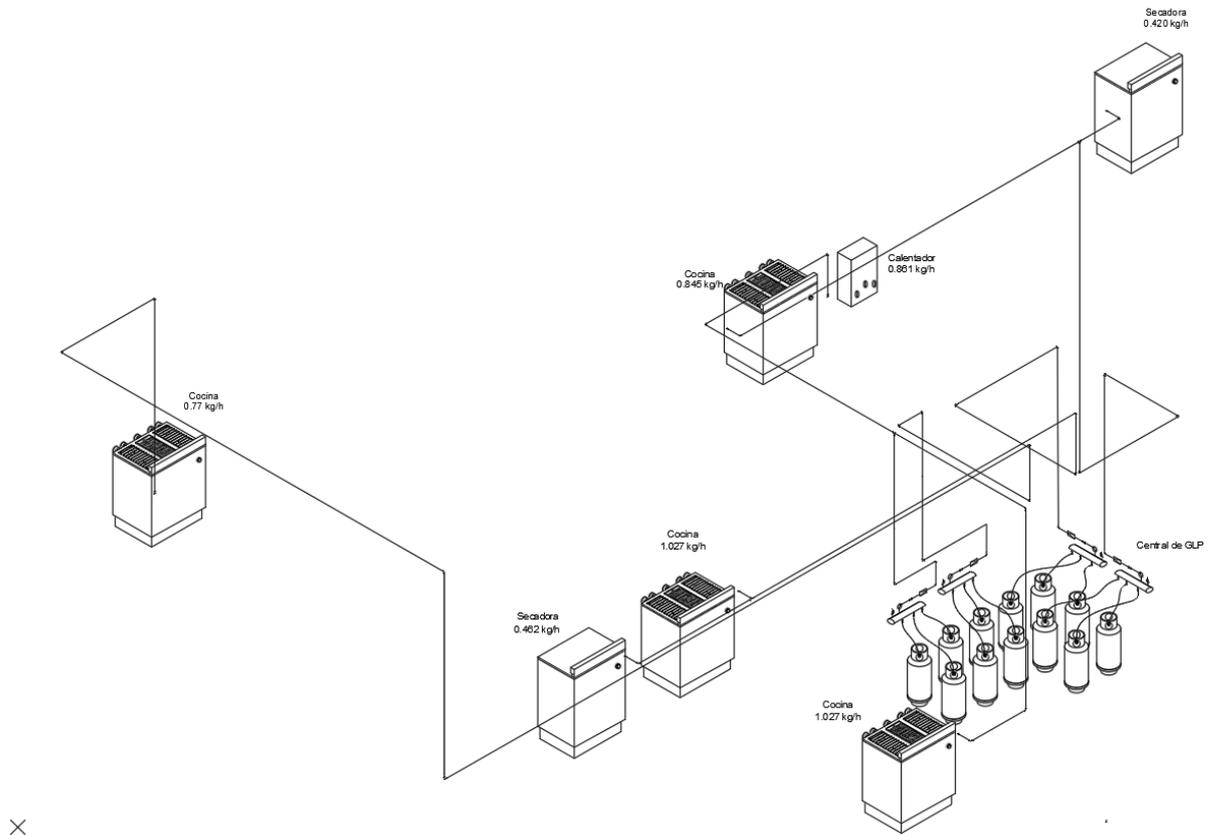
En esta propuesta, se sugiere prescindir de medidores de flujo y en su lugar, se plantea la instalación de cuatro centralinas individuales destinadas a cada departamento, estas centralinas estarán ubicadas en compartimentos especialmente designados. En este modelo, la responsabilidad de reponer los cilindros de gas recae en los residentes, quienes tendrán acceso directo a la central de GLP. En caso necesario, también se podría asignar a una persona específica para llevar a cabo esta actividad.

La Figura 2.7 presenta el diseño de la Alternativa 2, que emplea cilindros de 15 kg en la central de GLP y centralinas individuales para monitorizar el consumo de cada departamento. Esta propuesta sugiere la implementación de cuatro centralinas, asignando una a cada

departamento y en cada configuración, se utilizan dos cilindros simultáneamente, con un cilindro adicional de reposición.

Figura 2.7

Diseño de Sistema de Distribución de GLP sin el Uso de Medidores



×

2.6 Criterios de selección de alternativas para factibilidad del uso de medidores

2.6.1 Costo

Descripción: Estos gastos incluyen el monto necesario para llevar a cabo la implementación del sistema de distribución centralizada de GLP en el complejo residencial, englobando aspectos como la mano de obra, los accesorios, la adquisición del GLP, entre otros.

2.6.2 Control de consumo

Descripción: Este criterio tienen como objetivo evaluar la gestión de medición del consumo en cada departamento, siendo crucial ya que, a partir de esta información, se calculará la

contribución monetaria que debe realizar cada familia para la reposición del GLP. En el caso de centralinas individuales, los residentes serán responsables de reponer sus propios cilindros.

2.6.3 Seguridad

Descripción: La seguridad es un criterio fundamental al evaluar medidores para una red de distribución de GLP. Se busca la fiabilidad de los dispositivos, asegurando su resistencia y precisión en diversas condiciones ambientales y operativas. Además, se valora la capacidad de estos medidores para prevenir manipulaciones indebidas que puedan afectar las mediciones o comprometer la seguridad de la red de distribución y de las personas que viven dentro del condominio.

2.6.4 Logística de reposición

Descripción: Este criterio tiene como objetivo analizar como los medidores y centralinas individuales puede facilitar la gestión logística al proporcionar lecturas precisas que permiten una reposición eficiente del GLP cuando sea necesario y la asignación de una cuota a cada departamento en base al consumo.

2.7 Matriz de decisión para factibilidad del uso de medidores

Para determinar la alternativa más adecuada para medir el consumo de GLP según los criterios de diseño establecidos, se empleará una matriz de decisión. En esta matriz, los valores para evaluar el grado de cumplimiento de cada criterio variarán entre 5 y 0, de acuerdo con lo presentado en la tabla 2.1. Una puntuación de 5 señalará que la alternativa cumple en mayor medida con el criterio, mientras que una puntuación de 1 indicará un cumplimiento insatisfactorio. La evaluación se fundamentará en los criterios previamente detallados y en las ponderaciones acordadas con el cliente a lo largo del proceso de diseño, esto se presenta en detalle en la tabla 2.3.

Tabla 2.3

Matriz de Decisión para la Selección del Uso de Medidores

Criterio	Costo	Control de consumo	Seguridad	Logística de reposición	Calificación
Ponderación	0.25	0.25	0.30	0.20	1
Sistema con uso de medidores	2	5	5	5	4.25
Sistema sin el uso de medidores	5	3	2	3	3.2

Nota. La cuantificación de los valores usados para la selección del uso de medidores de la tabla 2.3 se encuentran en la tabla 2.1.

2.8 Diseño de central de almacenamiento del GLP

En esta sección, se realizarán los cálculos necesarios para determinar la cantidad de cilindros a utilizar, así como las dimensiones de las tuberías y la selección de accesorios. Estos cálculos se basarán en los datos recopilados de la Tabla 2.4 que resultaron de un estudio de las condiciones actuales de uso de GLP en el condominio. Estos datos servirán como base para establecer las condiciones y requisitos específicos que guiarán el diseño del sistema de distribución de GLP en el condominio.

Tabla 2.4

Datos de Uso del Equipos en el Condominio

Departamento	Equipos	Potencia Nominal [kW]	Uso diario [h]	Total, de hornillas	Hornillas en uso
Departamento 1	Cocina	14,31	1,00	6	2
	Calentador	12,00	0,83	N/A	N/A
Departamento 2	Cocina	10,71	0,67	4	3
Departamento 3	Cocina	14,31	1,00	6	3
	Secadora	6,44	0,50	N/A	N/A
Departamento 4	Cocina	11,77	0,50	4	3
	Secadora	5,86	0,50	N/A	N/A

2.8.1 Cálculo de la demanda

Para llevar a cabo el cálculo de la demanda, se empleará el concepto fundamental de flujo másico, el cual se define como la relación entre la masa y la unidad de tiempo. En este contexto, se medirá la masa de dos maneras distintas. En el primer caso, se calculará considerando las horas de uso diarias por un factor de uso que dependerá del electrodoméstico, esto se calcula usando las siguientes ecuaciones:

$$\dot{m}_i = \frac{3600P_i}{W} \quad (2.1)$$

Donde:

\dot{m}_i : Flujo masico individual por equipo [kg/h]

P_i : Potencia nominal de cada Equipo [kW]

W : Poder calorífico del GLP [kJ/kg]

$$\dot{m}_d = \sum_{i=1}^n f_{u_i} \dot{m}_i h_i \quad (2.2)$$

Donde:

\dot{m}_d : Flujo másico diario del condominio [Kg/h].

f_{u_i} : Factor de uso que depende de cada electrodoméstico en el caso de las cocinas resulta ser la relación de las hornillas encendidas y las hornillas totales con las que cuente.

h_i : Horas de uso del equipo.

El factor se calcula para el caso de las cocinas y está definido por la siguiente ecuación:

$$f_{u_i} = \frac{N_h}{n_h} \quad (2.3)$$

Donde:

N_h : Es el número total de hornillas de la cocina.

n_h : Es el número de hornillas que se usan normalmente.

En el segundo caso, la medición se realizará a partir de la duración del cilindro en cada departamento. Este proceso de cálculo se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_d = \sum_{i=1}^n \frac{\dot{m}_c}{t_d} \quad (2.4)$$

Donde:

\dot{m}_d : Flujo másico diario del condominio [Kg/h]

m_c : Masa del cilindro

t_d : Tiempo de duración del cilindro conectado a cada electrodoméstico [días]

2.8.2 Potencia máxima instalada

La potencia máxima es la suma de todas las potencias nominales instaladas.

$$P_{it} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (2.5)$$

Donde:

P_{it} : Potencia máxima instalada [kW]

P_i : Potencia nominal de cada equipo dentro del condominio [kW]

2.8.3 Caudal de simultaneidad

Para el caudal de simultaneidad al ser departamentos de diferentes consumos, para ello se debe considerar si el mismo cuenta con calefacción y se obtiene de la siguiente manera:

$$\dot{m}_m = \sum_{i=1}^n n_i \cdot \dot{m}_l \cdot S_{ni} \quad (2.6)$$

Donde:

\dot{m}_m : Es el flujo masico máximo cuando todos los electrodomésticos funcionen en simultaneidad [kg/h]

n_i : Número de viviendas de igual potencia

S_{ni} : Factor de simultaneidad, este dependerá del número de viviendas y si cuenta o no con calefacción, para este caso tiene un valor de 1

2.9 Vaporización natural

2.9.1 Cálculo del número de cilindros

La cantidad de cilindros de GLP requeridos para prevenir la ocurrencia del fenómeno de vaporización natural durante el funcionamiento simultáneo de electrodomésticos se determina usando las tasas de vaporización establecidas para cada tipo de cilindro, como se detalla en la tabla 1.4. Estos valores dependen de la temperatura mínima registrada en Guayaquil, la cual oscila entre 17°C y 18°C. Entonces, el número de cilindros se lo determina con la siguiente ecuación:

$$N = \frac{P_{it}}{R_v} \quad (2.7)$$

Donde:

N: Cantidad de cilindros de 15kg

P_{it} : Potencia máxima instalada [kW]

R_v : Razón de vaporización[kW]

2.9.2 Tiempo de reposición

De acuerdo con el número de cilindros elegidos el tiempo de reposición se calculará usando la demanda diaria máxima entre el método 1 y el 2, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{N * 15}{\dot{m}_d} \quad (2.8)$$

Donde:

t : Es el tiempo de reposición [días]

2.9.3 Potencia permisible

Este término hace referencia a la potencia máxima que este diseño puede abastecer sin que se produzca el fenómeno de congelamiento de los cilindros en caso de estar funcionando simultáneamente todos los equipos del condominio. Se lo calculara con la siguiente ecuación:

$$P_{per} = N * Rv \quad (2.9)$$

Donde:

P_{per} : Es la potencia máxima que puede abastecer este diseño [kW]

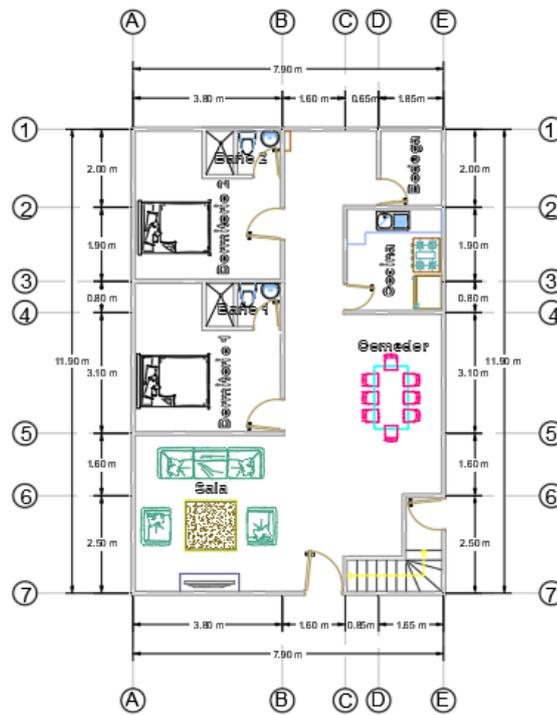
Acondicionamiento de caseta de GLP

2.9.4 Selección de locación

En el diseño de la red centralizada de GLP, la elección del espacio para la ubicación de la central de almacenamiento es una fase crucial, ya que debe ajustarse a las normativas correspondientes y adaptarse a la infraestructura existente. En este sentido, la Figura 2.8 proporciona un plano detallado de la planta baja del condominio, tras un análisis minucioso, se identificó un espacio designado como "BODEGA" que cumple con los requisitos establecidos de la Figura 2.5. Es importante destacar que este espacio también debe cumplir con las distancias mínimas entre cilindros según lo estipulado en la norma INEN 2260. En base de estos criterios, se llevará a cabo la distribución de los cilindros, usando el plano de la Figura 2.8.

Figura 2.8

Plano de la Planta Baja del Condominio



Nota. Este plano es importante para la selección del armario en el cual se almacenarán los cilindros en conjunto con las centralinas.

2.9.5 Acondicionamiento de caseta encastrada

De acuerdo con la (NTE INEN 1534, 2015), las paredes de las edificaciones adosadas deben cumplir con los siguientes criterios:

- Las paredes interiores deben construirse de materiales no combustibles y las paredes exteriores deben ser de materiales ligeros con diseño para ventilar explosiones. En caso de ser una pared solida debe proveerse de ventilación, que tenga un área por lo menos 750 cm^2 por cada metro cubico de volumen encerrado.
- Tener una resistencia al fuego de por lo menos 120 minutos según se determina el ensayo NTE INEN 804.
- No deben tener aberturas, paredes comunes de locales adosados utilizados ambos para almacenaje de GLP, podrán tener puertas de comunicación, de resistencia al fuego de 90 minutos, en comodidad con la norma NTE INEN 754.
- Las paredes deben estar diseñados para soportar una carga estática de por lo menos 0.7 MPa/m^2 .

2.10 Distribución y selección de tuberías

2.10.1 Selección de tuberías

Dado que se está tratando con un gas que es una mezcla de propano y butano, se utilizará la ecuación de Van Der Waals para hallar el flujo volumétrico de acuerdo con las condiciones de diseño:

$$\left[P + a_g \left(\frac{\dot{m}_m}{\dot{V}M} \right)^2 \right] \left[\dot{V} - \frac{\dot{m}_m}{M} b_g \right] = \frac{\dot{m}_m RT}{M} \quad (2.10)$$

Donde:

P : Presión del GLP en el tramo de tubería de análisis [Pa]

\dot{V} : Flujo volumétrico [m^3/s]

\dot{m}_m : Flujo masico máximo o el de simultaneidad [kg/s]

R : La constante de gas ideal [J/mol·K]

M : La masa molar del GLP [kg/mol]

a_g y b_g : Son parámetros específicos que depende del gas

T : Temperatura ambiente [K]

Por otra parte, para el cálculo de las constantes de Van Der Wall del GLP se usará la Tabla 1.5 y la información que el GLP en Ecuador tiene un 70% de propano y un 30% de butano. Esto se establece en las siguientes ecuaciones:

$$a_g = 0,7a_{pro} + 0,3a_{but} \quad (2.11)$$

Donde:

a_g : La constante del GLP en Ecuador [Jm^3/mol^2].

a_{pro} : La constante de gas para el propano [Jm^3/mol^2].

a_{but} : La constante de gas para el butano [Jm^3/mol^2]

$$b_g = 0,7b_{pro} + 0,3b_{but} \quad (2.12)$$

Donde:

b_g : La constante del GLP en Ecuador [m^3/mol].

b_{pro} : La constante de gas para el propano [m^3/mol].

b_{but} : La constante de gas para el butano [m^3/mol].

Para determinar el diámetro de la tubería se usará el concepto de caudal volumétrico definido por la siguiente ecuación:

$$v = \frac{\dot{V}}{A} \quad (2.13)$$

Donde:

A : Área transversal de la tubería [m^2]

v : Velocidad del gas dentro de la tubería [m/s], para el caso de transporte de GLP la norma INEN 2260 recomienda que sea menor a 10 m/s para evitar el ruido.

2.10.2 Unión de tuberías

Las conexiones entre los tubos y accesorios de la instalación deben realizarse de manera que el sistema garantice la impermeabilidad. Esta impermeabilidad no debe verse afectada por los diversos tipos y niveles de presión del gas suministrado ni por la influencia del entorno externo con el que puedan estar en contacto. Para este proyecto el cliente ha decidido usar tuberías de cobre, entonces de acuerdo con la norma INEN 2260.

Unión cobre-cobre o aleación de cobre, las uniones de tubos de cobre se deben realizar mediante soldadura por capilaridad, a través de accesorios de cobre o de aleación de cobre y utilizando materiales de aporte clasificados como soldadura fuerte, No se debe utilizar el abocardado del tubo de cobre para soldar por capilaridad, excepto en la construcción de baterías de contadores centralizados, siempre que una vez realizada la unión soldada, el espesor resultante sea como mínimo el espesor del tubo. No se debe realizar la extracción o perforación de la tubería principal para soldar derivaciones, excepto en los módulos de centralización de contadores. (NTE INEN 2260, 2010)

Otro tipo de uniones en este diseño serán las uniones roscadas se deben realizar únicamente sobre tubos de acero mínimo cédula 35 o de espesor superior. Debe asegurarse la estanqueidad mediante un compuesto anaeróbico, o un compuesto no endurecible, o bien con cinta de estanqueidad de politetrafluoroetileno PTFE (Teflón). La rosca de la unión debe ser del tipo cónico y debe cumplir con los parámetros de la NTE INEN 117 o ANSI/ASME B1.20.1 o ISO 7/1. (NTE INEN 2260, 2010)

2.11 Selección de componentes

2.11.1 Centralinas

Conforme a lo estipulado (NEC, 2021). Se establece que, en las edificaciones de uso residencial, la capacidad máxima autorizada para el almacenamiento de gas combustible en

cilindros no debe exceder los 180 kg. Esta medida se calcula considerando la suma de las capacidades individuales de los cilindros.

En consecuencia, el diseño propuesto contempla la instalación de dos conjuntos de centralinas, cada uno integrado por 6 cilindros de 15 kg que operan de manera simultánea. Se destaca que una de estas centralinas opera como sistema de reposición. Con esta configuración específica de 12 cilindros, se garantiza el cumplimiento estricto del límite de 180 kg permitido para el almacenamiento de gas dentro de edificaciones verticales destinadas a uso residencial, de acuerdo con las directrices establecidas por la normativa correspondiente.

En la Figura 2.10 se muestra la centralina de 6 entradas que se usará en la red de distribución, modelo comercializado por HotPower.

Figura 2.9

Centralina Manual de Gas para 6 Cilindros de GLP



Nota. Figura tomada de HotPower.

2.11.2 Reguladores

2.11.2.1 Reguladores de primera etapa

En los sistemas de distribución de GLP, los reguladores de primera etapa son componentes esenciales destinados a reducir la presión del gas desde el nivel de suministro principal (alta presión) a un nivel más seguro y adecuado para su aplicación. Estos dispositivos desempeñan un papel crucial al salvaguardar el sistema de las fluctuaciones de presión en el suministro de gas, ya que, sin importar la presión de entrada, aseguran una presión constante en la salida. Esta

característica resulta beneficiosa para el funcionamiento óptimo de los electrodomésticos y equipos conectados.

Un inversor automático 924 Rea funciona como una válvula automática para cambiar de la centralina de abastecimiento a la de reposición una vez detecta una disminución de presión en la entrada y al mismo tiempo funciona como un regulador de primera etapa.

El inversor automático 924 Rea está diseñado para asegurar un suministro constante de gas al cambiar automáticamente al cilindro de reserva cuando el cilindro de servicio se queda sin gas. El indicador de color pasa de verde a rojo cuando el cilindro en uso se vacía, para restablecer el color verde en el indicador, basta con girar la perilla del cambio automático hacia el cilindro de reserva, que está lleno. La instalación del modelo 924 siempre incluye un regulador de segunda etapa para reducir la presión proveniente del cambio automático a un nivel bajo adecuado para diversas aplicaciones. (AGIP GAS, 2013)

El inversor automático 924 Rea que se muestran en la figura 2.11 tiene las siguientes especificaciones según (AGIP GAS, 2013):

- Presión de entrada 2 a 16 Bar.
- Presión de entrega constante 1.5 Bar.
- Capacidad de entrega 8 kg/h.
- Potencia 370 000 BTU/h.

Figura 2.10

Inversor Automático 924 ReCa.



Nota. Figura tomada de (AGIP GAS, 2013).

2.11.2.2 Regulador de segunda etapa

El regulador de segunda etapa es esencial en sistemas de suministro de gas, como en cambios automáticos de cilindro. Su función principal es reducir la presión del gas para garantizar un suministro constante y seguro en diversas aplicaciones. Entre sus características clave se incluyen la presión constante, la capacidad de ajustar la presión según la aplicación, medidas de seguridad para prevenir excesos peligrosos, compatibilidad con varios gases, conexiones estándar para una fácil instalación y algunos modelos cuentan con indicadores de presión para monitoreo en tiempo real.

En el diseño se usará un regulador de segunda etapa RECA 998TW-02 de la marca CAVAGA GRUOP el cual se muestra en la figura 2.12 y según (AGIP GAS, 2013), tiene las siguientes especificaciones:

- Presión máxima de entrada 5 Bar.
- Presión mínima de entrada 1 Bar.
- Presión de salida 340 mBar.

Figura 2.11

Regulador de Segunda Etapa



Nota. Figura obtenida de (HUMCAR, 2023).

2.11.2.3 Regulador de tercera etapa

Para garantizar el funcionamiento adecuado de los electrodomésticos, es fundamental mantener una presión de trabajo de 28mBar. Este valor específico se ha establecido con el objetivo de prevenir riesgos potenciales como fugas y explosiones. En el caso de las cocinas, se resalta la importancia de ajustar los quemadores a esta presión para asegurar un desempeño seguro y eficiente. Para otros electrodomésticos, se recomienda un ajuste de funcionamiento a baja presión, proporcionando así las condiciones óptimas para su operación. Este enfoque no solo promueve la seguridad, sino también la eficiencia energética y el rendimiento adecuado de los dispositivos.

Figura 2.12

Regulador de tercera etapa con salida a 28mBar



Nota. Figura obtenida de (CAMPINGSPORT, 2022).

2.11.3 Válvulas

2.11.3.1 Válvula de alivio

Una válvula de alivio, también conocida como válvula de seguridad o válvula de alivio de presión, es un dispositivo diseñado para proteger equipos o sistemas contra la acumulación excesiva de presión. Su función principal es liberar automáticamente el exceso de presión en un sistema para prevenir daños o fallos que pueden ser catastróficos.

Para este caso se usará una válvula de alivio con una apertura a 18 Bar, la cual se muestra en la figura 2.13.

Figura 2.13

Válvula de Alivio



Nota. Válvula de seguridad con una apertura de 18 Bar, tomado de (AGIP GAS, 2013).

2.11.3.2 *Válvula de esfera roscada para gas*

Una válvula esférica, también conocida como válvula de bola, es un tipo de válvula que utiliza una esfera perforada o perforada para controlar el flujo de gas a través de la tubería. Dado que, en el diseño de la red centralizada de GLP, se usarán tuberías de 3/4 de pulgada la válvula seleccionada debe cumplir con esta dimensión.

La válvula seleccionada se muestra en la figura 2.14, según (COFLEX, 2023) esta válvula tiene las siguientes características:

- Permiten controlar el paso de gas de manera segura
- Para uso en gas natural y GLP
- Válvulas de esfera de latón natural para tubería roscada (NPT)
- Esfera de latón cromado y pulido para un suave manejo
- Asientos de teflón
- De paso completo
- Por seguridad cuenta con vástago de ensamblado interno en el cuerpo de la válvula.
- No existe tuerca entre el vástago y el cuerpo de la válvula para evitar manipulación y accidentes

Figura 2.14

Válvula de Esfera Roscada para Gas 1/2 de pulgada IP-412



Nota. Figura obtenida de (COFLEX, 2023).

2.11.3.3 Abrazaderas isofónicas

Una abrazadera es un dispositivo mecánico diseñado para sujetar, asegurar o unir dos objetos entre sí. Se utilizan comúnmente para mantener componentes en su lugar, ya sea de forma permanente o temporal. Las abrazaderas pueden variar en diseño y función según su aplicación específica. En este caso se usará para la sujeción de las tuberías de distribución del GLP, el modelo de abrazadera que se propone se muestra en la Figura 2.15.

Figura 2.15

Abrazadera Isofónica



Nota. Figura obtenida de (INLLOBERA, 2023)

2.11.4 Sensores

En esta sección, se presentan los sensores propuestos para activar o desactivar los componentes del sistema contra incendios y las electroválvulas. Es importante destacar que el diseño completo del sistema de control no será abordado en este proyecto, ya que está fuera del alcance de nuestros objetivos.

2.11.4.1 Detector de incendios

Un sensor de detección de incendios emite una señal eléctrica al detectar condiciones relacionadas con un incendio. Estos sensores son típicamente de naturaleza digital y se activan al identificar partículas en el aire, cambios de temperatura o presencia de humo. Existen diversos tipos de sensores, incluyendo ópticos, iónicos y termovelocimétricos, cada uno diseñado para detectar diferentes aspectos de un posible incendio. Es importante aclarar que este sensor permitirá accionar el sistema contra incendios que se diseñará posteriormente.

El sensor seleccionado es un detector de humo de dos hilos el cual se muestra en la Figura 2.16, que tiene las siguientes especificaciones técnicas según (ECUATEPI S.A., 2017):

- Voltaje de operación entre 9 V – 35 V.

- Corriente de salida de 35 mA a 60 mA.
- Voltaje de salida de 12 V a 24 V.

Figura 2.16

Detector de Humo



Nota. Figura obtenida de (ECUATEPI S.A., 2017)

2.11.4.2 Detector de gas

Los sensores de gas detectan gases tóxicos y explosivos, como butano, propano, gas natural, entre otros. Estos dispositivos utilizan tecnologías especializadas para identificar la presencia de gases peligrosos en el ambiente, generando señales eléctricas que, al ser procesadas, activan alarmas sonoras o visuales. Su aplicación abarca la seguridad en entornos industriales, domésticos y comerciales, ofreciendo una detección temprana para prevenir riesgos asociados con la presencia de gases potencialmente peligrosos. En este proyecto este sensor se usará para cerrar las electroválvulas en caso de detectarse una fuga de gas dentro de la central de almacenamiento.

El detector de GLP seleccionado se muestra en la Figura 2.17. Según (ECUATEPI S.A., 2017), este sensor tiene las siguientes especificaciones:

- Voltaje de operación de 12 V a 24 V.
- Corriente de salida de 50 mA a 130 mA.

Figura 2.17

Detector de GLP



Nota. Figura obtenida de (ECUATEPI S.A., 2017).

2.11.5 Medidores de GLP

Un medidor de GLP volumétrico es un dispositivo diseñado para medir la cantidad de gas que fluye a través de él en términos de volumen. Este tipo de medidor es comúnmente utilizado en instalaciones de gas para registrar y controlar el consumo de GLP en hogares, empresas o industrias. La operación básica de un medidor de GLP volumétrico implica la medición del volumen del gas que pasa a través de una serie de cámaras o compartimientos internos del medidor.

El medidor G1.6 marca HUMCAR que se muestra en la figura 2.18 tiene las siguientes especificaciones de acuerdo con (ARMOGAS, 2023):

- Flujo máximo $2.5 \frac{m^3}{h}$
- Flujo mínimo $0.016 \frac{m^3}{h}$.
- Presión Máxima 0,5 bar.

Figura 2.18.

Medidor de Flujo Volumétrico G1.6



Nota. El modelo de este medidor es HUMCAR, figura obtenida de (ARMOGAS, 2023).

2.12 Sistema contra incendios

De acuerdo con (NFPA, 2023). “Los fuegos producidos por una mezcla de combustibles derivados del petróleo y aire son clasificados como fuegos tipo B”. Además, de acuerdo con la información proporcionada en la Figura 1.3, se destaca que el GLP presenta una alta inflamabilidad. En consecuencia, conforme a los criterios establecidos en la normativa correspondiente, se clasifica como parte del grupo II de Ocupaciones de Riesgo Extra (RE).

La clasificación de ocupaciones de riesgo extra se refiere a ocupaciones caracterizadas por la presencia de una cantidad significativa de materiales altamente combustibles, ya sea en forma líquida, combustible o en la guarda de sustancias inflamables. Estas ocupaciones presentan riesgos considerables debido a la probabilidad de desencadenar incendios con un rápido desarrollo y altos niveles de liberación de calor. Ejemplos de tales situaciones incluyen áreas con cantidades considerables de líquidos inflamables, lugares con presencia de impregnaciones asfálticas, áreas donde se llevan a cabo pulverizaciones de líquidos combustibles y procesos de limpieza con disolventes. (NFPA, 2023)

En la Tabla 2.5 se muestran las limitaciones de áreas que tiene el método propuesto por la norma NFPA 13 según el tipo de riesgo, en este proyecto el área a proteger es de 400 ft^2 , lo cual está dentro del intervalo permitido.

Tabla 2.5

Limitaciones de Área de Protección Según el Tipo de Riesgo

Tipo de riesgo	Limitación de área
Riesgos Leve	$52\ 000 \text{ ft}^2$ (4831 m^2)
Riesgo Ordinario	$52\ 000 \text{ ft}^2$ (4831 m^2)
Riesgo Extra (Sistema tabulado y sistema hidráulico)	$25\ 000 \text{ ft}^2$ (2323 m^2)
Calculado	$40\ 000 \text{ ft}^2$ (3716 m^2)
Almacenamiento en pilas	$40\ 000 \text{ ft}^2$ (3716 m^2)

Para tener valores de referencia de caudal y cabezal dinámico que permitan validar la selección del rociador se presenta la Tabla 2.6:

Tabla 2.6

Coberturas y Distanciamiento a través de Cálculo Hidráulico

NFPA 13 Ed 2019	Estándar T.10.2.4.2.1 (a) (b) (c) (d)					
	Ligero		Ordinario		Extra	Extra
	Lateral	Colgante	Lateral	Colgante	Densidad <0,25 Colgante	Densidad >0,25 Colgante
Cobertura Máxima (ft^2)	120	225	80	130	130	100
Distanciamiento Máximo (ft)	14	15	10	15	15	12
Distanciamiento mínimo (ft)	6	6	6	6	6	6

2.12.1 Selección de extintor

Por otra parte, es importante tener un extintor en una central de GLP debido a la naturaleza inflamable del gas. El GLP, que consiste en propano y butano, es altamente inflamable y puede provocar incendios si entra en contacto con una fuente de ignición. La presencia de un extintor adecuado es esencial para controlar y extinguir rápidamente cualquier incendio que pueda surgir y evitar que se propague.

El tipo de extintor adecuado para un entorno con GLP generalmente es el extintor de polvo químico seco según la norma INEN 2260 y de acuerdo con la clasificación de instalaciones de almacenamiento es A-A por tener un volumen menor 1 m³ entonces el extintor más adecuado es el de 9 kg que se muestra en la Figura 2.19. Estos extintores son efectivos para combatir incendios de clase A (materiales sólidos), clase B (líquidos inflamables) y clase C (equipos eléctricos energizados). Es importante que el extintor esté clasificado como tipo ABC para asegurarse de que pueda abordar múltiples tipos de incendios.

Figura 2.19

Extintor de Polvo Seco de 9kg.



Nota. Figura obtenida de (THEMEHUNK, 2024).

2.12.1.1 Selección del rociador

Los datos técnicos del rociador que se muestra en la figura 2.20 son los siguientes según (VIKING, 2022):

- Presión mínima de trabajo 7 Psi.
- Presión máxima de trabajo 175 Psi.
- Factor K nominal 5,6.
- Área máxima de cobertura 225 ft^2 .

Figura 2.20

Rociador de Respuesta Estándar Montante VK145 (K5,6)



Nota. Esta selección se realizó indagando sobre los rociadores más usados para sistemas contra incendios en el almacenamiento de GLP. Figura obtenida de (VIKING, 2022)

2.12.2 Cálculos de requerimientos

2.12.2.1 Cálculo con datos técnicos del rociador

Caudal necesario

$$Q = K\sqrt{P} \quad (2.14)$$

Donde:

Q : Es el caudal del rociador [GPM].

K : Constante propia del rociador, para el seleccionado es 5,6.

P : Presión de trabajo el rociador [Psi].

2.12.2.2 *Cálculo con densidad recomendada por la NFPA 13*

Calcula de la densidad para el rociador:

$$\rho_R = \frac{Q}{A_p} \quad (2.15)$$

Donde:

ρ_R : Es la densidad recomendada por la norma NFPA 13, de acuerdo con el tipo de riesgo debe ser mayor a 0,25 GPM/ft²

A_p : Es el área de protección para este proyecto tiene un valor de 39,82 ft²

2.12.2.3 *Sistema de alimentación de agua*

Con base en estos valores, se procederá al diseño del sistema de alimentación para la protección contra incendios, que debe cumplir la ecuación de conservación de energía para sistemas hidráulica:

$$\bar{v} = \frac{Q}{A_t} \quad (2.16)$$

Donde:

\bar{v} : Velocidad media en la tubería [m/s]

A_t : Área de la tubería [m²]

Q : Caudal [m³/s]

Cálculo de cabezal de bomba, la ecuación 2.15 se deduce a partir de la ecuación de conservación de la energía:

$$h_B = \frac{\bar{v}^2}{2g} \left[\left(\frac{D^2}{d^2} \right)^2 + \frac{fL}{D} + \sum K \right] - \Delta z \quad (2.17)$$

Donde:

Δz : La altura del tanque de almacenamiento [m]

g : La gravedad [m/s²]

D : El diámetro de la tubería [m]

d : Diámetro de la tobera del rociador, en este caso es 10 mm

f : Factor de fricción de Darcy para la tubería

L : Longitud de la tubería [m]

K_e : Coeficiente de pérdidas por accesorio

h_B : Cabezal de bomba [m]

Para determinar el factor de fricción se usan la ecuación de Darcy siempre y cuando el flujo sea turbulento:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\frac{\epsilon}{D}}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (2.18)$$

Donde:

f : El factor de fricción de Darcy

ϵ : Rugosidad absoluta [mm]

D : Diámetro de la tubería [mm]

Re : Numero de Reynolds

El número de Reynolds esta dado por:

$$Re = \frac{\rho \bar{v} D}{\nu} \quad (2.19)$$

Donde:

ρ : Es la densidad del agua a 22 °C [kg/m³]

ν : Viscosidad dinámica [kg/ms]

D : Diámetro de la tubería [m]

2.12.2.4 *Potencia de la bomba*

La determinar la potencia necesaria de la bomba de debe tener las condiciones de operación de esta. Este valor esta dado por:

$$P_h = \rho_a g h_B Q \quad (2.20)$$

Donde:

P_h : Es la potencia hidráulica [kW]

ρ_a : Densidad del agua [kg/m³]

h_B : Cabezal de bomba [m]

Q : Caudal [m³/s]

2.13 Rotulado

Las disposiciones normativas establecidas para la señalización de instalaciones de gas combustible, conforme a la norma INEN 2260, exigen la inclusión de información específica relativa al tipo de gas que debe ser empleado en dichas instalaciones. Es necesario que dicha señalización sea de fácil identificación.

En el caso de la colocación de carteles indicadores en la proximidad de tanques de gas, se prescribe la inclusión de mensajes como "GAS INFLAMABLE", "PROHIBIDO FUMAR Y ENCENDER FUEGO" y "PROHIBIDA LA ENTRADA A PERSONAS PARTICULARES". En situaciones donde exista un cerramiento, estos carteles deben ser dispuestos en cada uno de los lados de este, así como en las puertas de acceso correspondientes.

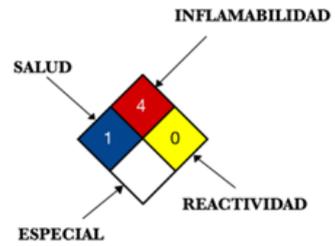
En relación con los armarios y locales destinados a contadores de gas, se impone la obligación de incorporar inscripciones específicas como medida de seguridad. En este sentido, en el exterior de la puerta del local o armario, se requiere la presencia de las leyendas "PELIGRO GAS INFLAMABLE" y "PROHIBIDO FUMAR O ENTRAR CON LLAMA". Este conjunto de disposiciones tiene como finalidad salvaguardar la integridad y seguridad de las personas que interactúan con dichas instalaciones de gas combustible.

Figura 2.21

Señaléticas de Seguridad



PELIGRO



Capítulo 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

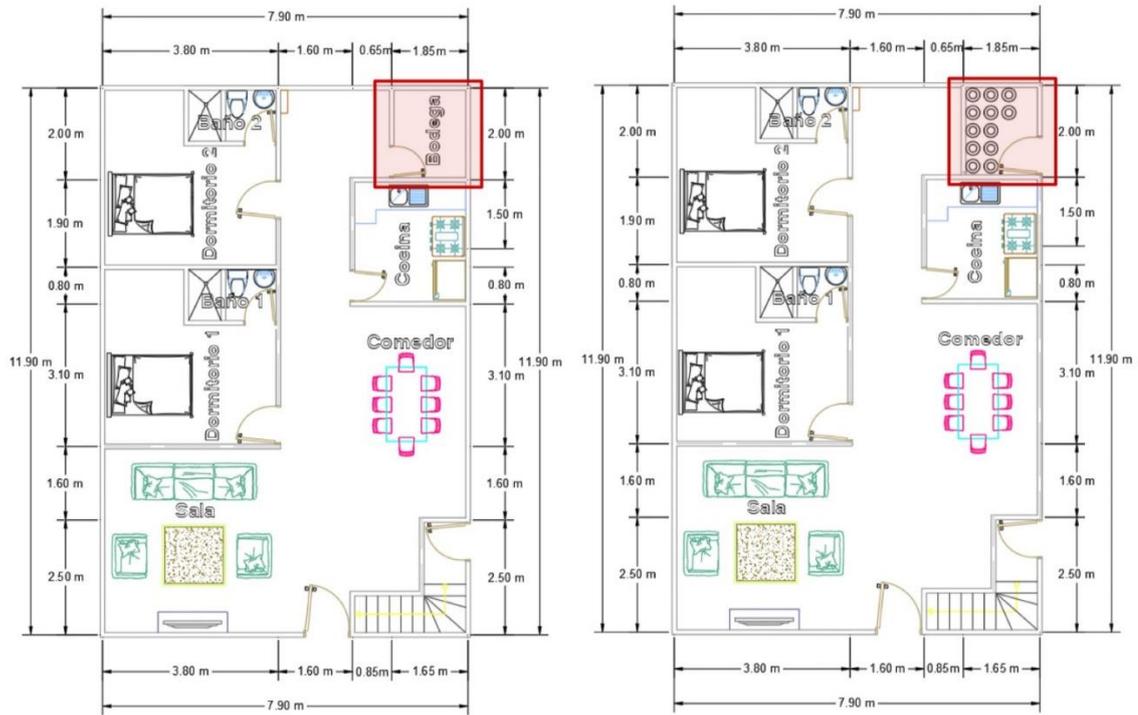
En esta sección se exponen los resultados derivados de los conceptos, criterios y cálculos detallados en el capítulo 2. Estos resultados se presentan de manera secuencial, comenzando con la elección del espacio para la central, seguido por el diseño de la central de almacenamiento de GLP. A partir de esta fase, se lleva a cabo la distribución de tuberías y se aborda el diseño del sistema contra incendios. Finalmente, se efectúa el cálculo de los costos asociados para llevar a cabo el diseño, acompañado de un análisis de costo-beneficio con el objetivo de determinar la viabilidad del proyecto.

3.1 Selección de espacio de la central de GLP

Una vez determinado que la central de almacenamiento utilizará cilindros de 15 kg, se llevó a cabo la selección del espacio destinado para este fin, esta fase es crucial para alcanzar los objetivos del proyecto. Con el propósito de mitigar los riesgos asociados al transporte de cilindros de GLP a pisos superiores, se optó por ubicar la central en la planta baja del condominio. Además, con el fin de cumplir con el diseño de compartimento propuesto en la Figura 2.5 y la normativa INEN 2260, se eligió el espacio detallado en la Figura 3.1, asegurando así el cumplimiento de los estándares establecidos.

Figura 3.1

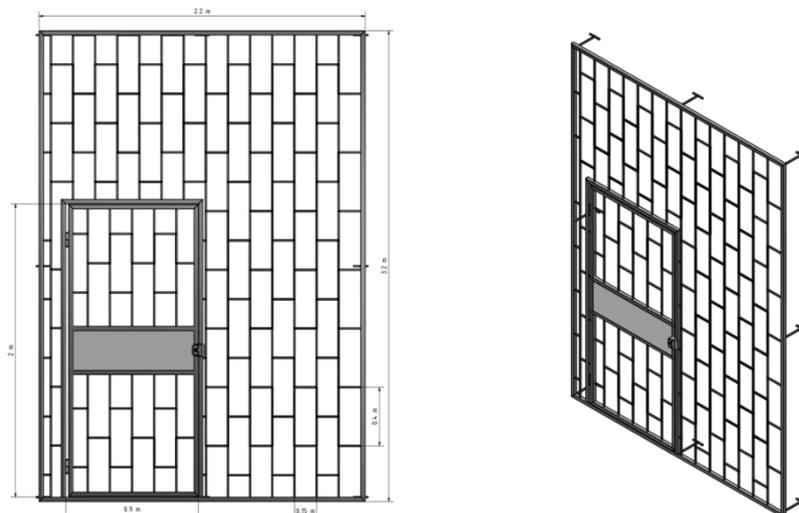
Selección de Espacio de Almacenamiento de GLP



Además, con el objetivo de garantizar la ventilación adecuada para la central de almacenamiento, se ha desarrollado un diseño de rejilla que se presenta en la Figura 3.2, esta facilita el flujo de aire, al mismo tiempo que cumple la función de servir como acceso principal a dicha central.

Figura 3.2

Reja de ventilación para la central de GLP

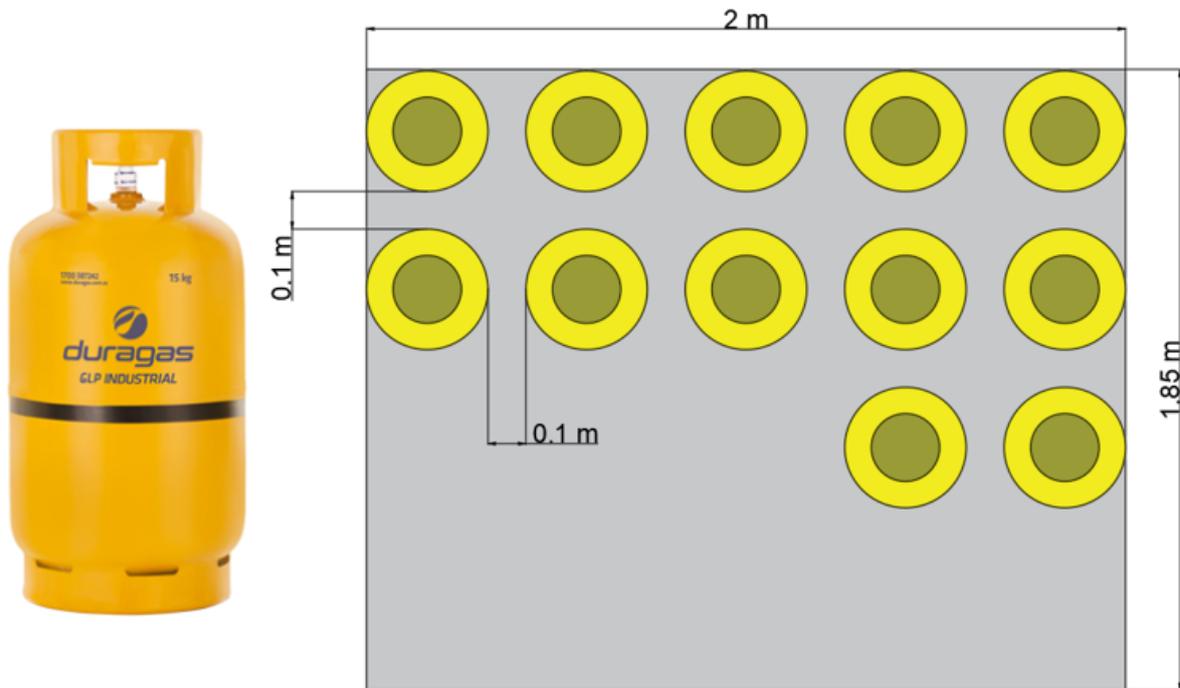


3.2 Diseño de central de almacenamiento de GLP

La central de almacenamiento debe cumplir rigurosamente las restricciones especificadas en la norma ecuatoriana INEN 2260. Entre las directrices primordiales aplicadas en el espacio designado, se destaca que el límite máximo de almacenamiento de GLP en un compartimento acondicionado no debe exceder los 180 kg. Al sumar los pesos individuales de cada cilindro, según se ilustra en la Figura 3.3, se obtiene un total de 180 kg, cumpliendo así con las disposiciones normativas. Adicionalmente, es importante respetar las distancias mínimas entre cilindros, las cuales no deben superar los 10 cm. Esta exigencia se cumple de manera adecuada mediante la distribución del gas, tal como se evidencia en los resultados presentados.

Figura 3.3

Distribución de los Cilindros de 15 kg



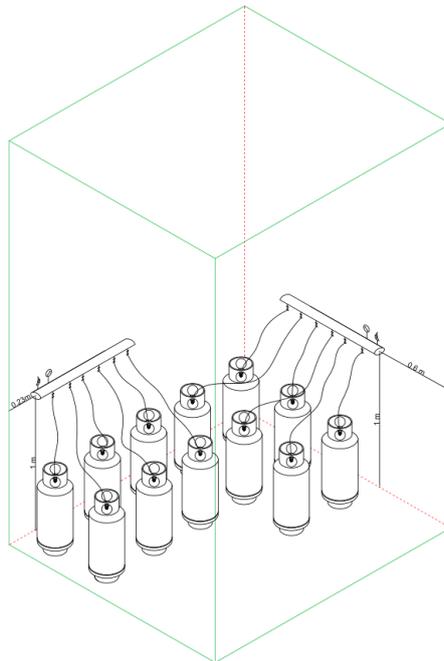
Nota. En la distribución de los cilindros presentada en la figura se está respetando las distancias mínimas entre cilindro establecidas en la norma INEN 2260 y se usan cilindros de 15 kg.

3.3 Centralinas

En este diseño se implementarán dos centralinas: una de abastecimiento y otra de reposición, cada centralina estará provista de 6 cilindros de 15 kg para su alimentación. De acuerdo con los cálculos, en caso de que todos los equipos operen simultáneamente, se requerirían 5 cilindros de 15 kg para evitar la vaporización natural. No obstante, considerando un posible aumento en la demanda máxima en el futuro, se optó por utilizar el número máximo de cilindros permitidos por la norma INEN 2260, que es de 6. En cuanto a la disposición de las centralinas, como se visualiza en la Figura 3.4, esta servirá como punto de partida para iniciar la instalación de las tuberías.

Figura 3.4

Ubicación de las Centralinas de GLP



3.3.1 Sistema de reposición

Con el propósito de evitar que los usuarios manipulen válvulas para llevar a cabo la reposición de GLP y, al mismo tiempo, minimizar el riesgo de que el condominio experimente períodos sin suministro, se ha implementado un inversor automático con un rango de

funcionamiento entre 2 y 16 Bar. Su operación se basa en detectar una caída de presión, cortando inmediatamente el flujo de una de sus entradas y permitiendo el flujo por la otra. Este cambio se refleja visualmente mediante un cambio de color en la carátula del inversor, lo que permite a los usuarios identificar la centralina que está abasteciendo y llevar a cabo la reposición de Gas en la otra de manera oportuna.

Las Figuras 3.5 y 3.6 ilustran el funcionamiento del sistema de reposición. La Centralina 1 está encargada de abastecer inicialmente al condominio, y cuando cesa su suministro, la Centralina 2 inicia con el abastecimiento. Según los cálculos realizados, se estima que el propietario dispone de un periodo de 33 días para realizar el cambio de cilindros en cualquiera de las centralinas, considerando la demanda estimada actual.

Figura 3.5

Funcionamiento de Sistema con la Centralina 1 Abasteciendo

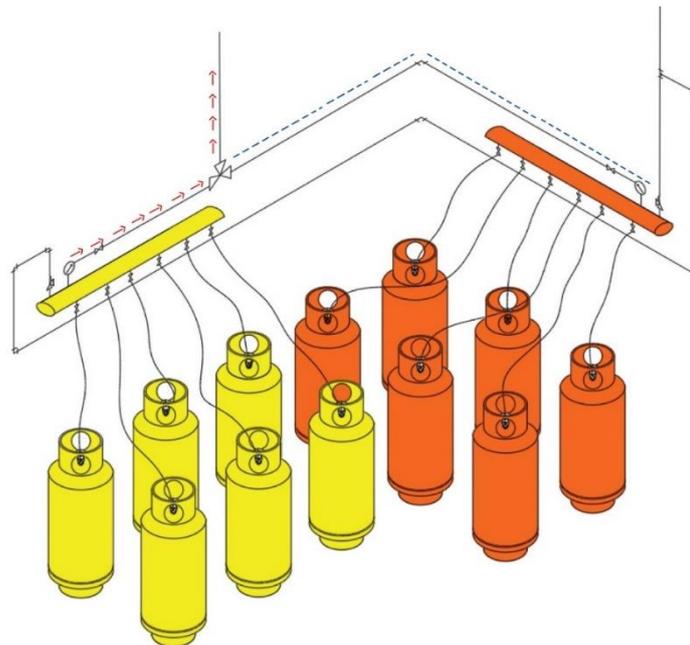
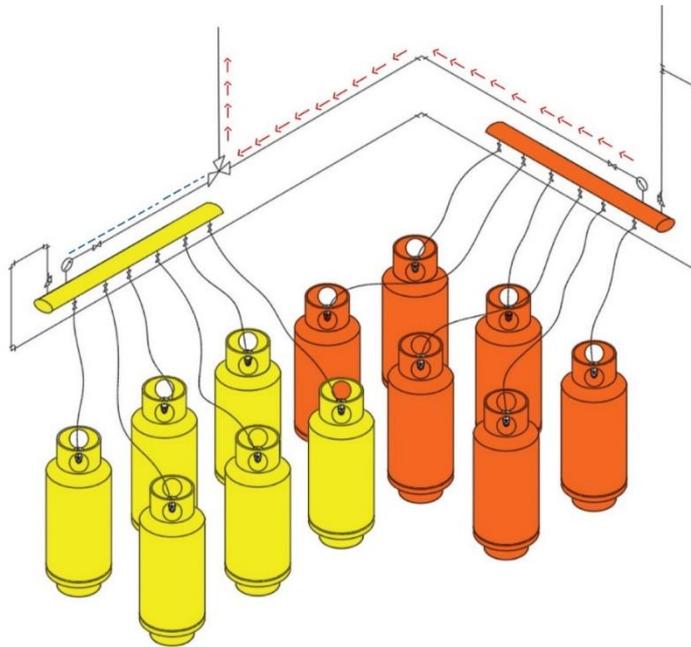


Figura 3.6

Funcionamiento del Sistema con Centralina 2 Abasteciendo



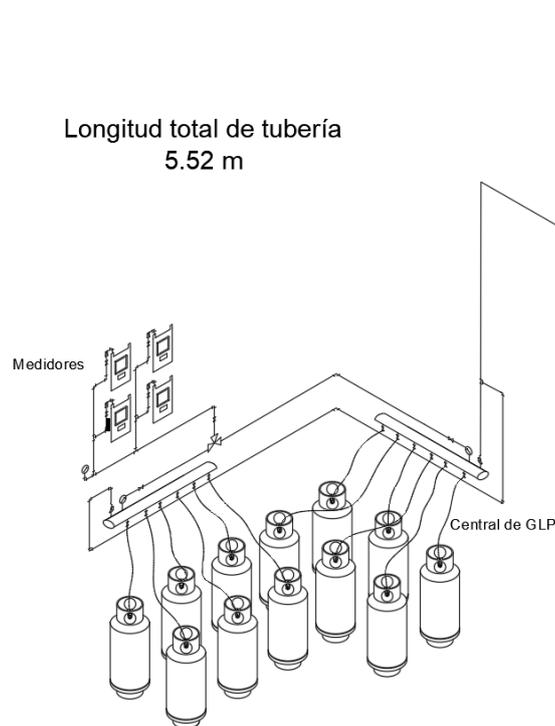
3.4 Distribución de tuberías

3.4.1 Tramo de centralinas y medidores

La disposición de las tuberías se presenta en tramos, en la Figura 3.7 el tramo que va desde las centralinas hasta la entrada de cada medidor, así como la tubería que conecta con la válvula de alivio. En este contexto, se ha optado por utilizar tuberías de cobre tipo L con un diámetro nominal de 3/4 de pulgada, según los cálculos realizados. En este tramo en particular, se han incorporado dos manómetros, uno por cada centralina. Además, se han instalado válvulas de paso tanto a la salida del manifold como a la entrada del medidor, permitiendo un control efectivo del flujo en diferentes puntos del sistema. Un componente crucial de este diseño es el inversor automático, el cual desempeña un papel fundamental al posibilitar la transición a la central de reposición en caso de que la central de abastecimiento principal deje de suministrar. Esta característica garantiza la continuidad y estabilidad del servicio.

Figura 3.7

Distribución de Tuberías de las Centralinas hasta lo Medidores

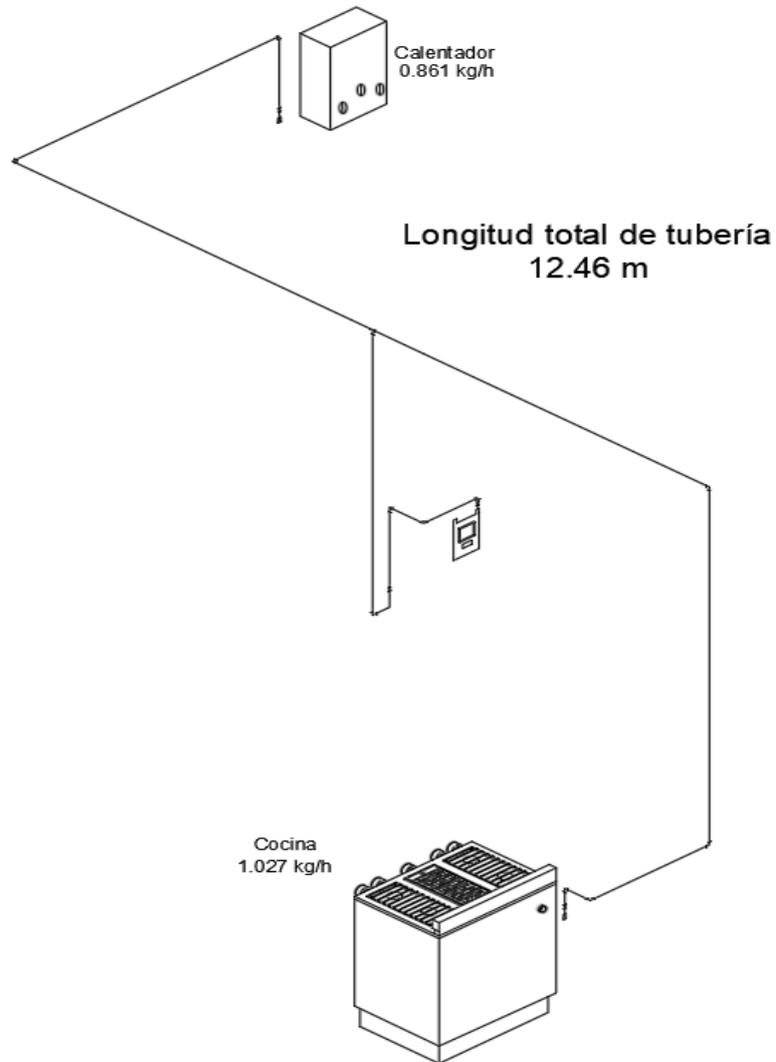


3.4.2 Tuberías - Departamento 1

En la Figura 3.8 se presenta la distribución de las tuberías de suministro de GLP para los electrodomésticos que se usan en el departamento 1. La trayectoria de la tubería inicia en medidor y respeta los criterios establecidos en la norma INEN 2260. La tubería es de cobre tipo L de 3/4 de pulgada como diámetro nominal, además este tramo tiene una longitud total de 12.46 metros.

Figura 3.8

Distribución de las Tuberías para el Departamento 1

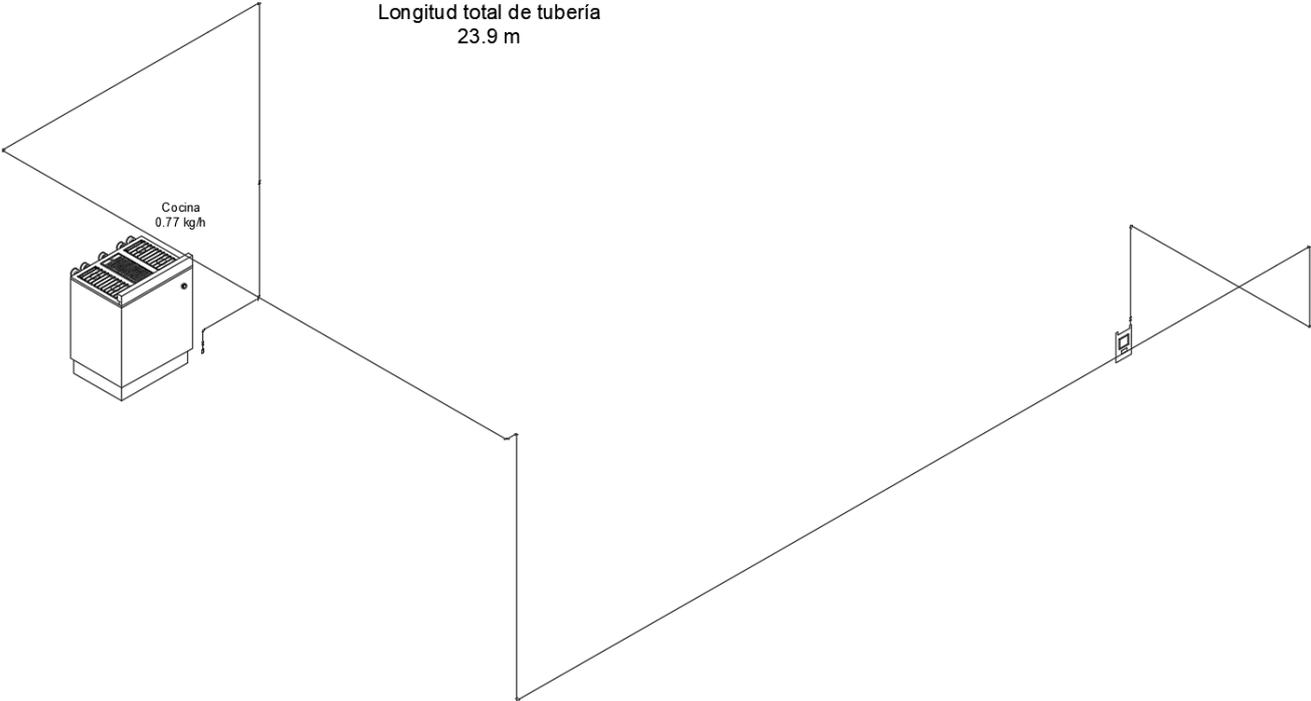


3.4.3 Tuberías - Departamento 2

Se optó por utilizar tubería de cobre con un diámetro nominal de 3/4 de pulgada para la distribución de la tubería de departamento 2, como se muestra en la Figura 3.9. La longitud total de la tubería alcanza los 23.90 metros.

Figura 3.9

Distribución de las Tuberías para el Departamento 2

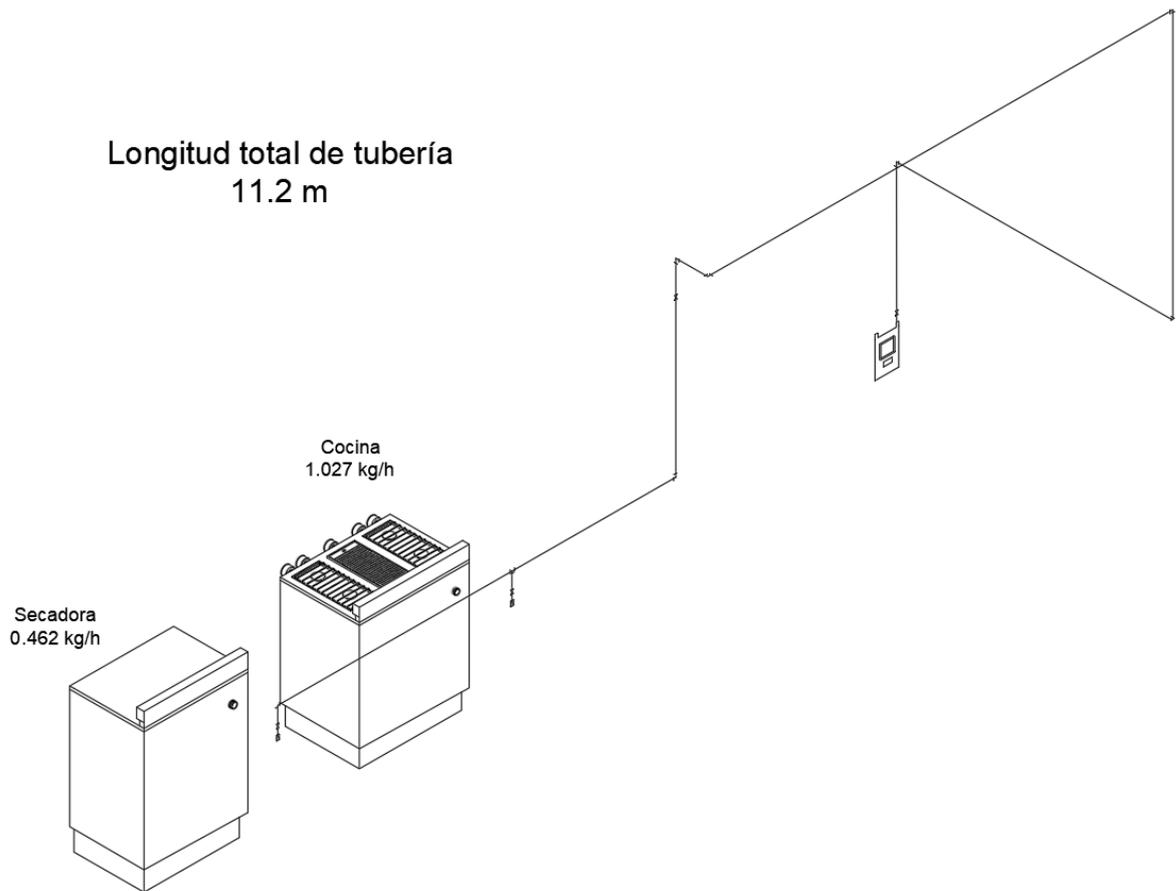


3.4.4 Tuberías - Departamento 3

Se eligió emplear tubería de cobre con un diámetro nominal de 3/4 de pulgada para la red de tuberías del departamento 3, tal como se representa en la Figura 3.10. La longitud total de esta tubería es de 11.20 metros.

Figura 3.10

Distribución de Tuberías para el Departamento 3

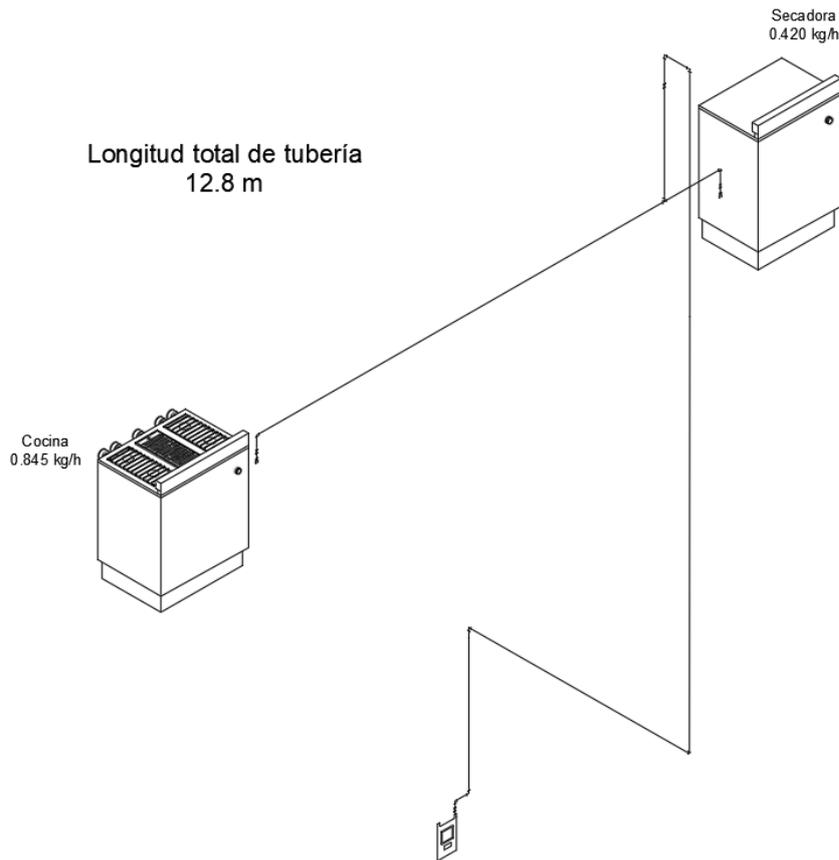


3.4.5 Tuberías departamento 4

Se decidió emplear tuberías de cobre con un diámetro nominal de 3/4 de pulgada para la red de distribución del departamento 4, conforme se muestra en la Figura 3.11. La extensión total de la tubería es de 12 metros.

Figura 3.11

Distribución de Tuberías para el Departamento 4



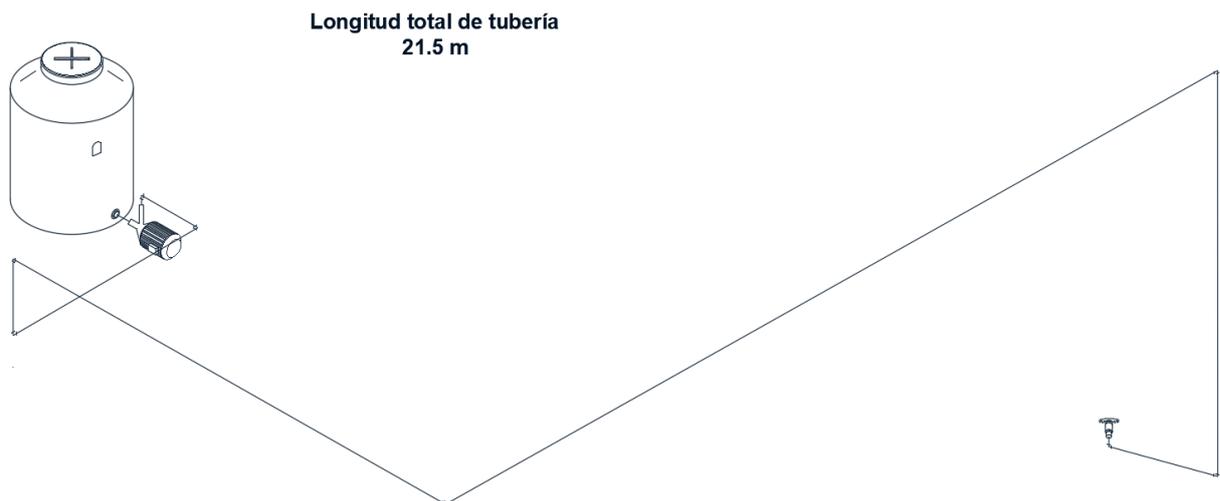
3.5 Sistema Contra incendios

En la Figura 3.12 se muestra el esquemático del sistema contra incendios, diseñado como medida de seguridad para la central de almacenamiento de GLP. En este diagrama, se observa cómo el sistema se alimentará desde un tanque de almacenamiento de agua ubicado en la terraza del condominio, utilizando una tubería de 1 pulgada de diámetro nominal fabricada con material ASTM A795. Adicionalmente, se destaca la presencia de una bomba de 0,5 hp, la cual proporcionará la presión y el caudal necesarios para asegurar el correcto funcionamiento del

rociador, este último, identificado como VK145 (K5,6), ha sido seleccionado de acuerdo con las directrices establecidas en la norma NFPA 13. Este sistema integral garantiza una respuesta eficiente y segura ante posibles incendios, cumpliendo con los estándares de seguridad establecidos.

Figura 3.12

Sistema contraincendios



3.6 Análisis de costos del proyecto

En la Tabla 3.1 se resume los costos asociados a la implementación de este diseño. La cotización de materiales y mano de obra fue proporcionada por la contratista TENERGY S.A.S, abarcando elementos como reguladores, centralinas, medidores, inversores y tuberías, entre otros. Los detalles específicos de la cotización se encuentran detallados en el apéndice B. Por otro lado, la cotización del sistema contraincendios para este proyecto se basó en el costo de los materiales disponibles en empresas locales y en una estimación de los costos de mano de obra asociados. Finalmente, se determinó que el costo del diseño representa el 5% del total del proyecto, dando como resultado un valor de \$5726,10, como se detalla en el apéndice C.

Tabla 3.1

Costos de realización del proyecto

Costos	Valor
Materiales	\$ 3132,97
Mano de obra	\$ 1912,96
Sistema contraincendios	\$ 407,5
Reja de ventilación	\$450
Subtotal	\$ 5903,43
Costo de diseño (5%)	\$295,17
Total	\$6198,60

Con el objetivo de garantizar que los clientes obtengan un retorno de inversión acorde al diseño establecido, se ha determinado la necesidad de implementar un cargo específico por el servicio de suministro de GLP a los departamentos. Cada arrendatario deberá contribuir con el monto correspondiente para la reposición del gas, además de un cargo adicional por el servicio. Este último se integrará al costo del arrendamiento; actualmente, el valor de alquiler por departamento es de \$200.

Para lograr que el cliente recupere la inversión en un periodo de 5 años, se propone un aumento de \$25.79 en cada departamento. Esto implica que el nuevo precio final por alquiler por departamento es de \$225.79. La justificación de esta tarifa adicional se fundamenta en la priorización de la seguridad y comodidad de los inquilinos, asegurando un suministro confiable de GLP y manteniendo un estándar elevado en los servicios proporcionados.

Por otro lado, al comparar los costos asociados con este diseño frente a la implementación de un tanque centralizado, se evidencia un ahorro en la inversión inicial del 30%. De acuerdo con el estudio llevado a cabo por (Fallos, 2020), la fabricación de un tanque

centralizado para el uso de 4 departamentos tiene un costo estimado de \$4473, lo cual representa un gasto adicional considerable.

La ventaja del uso de un tanque centralizado reside en la eliminación de los pagos por el remanente de gas devuelto a la empresa distribuidora de GLP. Esto se debe a la interrupción de la vaporización natural, lo cual resulta en un remanente que alcanza aproximadamente el 20% en los cilindros de 15 kg, en contraste, el costo de reponer el GLP a granel es de \$0,40 por kg, mientras que para los cilindros de 15 kg es de \$0,25, considerando el remanente devuelto. Este enfoque resulta en un ahorro del 37,5% en cada reposición, una reducción significativa que se traduce en un valor muy positivo y atractivo para que los clientes consideren la implementación de este proyecto.

En consecuencia, al tener en cuenta estos parámetros, se proyecta que el retorno de la inversión se producirá en un periodo de 8 años. Es crucial destacar que, estima una vida útil del sistema de 25 años, entonces se tiene un período adicional de 17 años durante los cuales este diseño generaría utilidades para el propietario. Esta combinación de beneficios, junto con el ahorro en la inversión inicial, respalda la potencial viabilidad del proyecto. Los cálculos detallados al respecto se presentan en el apéndice A.

Capítulo 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se diseñó un sistema de distribución de GLP en un condominio de 4 departamentos con una capacidad máxima de 102 kW empleando 6 cilindros de 15 kg por cada centralina, esto incluye una de abastecimiento y otra de reposición. Se ha seguido meticulosamente los estándares establecidos y regulados por la norma INEN 2260 para garantizar un suministro seguro y eliminar cualquier riesgo de fugas. Este enfoque aborda especialmente desafíos asociados con el transporte de los cilindros dentro del condominio y posibles manipulaciones inadecuadas, asegurando el suministro eficiente y seguro del GLP.

Se realizó el dimensionamiento de las tuberías y la selección de los accesorios para los distintos tramos en los que se dividió la distribución utilizando principios de mecánica de fluidos y estándares locales con la finalidad de evitar riesgos de fugas ya sea por manipulación inadecuada de los componentes o por posibles fallas de estos. Esto se logró usando tubería de cobre tipo 1/2 para todos los tramos garantizando el cumplimiento de la norma de no transportar el GLP a más de 10 m/s y llevando a cabo tres etapas de regulación hasta que el GLP llegue al electrodoméstico.

Se llevó a cabo un análisis de costos y beneficios, revelando un ahorro del 30% en la inversión inicial en comparación con la implementación de un tanque centralizado. Además, al considerar los precios locales de reposición del GLP a granel, se logró un ahorro del 37% en cada reposición, teniendo en cuenta el remanente devuelto en los cilindros de 15 kg. El tiempo de retorno de la inversión se estima en 5 años, mientras que el diseño proyecta un tiempo de vida útil de 25 años, al mismo tiempo se prioriza la seguridad, la eficiencia y la comodidad de los inquilinos, estos resultados indican una alta factibilidad para la distribución de GLP en este contexto.

En conclusión, la implementación de la red de distribución de Gas Licuado de Petróleo mitiga significativamente los riesgos de accidentes asociados con el transporte de los Cilindros dentro del condominio al diseñar una central de almacenamiento en la planta baja. Esta medida evita el transporte y almacenamiento en pisos elevados, priorizando la seguridad general y ofreciendo a los residentes un acceso eficiente al suministro de gas. La infraestructura propuesta no solo ha cumplido con los objetivos de mitigar riesgos, sino que también eleva la calidad de vida en el condominio al proporcionar una solución más segura y conveniente para el suministro de gas.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar cotizaciones a diversos proveedores, teniendo en cuenta que los instaladores deben contar con las calificaciones estipuladas en la norma NTE INEN 2333 ("Instalaciones y empresas instaladoras de gas combustible en edificaciones de uso residencial, comercial o industrial, Requisitos"). Esto permitirá llevar a cabo la instalación de manera que se pueda elegir la mejor opción considerando factores como Precio, Calidad, Tiempo de entrega y Garantía.

Se recomienda llevar a cabo pruebas de presión anuales, según lo establecido en la Norma INEN 2260. Esto es importante, dado que la presión de operación en todos los tramos es inferior a 200 kPa, se requiere que la presión de prueba sea 1.5 veces la presión de operación por cada tramo, realizada durante un período de 30 minutos de acuerdo con lo estipulado en la Tabla B.4. Para este caso específico, la presión de operación para la primera etapa es de 150 kPa, y para la segunda etapa es de 34 kPa.

Dada la relevancia de asegurar la integridad y calidad del proyecto, se recomienda contratar una empresa externa a la entidad instaladora para llevar a cabo la fiscalización una vez concluida la obra. Esta medida busca mitigar posibles conflictos de interés y garantizar una evaluación imparcial del trabajo realizado. La fiscalización interna, realizada por el mismo proveedor, podría conllevar riesgos potenciales de sesgo y carencia de objetividad. La inclusión de una entidad independiente para llevar a cabo la fiscalización proporcionará una supervisión adicional, asegurando que la obra cumpla con los estándares establecidos sin comprometer la calidad ni la seguridad.

5. REFERENCIAS

- Agas . (2023, s.f. s.f.). *Agas Cía Ltda*. Retrieved from <https://agas.ec/>: <https://agas.ec/inicio/162-regulador-reca-924-inversor-automatico.html>
- AGIP GAS. (2013). *Manual de Gestión de Calidad*. Quito, Ecuador.
- ARMOGAS. (2023, s.f. s.f.). <https://armogas.com/>. Retrieved from ARMOGAS (Especialista en gas y calentamiento): <https://armogas.com/producto/medidor-g-16-metros-humcar-glp/>
- Arrué, R. y. (2007). *Diseño y cálculo de instalaciones de gases combustibles. Redes*. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN.
- Atkins Peter, J. d. (2006). *PHYSICAL CHEMISTRY*. New York : W. H. Freeman and Company .
- BOMBEROS QUITO. (2021, julio 26). *BOMBEROS QUITO, salvamos vida* . Retrieved from <https://www.bomberosquito.gob.ec/>:
<https://www.bomberosquito.gob.ec/images/pdf/juridico/reglamentoprevencion.pdf>
- CAMPINGSPORT. (2022, s.f. s.f.). <https://campingsport.es/>. Retrieved from CAMPINGGAZ:
<https://campingsport.es/bombonas-cartuchos-gas-combustible/1300-regulador-de-gas-campingaz-28-mbar.html>
- COFLEX. (2023, s.f. s.f.). <https://www.coflex.com.mx/>. Retrieved from COFLEX:
https://www.coflex.com.mx/es_MX/products/view/3642
- CONSIGÁS. (2022, s.f. s.f.). *COMÉRCIO DE PECAS E APARELHOS A GÁS*. Retrieved from <https://www.consigaspecas.com.br/>:
<https://www.consigaspecas.com.br/produto/regulador-de-gas-alianca-506-03-7-0-kg-h-90385>
- D, S. (2002). *Plant Engineer's reference book*. Estados Unidos: Butterworth-Heinemann.: Oxford.
- DEGAS. (2022). *DEGAS MATERIALES Y EQUIPOS* . Retrieved from <https://degas.es/>:
<https://degas.es/materiales-instalacion-gas/inversor-automatico-g-l-p/>
- DISMACONCOBRE. (2020). *Tubería y accesorios de cobre*. Ecuador. Retrieved from <https://www.dismaconcobre.com/>
- EAST STEEL PIPE. (2023). *EAST STEEL PIPE Fire Spinkler Pipe*. Retrieved from <https://es.eastfirepipe.com/>: <https://es.eastfirepipe.com/products2/2020-12-07/1676.html>
- ECUATEPI S.A. (2017, s.f. s.f.). *Técnicas Ecuatorianas de protección contra incendios*. Retrieved from <https://www.ecuatepi.com/>: <https://www.ecuatepi.com/articulo-sistemas->

seguridad-accesorios-equipos-bomberos-rescate-industrial-quito-cuenca-guayaquil-ecuador.php?recordID=151

EL NUEVO TIEMPO. (2023, 11 30). PedidosYa y ENI Ecuador crean alianza estratégica para la venta de gas a través de la app. <https://elnuevotiempo.com/>, p. 2. Retrieved from <https://elnuevotiempo.com/pedidosya-y-eni-ecuador-crean-alianza-estrategica-para-la-venta-de-gas-a-traves-de-la-app/>

EP PETROECUADOR. (2019, s.f s.f). *INFORME ESTADÍSTICO ANUAL* . Retrieved from <https://www.eppetroecuador.ec/>: <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/INFORME-ESTADI%CC%81STICO-ANUAL-2019.pdf>

Fallos, G. (2020). *DSPACE ESPOL*. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/>: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51616/1/T-109916%20Fiallos-Garibaldi.pdf>

GLP SYSTEM. (2023, s.f. s.f.). *GLP SYSTEM*. Retrieved from <https://www.glpssystem.com/>: <https://www.glpssystem.com/es/electrovalvulas/50-electrovalvula-de-glp.html>

Herrera, B. B. (2006, junio). *SCIELO*. Retrieved from <https://www.scielo.org.mx/>: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35422006000100010

HUMCAR. (2023). *INDUSTRIAS HUMCAR* . Retrieved from <https://www.humcar.com/producto>: <https://www.humcar.com/producto/medidor-g16-m26-x-1-5-sentido-de-flujo-derecha-a-izquierda/>

INLLOBERA. (2023, s.f. s.f.). *ILL INDUSTRIAL LLOBERA S.A.* Retrieved from <https://www.indllobera.com/>: <https://www.indllobera.com/es/Elementos-de-fijacion>

LOJAGAS. (2020, s.f s.f). *LOJAGAS Calor del Hogar*. Retrieved from <https://lojagas.com/>.

López, J. (2001). *Manual de instalaciones de GLP*. Madrid : CEPESA ELF GAS. S.A.

MINISTERIO DE ECONOMIA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN. (2007, Febrero 2).

Reglamentos de instalaciones interiores y medidores de gas. *Cilindros Portátiles de GLP para una Instalación Interior de Gas*. Chile.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2023, 04 12). *Estadística hidrocarburos 2021*.

Retrieved from Recursos y energía: <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/04/Estadisticas-hidrocarburiferas.pdf>

NACOBRE. (2023). *NACOBRE*. Retrieved from <https://www.nacobre.com.mx/documents>: <https://www.nacobre.com.mx/documents/58344/4230620/Catalogo-tubos-Nacobre.pdf/24dcf458-ddd0-435a-8a95-9e4631cf3906>

- NEC. (2021, 04). Norma Ecuatoriana de la Construcción. *INSTALACIONES DE GASES COMBUSTIBLES PARA USO RESIDENCIAL COMERCIAL E INDUSTRIAL*. Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- NFPA. (2023). INSPECCIÓN, PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS A BASE DE AGUA. *NFPA 25*. Quincy , Massachusetts, Estados Unidos : National Fire Protection Association.
- NTE INEN 1534. (2015, diciembre). PREVENCIÓN DE INCENDIOS ALMACENAJE DE CILINDROS PARA GAS LICUADO DE PETROLIO (GLP). Quito, Pichincha , Ecuador .
- NTE INEN 2260. (2010). Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos. Quito, Pichincha : INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN .
- NTE INEN 2260. (2010). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 260:2010. *INSTALACIONES DE GASES COMBUSTIBLES PARA USO*. Quito, Ecuador.
- Pemex. (2007). *Gas Licuado del Petróleo. Gas y Petroquímica Básica*. México : D.F.
- Pesantez, J. (2013). Reducción de costos en el calentamiento de agua en Ecuador, a través de la sustitución de calefones con uso de GLP por sistemas de energía solar térmica. Retrieved from <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7263>
- Richard, K. (2010). *Seguridad y Salud en la industria petrolera y de sus derivados* (Cuarta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Sánchez, A. (2020). Gas licuado de petróleo en Ecuador. *GLP-en-Ecuador*, 3. Retrieved from <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2021/12/GLP-en-Ecuador.pdf>
- Teps Group S.A.C. (2011, octubre 15). *CLS OSINERGMIN*. Retrieved from <https://biblioteca.olade.org/>: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/hm000661.pdf>
- THEMEHUNK. (2024, s.f. s.f.). *A.C PLANETA FUEGO Equipos que protegen vidas y bienes*. Retrieved from <https://acplanetafuego.com/>: <https://acplanetafuego.com/producto/extintor-pqs-10-libras/?v=05b5755efd2e>
- TORANZOS, M. (2021, mayo 11). Accidentes por gas doméstico, un peligro que va en aumento. *expreso*, pp. <https://www.expreso.ec/quito/accidentes-gas-domestico-peligro-aumento-104314.html>.
- UCA. (2018). *Universidad de Cádiz* . Retrieved from <https://elaborate.uca.es>: <https://elaborate.uca.es/wp-content/uploads/2018/11/Rugosidad-absoluta-de-materiales.pdf>

- UNCUYO. (2012). *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUYO*. Retrieved from <https://ingenieria.uncuyo.edu.ar/>: <https://ingenieria.uncuyo.edu.ar/catedras/tablas-mdf2012.pdf>
- VERONICA, I. G. (2016). *REPOSITORIO UNIVERSIDAD GUAYAQUIL*. Retrieved from repositorio.ug.edu.ec: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20896/1/TESIS%20COMPLETA%20TATIANA%20GUTIERREZ.pdf>
- VIKING. (2022, agosto). *VIKING*. Retrieved from <https://www.vikinggroupinc.com/>: https://www.vikinggroupinc.com/sites/default/files/documents/032714_es.pdf

6. APÉNDICES

Apéndice A

En esta sección se presentan los cálculos demostrativos usando los conceptos y formulas presentadas en el capítulo 2. El primer cálculo es la demanda de GLP para todo el condominio. Se uso dos métodos, uno experimental y el otro teórico, de tal forma que se pueda verificar la fiabilidad de los resultados y acercarlos a la realidad. Para este cálculo se usan los datos presentados en la Tabla 2.4 y la ecuación 2.1.

Cálculo de la demanda - Método 1

Cocina departamento 1:

$$\dot{m}_i = \frac{\left(3600 \frac{s}{h}\right) \left(14,31 \frac{kJ}{s}\right)}{50208 \text{ kJ/kg}}$$
$$\dot{m}_i = 1,027 \frac{kg}{h}$$

El factor de uso para una cocina se define como la relación entre las hornillas utilizadas por el propietario del equipo y el total de hornillas, según se indica en la ecuación 2.3. Para los demás equipos, este valor es fijado en 1. En el caso específico de la cocina del departamento 1, este factor se calcula de la siguiente manera:

$$f_{u_i} = \frac{2}{6}$$
$$f_{u_i} = 0,33$$

Para el caso de esta cocina se usa 1 hora al día. Por ende, el consumo diario debido a este equipo será:

$$m_{de1} = 0,33 \left(1,027 \frac{kg}{h}\right) (1 \text{ h})$$
$$m_{de1} = 0,342 \text{ kg}$$

Realizando el mismo cálculo con todos los equipos usados en el condómino se obtienen los siguientes resultados presentados en la Tabla A.1:

Tabla A. 1

Resultados de Cálculo de Demanda con el Método 1

Departamento	Equipos	Flujo masico Individual [kg/h]	Factor de uso
Departamento 1	Cocina	1,027	0,33
	Calentador	0,861	1,00
Departamento 2	Cocina	0,769	0,75
Departamento 3	Cocina	1,027	0,50
	Secadora	0,462	1,00
Departamento 4	Cocina	0,845	0,75
	Secadora	0,420	1,00

Usando ecuación 2.2

$$\dot{m}_d = (0,342 + 0,718 + 0,384 + 0,514 + 0,231 + 0,317 + 0,210) kg$$

$$\dot{m}_d = 2,72 kg$$

Cálculo de la demanda - Método 2

En este cálculo, se emplea el concepto fundamental de flujo másico. Se procedió a medir los días que cada cilindro de GLP suministra al equipo especificado, posteriormente, se sumaron los caudales individuales para obtener la demanda total. Los datos utilizados en este cálculo se encuentran detallados en la Tabla A. 2, y la ecuación 2.4 fue aplicada para realizar los cálculos.

Tabla A. 2

Resultados de Cálculo de Demanda con el Método 2

Equipos	Duración del cilindro [días]	Masa del cilindro [kg]
Cocina	45	15
Calentador	20	15
Cocina	45	15
Cocina	30	15
Secadora	60	15
Cocina	60	15
Secadora	90	15

$$\dot{m}_d = \left(\frac{15}{45} + \frac{15}{20} + \frac{15}{45} + \frac{15}{30} + \frac{15}{60} + \frac{15}{60} + \frac{15}{90} \right) kg$$

$$\dot{m}_d = 2,58 kg$$

Cálculo de potencia máxima instalada

La potencia máxima instalada se define como la suma de las potencias nominales de los equipos, esto se estableció en la ecuación 2.5:

$$P_{it} = (14,31 + 12 + 10,71 + 14,31 + 6,44 + 11,77 + 5,856) kW$$

$$P_{it} = 75,40 kW$$

Caudal de simultaneidad

Dado que no se tienen departamentos de igual potencia y el condominio no cuenta con calefacción usando GLP, entonces los factores de la ecuación 2.6 son 1 y este caudal de simultaneidad estará dado por la suma de los caudales individuales de cada equipo.

$$\dot{m}_m = (1,027 + 0,861 + 0,796 + 1,027 + 0,462 + 0,845 + 0,420) \frac{kg}{h}$$

$$\dot{m}_m = 5,44 \frac{kg}{h}$$

Numero de cilindros para evitar la vaporización natural

Usando el valor de la potencia máxima instalada y la razón de vaporización de la Tabla 1.4 para cilindros de 15 kg a la temperatura más baja registrada en Guayaquil 15 °C con un consumo continuo. El número de cilindros necesarios para evitar el congelamiento del cilindro por no poder satisfacer la demanda está dado por la ecuación 2.7:

$$N = \frac{75,40 kW}{17 kW} = 4,42$$

$$N = 6$$

Conforme al manual de instalación de GLP, se recomienda redondear este valor al entero mayor, lo que resulta en un total de 5 cilindros. Sin embargo, se debe considerar la posibilidad de

un aumento en la cantidad de equipos en el futuro. Por esta razón, se tomó la decisión de elegir 6 cilindros. Este número fue seleccionado en base a la norma INEN 2260 y según el modelo definido en este proyecto, que establece la cantidad máxima de GLP almacenados, la cual es de 180 kg. Considerando cilindros de 15 kg, el máximo de cilindros que puede ubicarse en este compartimento es de 12.

La elección de dos centralinas de 6 cilindros, una para abastecimiento y otra para reposición, permite cumplir con la normativa local, enfoque no solo se ajusta a los lineamientos normativos, sino que también proporciona flexibilidad para adaptarse a posibles expansiones en el número de equipos en el futuro. Con base en estos datos, es posible determinar un intervalo aproximado para la reposición de GLP, utilizando el valor obtenido en la demanda mediante el Método 1, dado que este refleja la situación más crítica al ser el más alto y usando la ecuación 2.8.

$$t = \frac{6 * 15 \text{ kg}}{2,72 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}}$$
$$t = 33 \text{ dias}$$

Además, es importante destacar que la potencia máxima que puede suministrar la central de almacenamiento en este diseño cuando los equipos funcionan simultáneamente está determinada por la ecuación 2.9. A partir de esta, se pueden realizar análisis proyectivos para evaluar la capacidad de abastecer posibles futuros electrodomésticos que los inquilinos puedan adquirir y que operen con GLP como fuente de energía.

$$P_{per} = N * Rv$$

$$P_{per} = 6 * 17kW$$

$$P_{per} = 102 \text{ kW}$$

Dimensión de tuberías

Para dimensionar la tubería, se empleará la ecuación de Van der Waals, considerando la restricción estipulada por la norma INEN 2260, donde se establece que la velocidad máxima de transporte del GLP por tuberías no debe superar los 10 m/s para evitar molestias debido al ruido. Considerando que la composición del GLP en Ecuador es un 70% de propano y un 30% de butano, es necesario calcular las constantes de Van der Waals utilizando las ecuaciones 2.11 y 2.12, y tomando como referencia los datos proporcionados en la Tabla 1.5.

$$a_g = 0,7 \left(0,8779 \frac{Jm^3}{mol^2} \right) + 0,3 \left(1,466 \frac{Jm^3}{mol^2} \right)$$

$$a_g = 1,05433 \frac{Jm^3}{mol^2}$$

$$b_g = 0,7 \left(0,08445 \times 10^{-3} \frac{m^3}{mol} \right) + 0,3 \left(0,1226 \times 10^{-3} \frac{m^3}{mol} \right)$$

$$b_g = 9,5895 \times 10^{-5} \frac{m^3}{mol}$$

La masa molar del GLP esta dado por:

$$M = 0,7 \left(44,097 \times 10^{-3} \frac{kg}{mol} \right) + 0,3 \left(58,12 \times 10^{-3} \frac{kg}{mol} \right)$$

$$M = 48,30 \times 10^{-3} \frac{kg}{mol}$$

Con base en estos valores y considerando que la presión mínima en la regulación de la primera etapa es de 1 bar, es decir, la presión del regulador de primera etapa, procedemos con el cálculo del caudal para el tramo desde el regulador de primera etapa hasta el de segunda etapa. Es esencial resaltar que en este contexto se utiliza la ecuación 2.10, y todos los valores han sido convertidos a unidades del Sistema Internacional. Por razones de espacio, no se ha detallado la conversión de unidades, pero es importante señalar que el resultado también se presenta en el sistema internacional.

$$\left[150000 \text{ Pa} + \left(1,05433 \frac{\text{Jm}^3}{\text{mol}^2} \right) \left(\frac{5,41 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{48,3 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} \right)^2 \right]$$

$$\left[\dot{V} - \frac{5,41 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{48,3 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} \left(9,5895 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \right) \right] = \frac{5,41 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}) (298 \text{ K})}{48,3 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}$$

$$\dot{V} = 5,0345333 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Con el caudal obtenido para este tramo y utilizando la ecuación 2.13, junto con la elección de tubería de cobre tipo L, se procede a realizar el cálculo considerando varios diámetros de tuberías, hasta obtener el que mejor cumple con los requisitos establecidos por la norma INEN 2260 y los requerimientos de diseño. Este es el cálculo demostrativo para una tubería de 1/4 de pulgada de diámetro nominal, de acuerdo con información técnica presentada en la Figura B.7 se puede calcular el diámetro interno restándoles dos veces el espesor al diámetro externo y posteriormente calcular el área de un círculo, para este caso el diámetro interno es 8,00 mm y el área es de $3,888 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.

$$v = \frac{5,0345333 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{5,02655 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$v = 10,02 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En la Tabla A.3 se presentan los cálculos realizados hasta obtener el diámetro que cumpla con las restricciones establecidas para este tramo. De acuerdo con estos resultados, las tuberías mayores a 1/4 cumplen con la restricción de tener una velocidad menor a 10 m/s para este tramo. Por facilidad de adquisición en el mercado local y para tener un factor de seguridad se usará tubería de 1/2.

Tabla A. 3

Resultados para la Selección del Diámetro de Tubería Primer Tramo

Diámetro nominal [in]	Área [m ²]	Velocidad [m/s]
1/4	3,888 x 10 ⁻⁵	10,02
3/8	8,187 x 10 ⁻⁵	5,38
1/2	1,408 x 10 ⁻⁴	3,35
3/4	2,811 x 10 ⁻⁴	1,61

Por otra parte, se debe realizar el cálculo de la dimensión de la tubería para el tramo desde la regulación de la segunda etapa hasta la regulación de tercera etapa. El regulador de segunda etapa entrega una presión constante de 300mBar, además se debe tener en cuenta que el flujo másico se divide en 4 distribuciones, por facilidad de cálculo se asumirla que esta división es uniforme, entonces el nuevo flujo masico de uso en la ecuación de Van der Waals es 1,3525 kg/h.

$$\left[34000 \text{ Pa} + \left(1,05433 \frac{\text{Jm}^3}{\text{mol}^2} \right) \left(\frac{\frac{1,353 \text{ kg}}{3600 \text{ s}}}{\dot{V} \left(\frac{48,3 \text{ kg}}{1000 \text{ mol}} \right)} \right)^2 \right]$$

$$\left[\dot{V} - \frac{\frac{1,353 \text{ kg}}{3600 \text{ s}}}{\frac{48,3 \text{ kg}}{1000 \text{ mol}}} \left(9,5895 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \right) \right] = \frac{\frac{1,353 \text{ kg}}{3600 \text{ s}} (8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}) (303 \text{ K})}{\frac{48,3 \text{ kg}}{1000 \text{ mol}}}$$

$$\dot{V} = 6,4004389 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Con estos valores se procede con el cálculo demostrativo de la velocidad para este tramo, usando una tubería de cobre tipo L con diámetro nominal 1/4:

$$v = \frac{6,4004389 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{5,02655 \times 10^{-5} m^2}$$

$$v = 12,73 \frac{m}{s}$$

En la Tabla A. 4 se muestran los resultados de las velocidades para los diferentes diámetros de tubería, de acuerdo estos valores todas las tuberías mayores a 1/4 cumplen con la restricción, sin embargo, por facilidad de adquisición y para tener el mismo diámetro en todos los tramos se eligió tubería de cobre tipo L de 1/2 sin costura según las normas ISO 1640 como lo estipula la norma INEN 2260.

Tabla A. 4

Resultados para la Selección del Diámetro de Tubería Segundo Tramo

Diámetro nominal [in]	Área [m ²]	Velocidad [m/s]
1/4	3,888 x 10 ⁻⁵	12,73
3/8	8,187 x 10 ⁻⁵	6,83
1/2	1,408 x 10 ⁻⁴	4,25
3/4	2,811 x 10 ⁻⁴	2,05

Diseño de sistema contraincendios

De acuerdo con el diseño se basará en el rociador seleccionado que se muestra en la Figura 2.20, de acuerdo con la ecuación 2.14 se puede determinar el caudal necesario asumiendo una presión de trabajo de 10 Psi.

$$Q = 5,6\sqrt{10}$$

$$Q = 17.7 \text{ GPM}$$

Para garantizar el suministro del caudal necesario para el buen funcionamiento del rociador, se ha establecido un factor de seguridad usando un valor de 20 GPM como parámetro de operación. Por otra parte, de acuerdo con lo establecido en la norma NFPA para un riesgo extra la densidad del rociador debe ser mayor a 0,25 GPM/ft² como se establece en la Tabla 2.6, esto se comprobarán usando la ecuación 2.15:

$$\rho_R = \frac{20GPM}{39,82 ft^2}$$

$$\rho_R = 0,50 \frac{GPM}{ft^2}$$

Con estos resultados se establece que los parámetros de funcionamiento del rociador para este diseño son un caudal de 20 GPM y una presión de 12,8 Psi.

Diseño de sistema de alimentación de agua

En el transporte de agua a través de tuberías, es crucial mantener una velocidad que no sea inferior a 0,5 m/s para prevenir la sedimentación, pero al mismo tiempo, no debe exceder los 3 m/s para evitar el fenómeno conocido como golpe de ariete. Por este motivo, se ha optado por utilizar tuberías de acero con un diámetro nominal de 1 pulgada, ya que esta elección mantiene la velocidad dentro del rango recomendado para este caso específico, esto se calcula usando la ecuación 2.16.

$$\bar{v} = \frac{0,001262 \frac{m^3}{s}}{3,437 \times 10^{-4} m^2}$$

$$\bar{v} = 2,26 \frac{m}{s}$$

Para determinar si el flujo es turbulento o laminar, se empleará la ecuación 2.19. A partir del número de Reynolds, se determinará qué ecuación utilizar para calcular el coeficiente de fricción de Darcy. Los valores de densidad y viscosidad cinemática se obtuvieron de la Tabla B.2 correspondiente a una temperatura de 20 °C. Además, el diámetro interior se calcula restando el

dos veces el espesor al diámetro externo para la tubería seleccionada, la cual es de tipo ASTM A795, como se detalla en la Tabla B.1.

$$Re = \frac{\left(2,26 \frac{m}{s}\right) \left(998,2 \frac{kg}{m^3}\right) (27,86 \times 10^{-3} m)}{1,005 \times 10^{-3} \frac{kg}{ms}}$$

$$Re = 62538$$

Con este valor de Reynolds (Re), se verifica la naturaleza turbulenta del flujo, lo cual permite aplicar la ecuación 2.18 para calcular el factor de fricción de Darcy. Es importante señalar que la rugosidad absoluta para el hierro galvanizado tiene un valor máximo de 0,24 mm, como se muestra en la Tabla B.3.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{0,24}{\frac{27,86}{3,7}} + \frac{2,51}{(62538)\sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0,0371$$

Con todos estos datos y considerando que el coeficiente de pérdida de presión de los codos de 90° en acero es 0,3, se procede con el cálculo del cabezal de la bomba utilizando la ecuación 2.17:

$$h_B = \frac{\left(2,26 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} \left[\left(\frac{(27,86 \text{ mm})^2}{(10 \text{ mm})^2} \right)^2 + \frac{0,0371(21,5 \text{ m})}{27,86 \times 10^{-3} \text{ m}} + 8(0,3) \right] - 7 \text{ m}$$

$$h_B = 16,76 \text{ m}$$

$$h_B = 55 \text{ ft}$$

De acuerdo con los cálculos las condiciones de operación de la bomba son un caudal de 20 GPM y un cabezal de 55 ft. La potencia de la bomba que se necesita estará dada por:

$$P_h = 9,81 \frac{m}{s^2} \left(998,2 \frac{kg}{m^3}\right) (16,76 \text{ m}) \left(0,001262 \frac{m^3}{s}\right)$$

$$P_h = 207,12 \text{ W} \left(\frac{1 \text{ hp}}{745,7 \text{ W}} \right)$$

$$P_h = 0,28 \text{ hp}$$

Con este resultado la bomba que se debe usar es una de 0,5 hp para cumplir con los requisitos de caudal y presión para el rociador.

Retorno de la inversión

Como se mencionó en el apartado de resultados se estableció que se deberá añadir un valor mínimo de \$25,79 adicionales al valor del arriendo por cada departamento, lo cual daría un valor de \$103.16 por mes por todo el condominio. Entonces el tiempo de retorno de la inversión esta dado por:

$$T = \frac{6198,60 \text{ USD}}{103.16 \frac{\text{USD}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}}}$$

$$T = 5 \text{ años}$$

Teniendo en cuenta que una estimación de la vida útil del sistema de distribución de GLP es de 25 en promedio, la rentabilidad de la implementación del proyecto estará dado por:

$$R = (25 \text{ años} - 5 \text{ años}) \times 103.16 \frac{\text{USD}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{años}}$$

$$R = 24758.4 \text{ USD}$$

Apéndice B

Catálogos

Inversor automático

Figura B. 1

Especificaciones Técnicas del Inversor Automático



INVERSOR AUTOMÁTICO G.L.P

CÓDIGO	CAUDAL kg/h	PRESION ENTRADA BAR	PRESION SALIDA BAR	CONEXIÓN ENTRADA	CONEXIÓN SALIDA
3002002	8	2-19,3	1,5	M 20×150	M 20×150

Código

Nota. Figura obtenida de (DEGAS, 2022)

Regulador de segunda etapa

Figura B. 2

Especificaciones Técnicas del Regulador de Segunda Etapa



Marca	Humcar
Conexión Entrada	G 3/4 h SC
Conexión Salida	G 3/4 h JP
Tipo de Ajuste	No Ajustable
Etapa	Primera Etapa
Sistema de Seguridad	corte por baja presión a la entrada, exceso de flujo a la salida y rotura de diafragma., Válvula de Alivio
Presión de entrada máxima	72.5
Presión de entrada mínima	14.5
Presión de salida	340 mbar
Caudal nominal	9.5 m³/ h GN

Nota. Figura obtenida de (HUMCAR, 2023)

Figura B. 3

Especificaciones Técnicas del Regulador de Tercera Etapa



Características del regulador de gas Campingaz 28 MBAR:

El regulador de gas Campingaz 28 MBAR es la boquilla reguladora que se empalma con la conexión a botella azul de gas Campingaz®. Permite que las cocinas Base Camp™, Camping Kit® Camping Vario™ y Camping Vario™ Deluxe funcionen con bombonas recargables Campingaz®.

- Regulador de gas Campingaz 28 MBAR
- Regulador 28 gr/cm²



Nota. Figura obtenida de (CAMPINGSPORT, 2022)

Medidores

Figura B. 4

Especificaciones Técnicas del Medidor de GLP



Medidor G1,6 M26 x 1.5 Sentido de Flujo Derecha a Izquierda

Flujo Máximo

2,5 m³/ h aire Flujo Mínimo

0,016 m³/ h aire Gas de Operación Gas

Natural, GLP o gases no

corrosivos Presión Máxima de Operación \varnothing 50

kPa Temp. de operación \varnothing -10 °C – 55 °C

Materiales Cuerpo: Aluminio

Tapas: Aluminio

Diafragmas: Caucho y nitrilo

Válvula y asiento: Fenol

Nota. Figura obtenida de (HUMCAR, 2023)

Figura B. 5

Especificaciones Técnicas de las Tee de Cobre



TEE COBRE SO-SO

TEE SO-SO 1/4
TEE SO-SO 3/8
TEE SO-SO 1/2
TEE SO-SO 3/4
TEE SO-SO 1
TEE SO-SO 1 1/4
TEE SO-SO 1 1/2
TEE SO-SO 2
TEE SO-SO 2 1/2
TEE SO-SO 3
TEE SO-SO 4 NIBCO
TEE SO-SO 6

Nota. Figura obtenida de (DISMACONCOBRE, 2020)

Figura B. 6

Especificaciones Técnicas de los Codos de Cobre



CODO SO-SO 90°

CODO SO-SO 1/8 X 90
CODO SO-SO 1/4 x 90
CODO SO-SO 3/8 x 90
CODO SO-SO 1/2 x 90
CODO SO-SO 3/4 x 90
CODO SO-SO 1 x 90
CODO SO-SO 1 1/4 x 90
CODO SO-SO 1 1/2 x 90
CODO SO-SO 2 x 90
CODO SO-SO 2 1/2 x 90
CODO SO-SO 3 x 90
CODO SO-SO 4 x 90
CODO COBRE 6 X 90

Nota. Figura obtenida de (DISMACONCOBRE, 2020)

Extintor

Figura B. 7

Especificaciones Técnicas del Extintor seleccionado



Extintor PQS 10 libras

Para fuegos **clase A** (papel, madera y basura), **Clase B** (gases y líquidos) y **Clase C** (equipo eléctrico)

Es ideal para Hogares, tiendas y empresas pequeñas gracias a su rápida descarga de el Extintor ayuda a mitigar el fuego y evitar un posible accidente.

Fabricado con un cilindro de acero SPCC liviano, equipado con un manómetro para poder verificar su estado, una válvula de latón para extintor pqs, soporte de montaje y su manguera.

El extintor contiene 10 libras de **Polvo Químico Seco al 75% defosfato monoamónico**.

Aprobada por la Normativa NFPA() certificas CE y UL.

Cuenta con su respectiva etiqueta de vencimiento y garantía de 1 y 3 años el extintor es totalmente recargable.

Nota. Figura obtenida de (THEMEHUNK, 2024)

Tubería de cobre

Figura B. 8

Nomenclatura de las Tuberías de Cobre

TUBERÍA RÍGIDA			DIÁMETROS NOMINALES		USOS Y APLICACIONES
TIPO	COLOR	MILÍMETROS (PULG.)			
	Rojo	6 (1/4")	51 (2")	Conducción de agua potable Casas de interés social Casas de interés medio Edificios habitacionales Edificios comerciales	
		10 (3/8")	64 (2 1/2")		
		13 (1/2")	75 (3")		
		19 (3/4")	100 (4")		
		25 (1")			
		32 (1 1/4")			
	Azul	6 (1/4")	51 (2")	Los mismos que el tipo "M", además de: Instalaciones de gas combustible y medicinal, tomas domiciliarias de agua potable.	
		10 (3/8")	64 (2 1/2")		
		13 (1/2")	75 (3")		
		19 (3/4")	100 (4")		
		25 (1")			
		32 (1 1/4")			
	Verde	10 (3/8")	51 (2")	Los mismos que el tipo "L", además de: Uso Industrial donde las presiones y temperaturas de trabajo son severas.	
		13 (1/2")	64 (2 1/2")		
		19 (3/4")	75 (3")		
		25 (1")	100 (4")		
		32 (1 1/4")			
		38 (1 1/2")			

Nota. Figura obtenida de (NACOBRE, 2023)

Figura B. 9

Dimensiones de Tuberías de Cobre Tipo M, L y K

Medida Nominal	Diámetro Exterior	Espesor de Pared		
		M	L	K
1/4"	0.375"	0.025"	0.030"	
6.35 mm	9.525 mm	0.635 mm	0.762 mm	
3/8"	0.500"	0.025"	0.035"	0.049"
9.50 mm	12.700 mm	0.635 mm	0.889 mm	1.245 mm
1/2"	0.625"	0.028"	0.040"	0.049"
12.7 mm	15.875 mm	0.711 mm	1.016 mm	1.245 mm
3/4"	0.875"	0.032"	0.045"	0.065"
19 mm	22.225 mm	0.812 mm	1.143 mm	1.651 mm
1"	1.125"	0.035"	0.050"	0.065"
25 mm	28.575 mm	0.889 mm	1.270 mm	1.651 mm
1 1/4"	1.375"	0.042"	0.055"	0.065"
32 mm	34.925 mm	1.067 mm	1.397 mm	1.651 mm
1 1/2"	1.625"	0.049"	0.060"	0.072"
38 mm	41.275 mm	1.245 mm	1.524 mm	1.829 mm
2"	2.125"	0.058"	0.070"	0.083"
51 mm	53.975 mm	1.473 mm	1.778 mm	2.108 mm
2 1/2"	2.625"	0.065"	0.080"	
64 mm	66.675 mm	1.651 mm	2.032 mm	
3"	3.125"	0.072"	0.090"	
76 mm	79.375 mm	1.889 mm	2.286 mm	
4"	4.125"	0.095"	0.110"	
102 mm	104.775 mm	2.413 mm	2.794 mm	

Figura B. 10

Propiedades Físicas de las Tuberías de Cobre

Medida Nominal	Peso por tramo			Presión Máxima		
	M	L	K	M	L	K
1/4" 6.35 mm	2.132 lb 0.968 kg	2.524 lb 1.146 kg		6.133 lb/pulg ² 431.15 kg/cm ²	7.200 lb/pulg ² 506.16 kg/cm ²	
3/8" 9.50 mm	2.903 lb 1.318 kg	3.965 lb 1.800 kg	5.385 lb 2.445 kg	4.500 lb/pulg ² 316.35 kg/cm ²	6.300 lb/pulg ² 442.89 kg/cm ²	8.820 lb/pulg ² 620.04 kg/cm ²
1/2" 12.7 mm	4.083 lb 1.854 kg	5.705 lb 2.590 kg	6.890 lb 3.128 kg	4.032 lb/pulg ² 283.45 kg/cm ²	5.760 lb/pulg ² 404.92 kg/cm ²	7.056 lb/pulg ² 496.03 kg/cm ²
3/4" 19 mm	6.566 lb 2.981 kg	9.110 lb 4.136 kg	12.813 lb 5.817 kg	3.291 lb/pulg ² 231.35 kg/cm ²	4.632 lb/pulg ² 325.62 kg/cm ²	6.685 lb/pulg ² 469.95 kg/cm ²
1" 25 mm	9.310 lb 4.227 kg	13.114 lb 5.954 kg	16.799 lb 7.627 kg	2.800 lb/pulg ² 196.84 kg/cm ²	4.000 lb/pulg ² 281.20 kg/cm ²	5.200 lb/pulg ² 290.00 kg/cm ²
1 1/4" 32 mm	13.656 lb 6.200 kg	17.700 lb 8.036 kg	20.824 lb 9.454 kg	2.749 lb/pulg ² 193.25 kg/cm ²	3.600 lb/pulg ² 253.08 kg/cm ²	4.260 lb/pulg ² 299.47 kg/cm ²
1 1/2" 38 mm	18.821 lb 8.545 kg	22.826 lb 10.363 kg	27.231 lb 12.363 kg	2.713 lb/pulg ² 190.72 kg/cm ²	3.323 lb/pulg ² 233.60 kg/cm ²	3.988 lb/pulg ² 280.35 kg/cm ²
2" 51 mm	29.233 lb 13.272 kg	35.042 lb 15.909 kg	41.249 lb 18.727 kg	2.470 lb/pulg ² 173.65 kg/cm ²	2.965 lb/pulg ² 208.43 kg/cm ²	3.515 lb/pulg ² 247.10 kg/cm ²
2 1/2" 64 mm	40.647 lb 18.454 kg	49.658 lb 22.545 kg		2.228 lb/pulg ² 156.62 kg/cm ²	2.742 lb/pulg ² 192.76 kg/cm ²	
3" 76 mm	53.663 lb 24.363 kg	66.645 lb 30.257 kg		2.073 lb/pulg ² 145.73 kg/cm ²	2.592 lb/pulg ² 182.21 kg/cm ²	
4" 102 mm	93.310 lb 42.363 kg	107.729 lb 48.909 kg		2.072 lb/pulg ² 145.65 kg/cm ²	2.400 lb/pulg ² 168.72 kg/cm ²	

Tubería de sistema contraincendios

Figura B. 11

Tubería Contraincendios ASTM A795

ASTM A795 tubería contra incendio

Tubo de acero co del este de Weifang,, Ltd. es un fabricante profesional de tubería de acero, producimos tubería contra incendios de acuerdo con la norma ASTM A795 con aprobaciones UL y FM, espesor de acuerdo con las series SCH10 y SCH40, tamaño de 1 pulg



Nota. Figura obtenida de (EAST STEEL PIPE, 2023)

Figura B. 12

Cotización de la instalación del GLP centralizado por TNERGY S.A.S.

ÍTEM		PRODUCTO O SERVICIO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	SUBTOTAL (USD)
MANO DE OBRA						\$1.708,00
1		Montaje e instalación de centralina para alimentación de conjunto residencial	2	UND	\$ 50,00	\$ 100,00
2		Montaje de abrazadera isofonica 1/2"	40	UND	\$ 4,00	\$ 160,00
3		Montaje de válvula de bola 1/2"	34	m	\$ 10,00	\$ 340,00
4		Montaje de Tubería CU 1/2"	70	m	\$ 4,50	\$ 315,00
5		Montaje de codo CU SO-SO 1/2" 90 grados	60	UND	\$ 2,50	\$ 150,00
6		Montaje de unión CU SO-SO 1/2	10	UND	\$ 2,50	\$ 25,00
7		Montaje de Tee CU SO-SO 1/2"	8	UND	\$ 3,50	\$ 28,00
8		Montaje de medidor G1.6	4	UND	\$ 25,00	\$ 100,00
9		Montaje de conector colflex gas alta presión	8	UND	\$ 10,00	\$ 80,00
10		Pintura de tubería acorde a la norma INEN 2260	70	GLB	\$ 4,00	\$ 280,00
11		Informe técnico de actividades realizadas	1	GLB	\$ 40,00	\$ 40,00
12		Revisión de fugas y prueba de operación	1	GLB	\$ 90,00	\$ 90,00
MATERIALES						\$2.818,72
1		TUBERÍA COBRE 1/2" TIPO L GAS	70	m	\$ 7,97	\$ 557,90
2		MEDIDOR G 1.6	4	UND	\$ 70,38	\$ 281,50
3		TEE CU SO-SO 1/2"	8	UND	\$ 1,48	\$ 11,84
4		UNION CU SO-SO 1/2"	5	UND	\$ 0,61	\$ 3,05
5		CODO CU SO-SO 1/2" 90	60	UND	\$ 0,88	\$ 52,80
6		ABRAZADERA ISOFONICA 1/2"	40	UND	\$ 2,63	\$ 105,20
7		VÁLVULA BOLA 1/2"	34	UND	\$ 6,88	\$ 233,92
8		SUELDA 5% AG 50GR	50	UND	\$ 2,23	\$ 111,50
9		INVERSOR AUTOMATICO	1	UND	\$ 54,76	\$ 54,76
10		CENTRALINA 6 ENTRADAS	2	UND	\$ 365,00	\$ 730,00
11		REGULADOR SEGUNDA ETAPA	4	UND	\$ 49,96	\$ 199,84
12		REGULADOR TERCERA ETAPA	4	UND	\$ 23,99	\$ 95,96
13		TEFLÓN GAS 1/2" 15M	1	UND	\$ 0,38	\$ 0,38
14		CONECTOR COFLEX GAS ALTA PRESIÓN	1	UND	\$ 11,74	\$ 11,74
15		ADAPTADOR CU SO-HE 1/2"	2	UND	\$ 1,84	\$ 3,68
16		PINTURA AMARILLA	5	L	\$ 7,00	\$ 35,00
17		CILINDRO DE 15KG	5	UND	\$ 40,00	\$ 200,00
18		SEÑALETICA	5	UND	\$ 3,00	\$ 15,00
19		EXTINTOR 9KG	1	UND	\$ 52,15	\$ 52,15
20		UNIFIX GASTOP FUERZA MEDIA 36 ML	10	UND	\$ 6,25	\$ 62,50
					Subtotal:	\$4.526,72
Observaciones:					IVA 12%:	\$ 543,21
					Total:	\$ 5.069,92



COTIZACIÓN No. 2024 - 020

Razón social: TNERGY TÉCNICAS Y ENERGÍA S.A.S.
RUC: 0993373087001

Servicios que ofrecemos: Actividades de ingeniería y consultorías, construcción y fiscalización de obras y servicios de ingeniería mecánica, eléctrica, civil, reparación y mantenimiento.

Teléfonos: 042087781 / 0987035195
Correos: tnergy.sas@gmail.com
tyrone.villavicencio.tnergy@gmail.com

Cliente: Carlos Reyes Quimi Provincia: Guayas Ciudad: Durán Correo: carequim@espol.edu.ec	Dirección: El Recreo 3era Etapa Fecha: 23/1/2024
Proyecto: MONTAJE E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GLP	
Tiempo de ejecución: 3 días Tiempo de Vigencia de la oferta: 30 días	

Figura B. 13

Proforma de fabricación de reja de ventilación



GYE, 11 de Enero de 2024

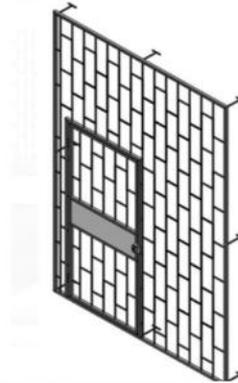
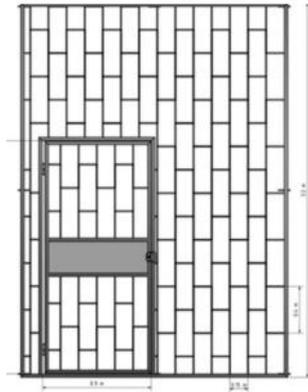
PROFORMA SERVICIOS DE CERRAJERIA

Atencion
Carlos Rafael Reyes Quimi
C.I.: 0950220772

VARILLA CUADRADA LISA



Denominación	A	kg/m	kg/mt	Area
VCU 9/16	8,0	0,57	5,41	0,52
VCU 3/8	9,5	0,64	6,03	0,61
VCU 1/2	11,8	0,88	7,79	1,21
VCU 5/8	15,0	1,27	10,20	2,25
VCU 3/4	19,0	2,04	16,20	3,24
VCU 24,5	24,5	4,72	28,30	6,00



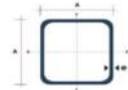
1. Suministro, elaboración e instalación de una reja de 2.20 mts por 3.20 mts en varilla cuadrada lisa de 1/2 pulgada con marco estructural de tubo de 1 1/4 por 2mm de espesor.

Valor \$450

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

Norma: AISI 304
Calidad: L4E / AISI 304
Acabado: Acero negro o Galvanizado
Longitud Normal: 6,00m y medidas especiales.
Dimensiones: Desde 20mm a 100mm
Espesores: Desde 1,20mm a 3,00mm



A	Peso		Largo 6,00 m	
	kg/m	kg	kg	kg
20	1,2	7,20	0,50	3,60
25	1,6	9,60	0,60	3,60
30	2,0	12,00	0,80	4,80
35	2,4	14,40	1,00	6,00
40	2,8	16,80	1,20	7,20
45	3,2	19,20	1,40	8,40
50	3,6	21,60	1,60	9,60
55	4,0	24,00	1,80	10,80
60	4,4	26,40	2,00	12,00
65	4,8	28,80	2,20	13,20
70	5,2	31,20	2,40	14,40
75	5,6	33,60	2,60	15,60
80	6,0	36,00	2,80	16,80
85	6,4	38,40	3,00	18,00
90	6,8	40,80	3,20	19,20
95	7,2	43,20	3,40	20,40
100	7,6	45,60	3,60	21,60

Tabla B. 1

Especificaciones Técnicas de Tubería ASTM A795

ERW ASTM A795 SCH10 GR.A & GR.B						
DIN-in	DN- mm	OD-mm	WT-mm	Kg/m	Psi	kPa
1	25	33,4	2,77	2,091	700	4800
1 1/4	32	42,2	2,77	2,690	1000	6900
1 1/2	40	48,3	2,77	3,106	1000	6900
2	50	60,3	2,77	3,930	1000	6900
2 1/2	65	73,0	3,05	5,260	1000	6900
3	80	88,9	3,05	6,453	1000	6900
3 1/2	90	101,6	3,05	7,408	1200	8300
4	100	114,3	3,05	8,362	1200	8300

Nota. Datos obtenidos de (EAST STEEL PIPE, 2023)

Tabla B. 2

Propiedades Físicas del Agua

Unidades SI						
Temperatura (°C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad μ (N - s/m ²)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)	Tensión superficial σ (N/m)	Presión de vapor (kPa)	Módulo de volumen B (Pa)
0	999.9	1.792 x 10-3	1.792 x 10-6	0.0762	0.610	204 x 10 ⁷
5	1000.0	1.519	1.519	0.0754	0.872	206
10	999.7	1.308	1.308	0.0748	1.13	211
15	999.1	1.140	1.141	0.0741	1.60	214
20	998.2	1.005	1.007	0.0736	2.34	220
30	995.7	0.801	0.804	0.0718	4.24	223
40	992.2	0.656	0.661	0.0701	3.38	227
50	988.1	0.549	0.556	0.0682	12.3	230
60	983.2	0.469	0.477	0.0668	19.9	228
70	977.8	0.406	0.415	0.0650	31.2	225
80	971.8	0.357	0.367	0.0630	47.3	221
90	965.3	0.317	0.328	0.0612	70.1	216

Nota. Figura obtenida de (UNCUYO, 2012)

Tabla B. 3

Rugosidad Absoluta para Materiales en Ingeniería

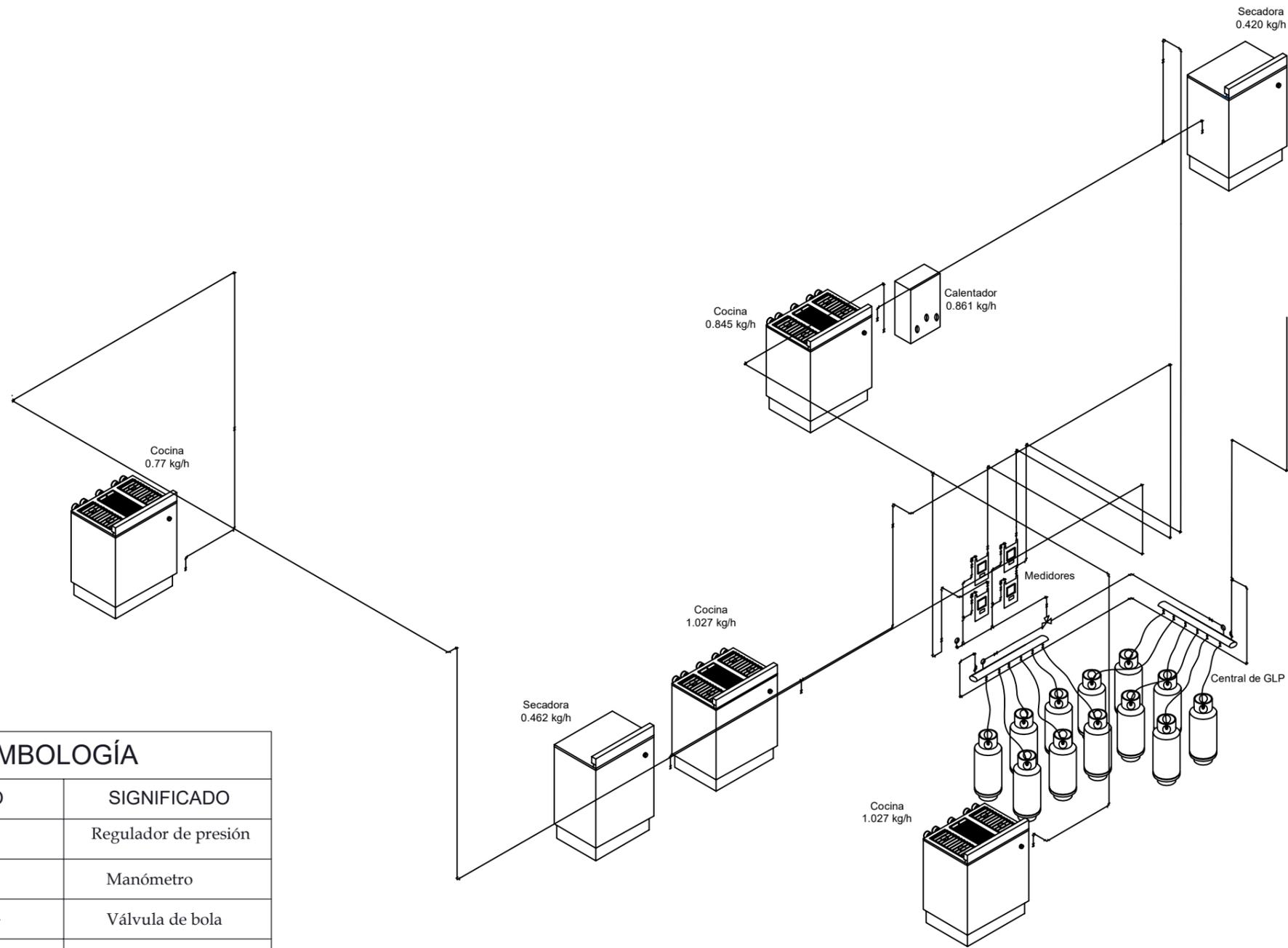
Rugosidad Absoluta de Materiales			
Material	ϵ [mm]	Material	ϵ [mm]
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición Asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estriados de Acero	0,0024	Acero Comercial y Soldado	0,03-0,09
Tubos de Latón o cobre	0,0015	Hierro Forjado	0,03-0,09
Fundición Revestida de Cemento	0,0024	Hierro Galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3

Nota. Datos obtenidos de (UCA, 2018)

Tabla B. 4

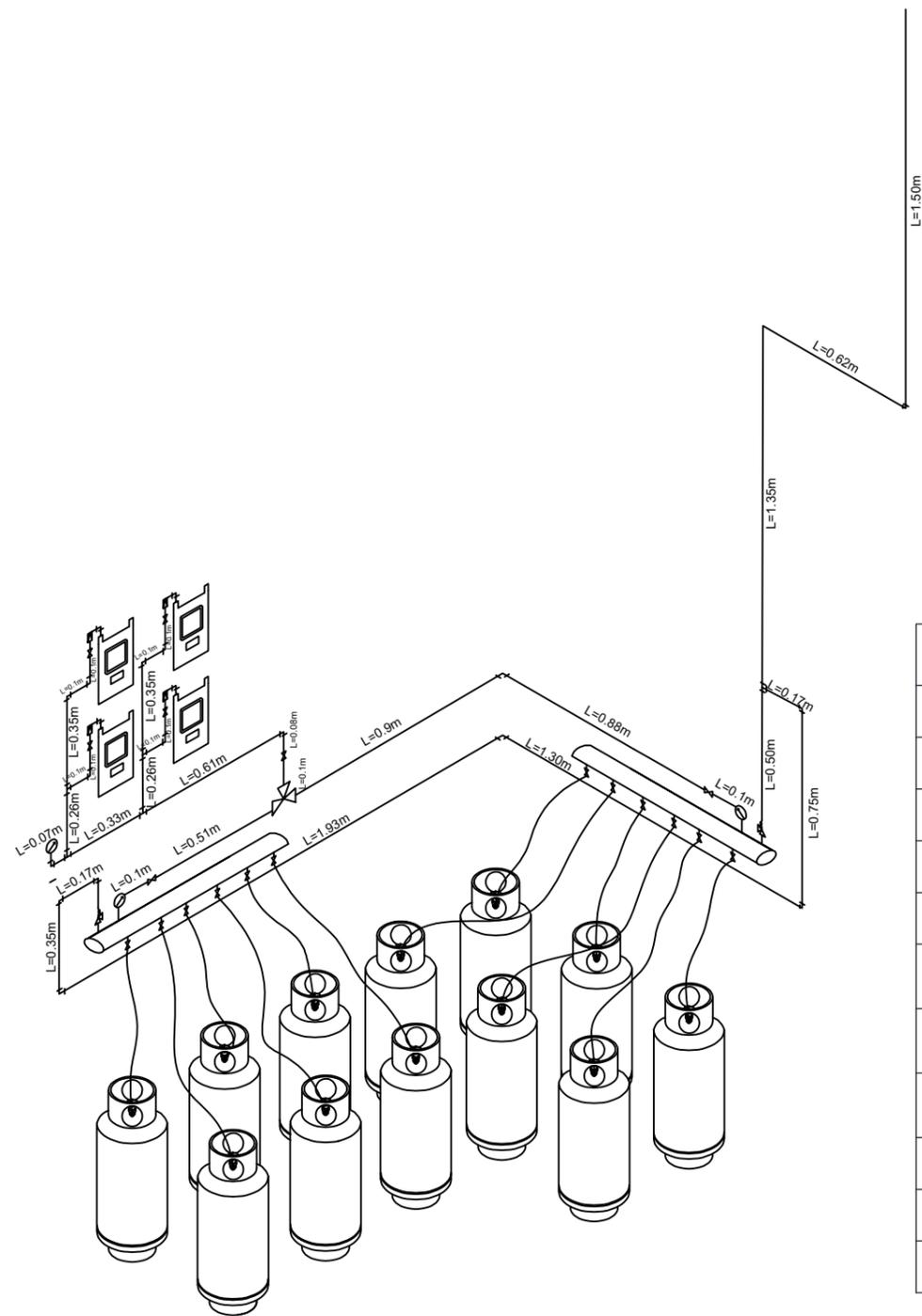
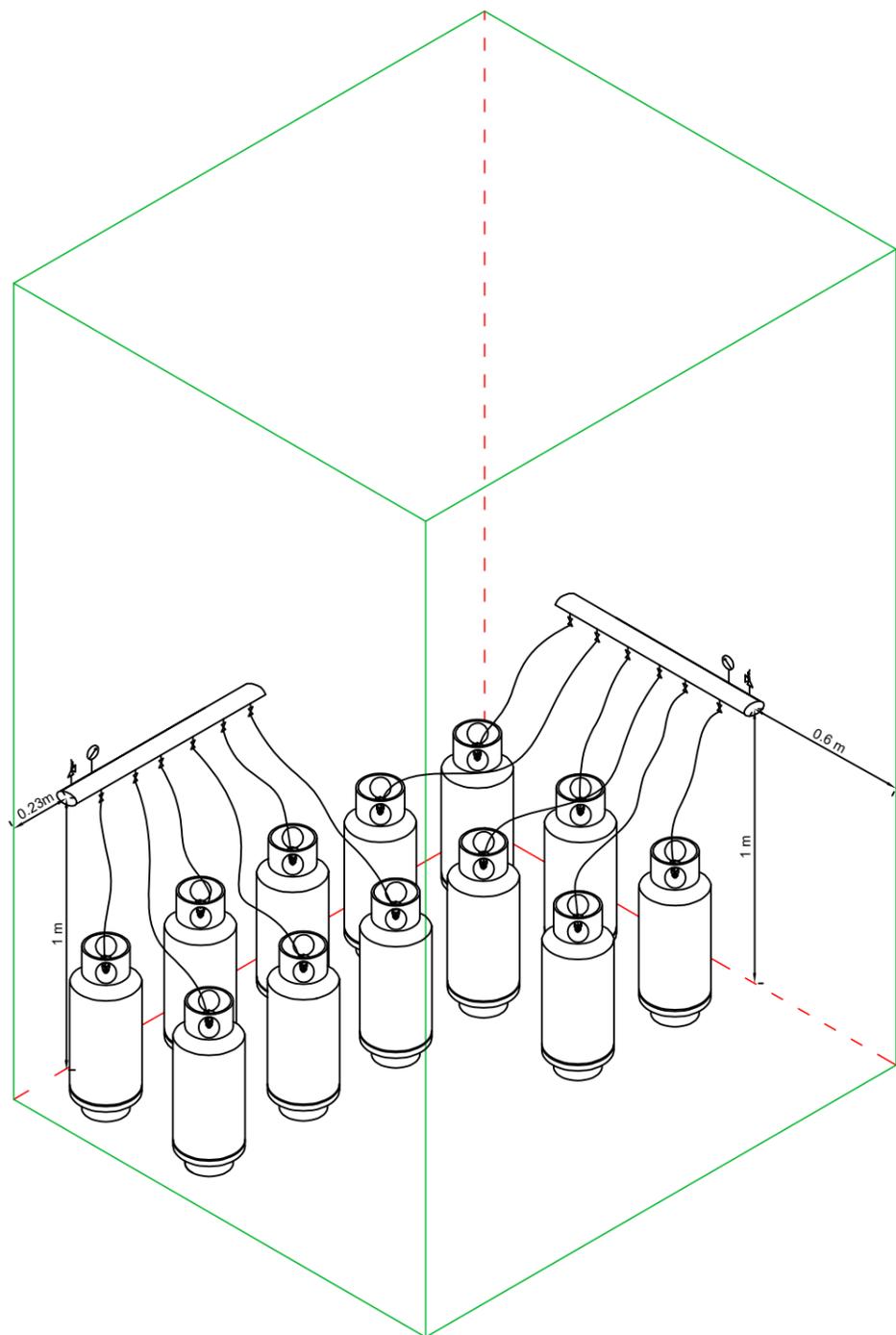
Presiones de operación para prueba de presión

Presión de operación MOP (kPa)	Presión de prueba (kPa)	Tiempo de prueba
$200 < \text{MOP} \leq 500$	$> 1.50 \times \text{MOP}$	60
$10 < \text{MOP} \leq 200$	$> 1.75 \times \text{MOP}$	30
$\text{MOP} \leq 10$	$> 2.50 \times \text{MOP}$	15



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Regulador de presión
	Manómetro
	Válvula de bola
	Tubería flexible BP
	Contador de GLP
	Cilindro 15 Kg
	Conexión en TE
	Conexión codo 90
	Válvula de seguridad
	Valvula inversora

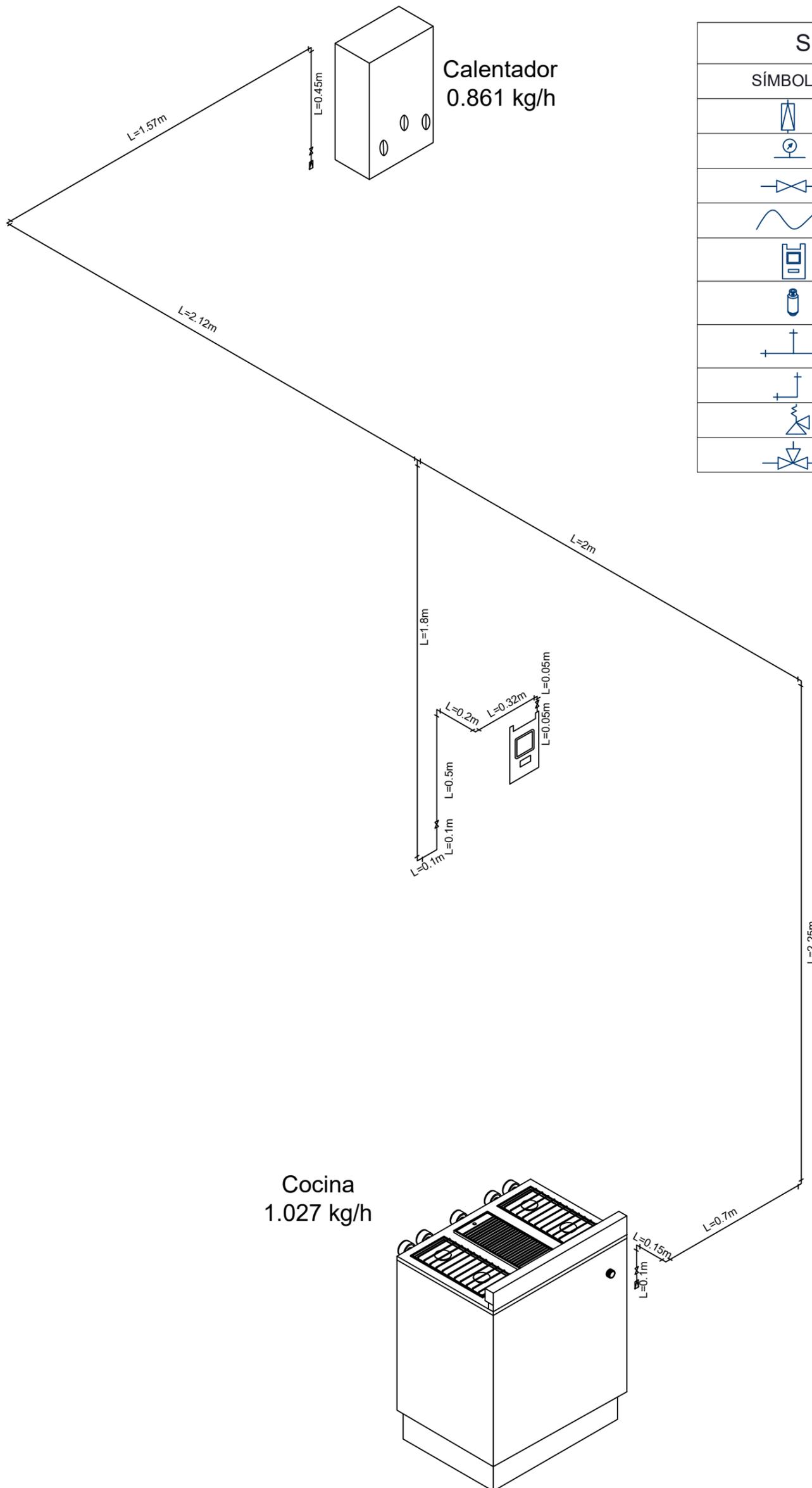
<h1>ESPOL</h1>			Proyecto				
			Diseño y análisis de factibilidad de una red de distribución para GLP para un condominio				
DIBUJ. Reyes C. Arguello A.			Contiene:		Título:		
			Sistema GLP				
VERIF. Ing. Martínez E.		Unidades	Plano N.º		Sistema de red para distribución de GLP		
APROB. Ing. Martínez E.		m	1				
DIRECCIÓN:							
Sauces IX MZ.530 V.26							
Formato		Fecha		Escala		HOJA:	
A3		08/01/2024		1:50		1/6	



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Regulador de presión
	Manómetro
	Válvula de bola
	Tubería flexible BP
	Contador de GLP
	Cilindro 15 Kg
	Conexión en TE
	Conexión codo 90
	Válvula de seguridad
	Valvula inversora

Nota: Usar tubería de Cobre Tipo L de 1/2" para todos los tramos

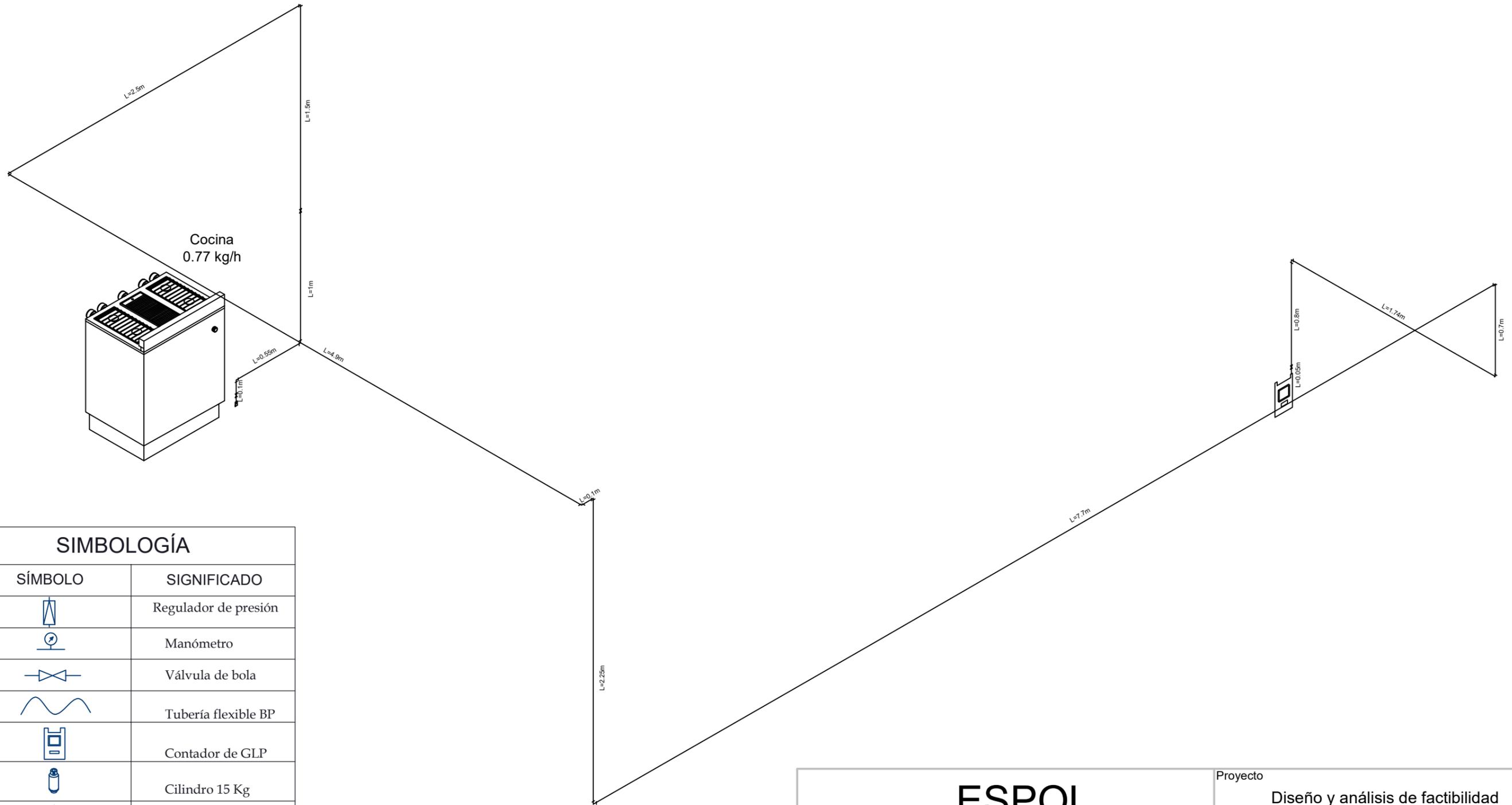
<h1>ESPOL</h1>				Proyecto			
				Diseño y análisis de factibilidad de una red de distribución para GLP para un condominio			
DIBUJ.		NOMBRE Reyes C. Arguello A.		Contiene: Centralina y medidores		Título:	
VERIF.		Ing. Martínez E. Unidades		Plano N.º		Planos para instalación de red para distribución de GLP - Centralina y medidores	
APROB.		Ing. Martínez E. m		2			
DIRECCIÓN:				Sauces IX MZ.530 V.26			
Formato A3		Fecha 08/01/2024		Escala 1:25		HOJA: 2/6	



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Regulador de presión
	Manómetro
	Válvula de bola
	Tubería flexible BP
	Contador de GLP
	Cilindro 15 Kg
	Conexión en TE
	Conexión codo 90
	Válvula de seguridad
	Valvula inversora

Nota: Usar tubería de Cobre Tipo L de 1/2" para todos los tramos

ESPOL				Proyecto			
				Diseño y análisis de factibilidad de una red de distribución para GLP para un condominio			
DIBUJ.		NOMBRE		Contiene:		Titulo:	
Reyes C. Arguello A.				Tramo 1		Planos para instalación de red para distribución de GLP - Departamento #1	
VERIF.		Ing. Martínez E. Unidades		Plano N.º			
APROB.		Ing. Martínez E. m		3			
DIRECCIÓN:							
Sauces IX MZ.530 V.26				Formato		Fecha	
				A3		08/01/2024	
				Escala		HOJA:	
				1:20		3/6	



SIMBOLOGÍA

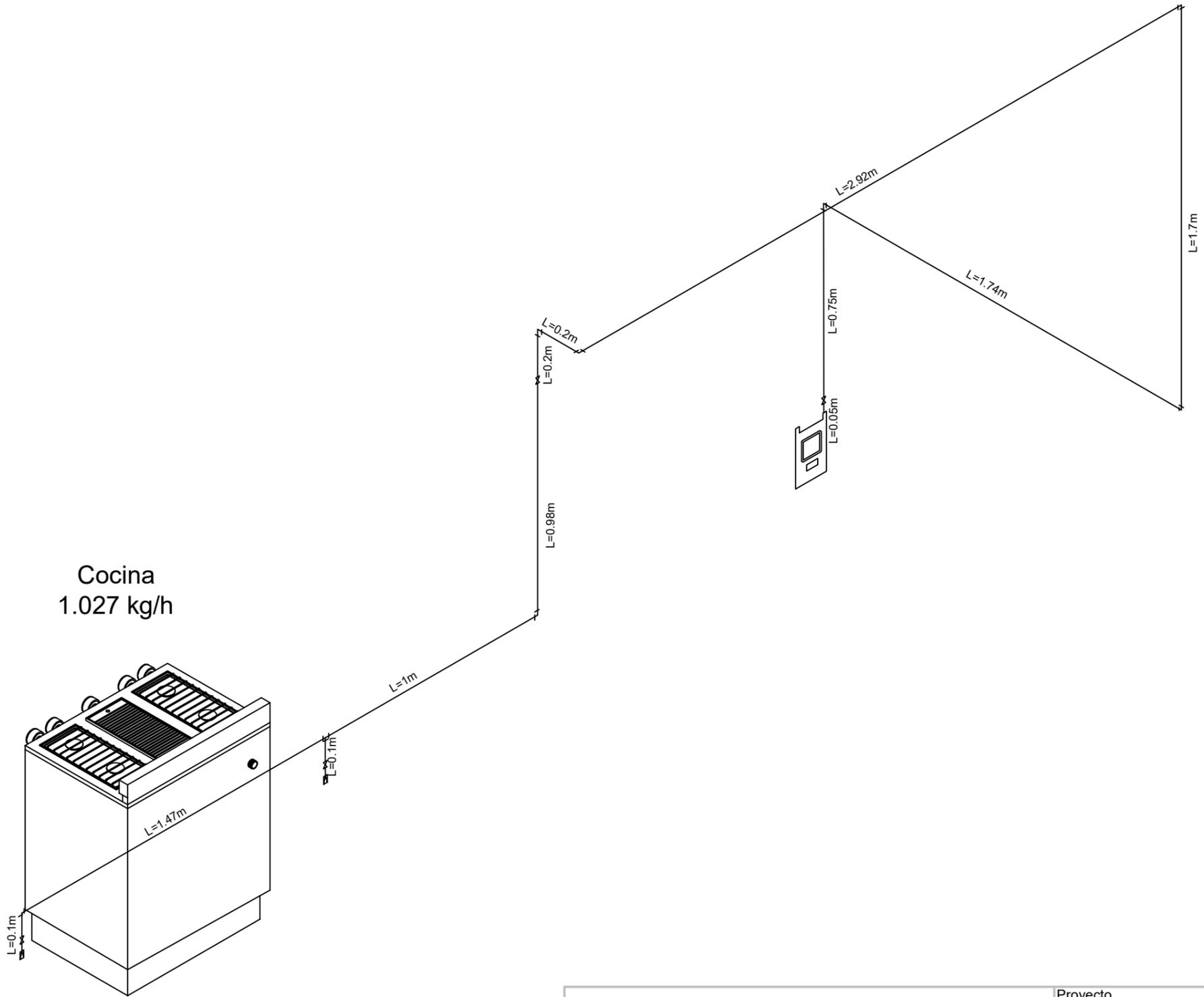
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Regulador de presión
	Manómetro
	Válvula de bola
	Tubería flexible BP
	Contador de GLP
	Cilindro 15 Kg
	Conexión en TE
	Conexión codo 90
	Válvula de seguridad
	Valvula inversora

Nota: Usar tubería de Cobre Tipo L de 1/2" para todos los tramos

ESPOL

DIBUJ. Reyes C. Arguello A.			Contiene: Tramo 2		Proyecto Diseño y análisis de factibilidad de una red de distribución para GLP para un condominio		
			VERIF. Ing. Martínez E. Unidades APROB. Ing. Martínez E. m		Plano N.º 4		Título: Planos para instalación de red para distribución de GLP - Departamento #2
DIRECCIÓN: Sauces IX MZ.530 V.26				Formato A3	Fecha 08/01/2024	Escala 1:30	HOJA: 4/6

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Regulador de presión
	Manómetro
	Válvula de bola
	Tubería flexible BP
	Contador de GLP
	Cilindro 15 Kg
	Conexión en TE
	Conexión codo 90
	Válvula de seguridad
	Valvula inversora

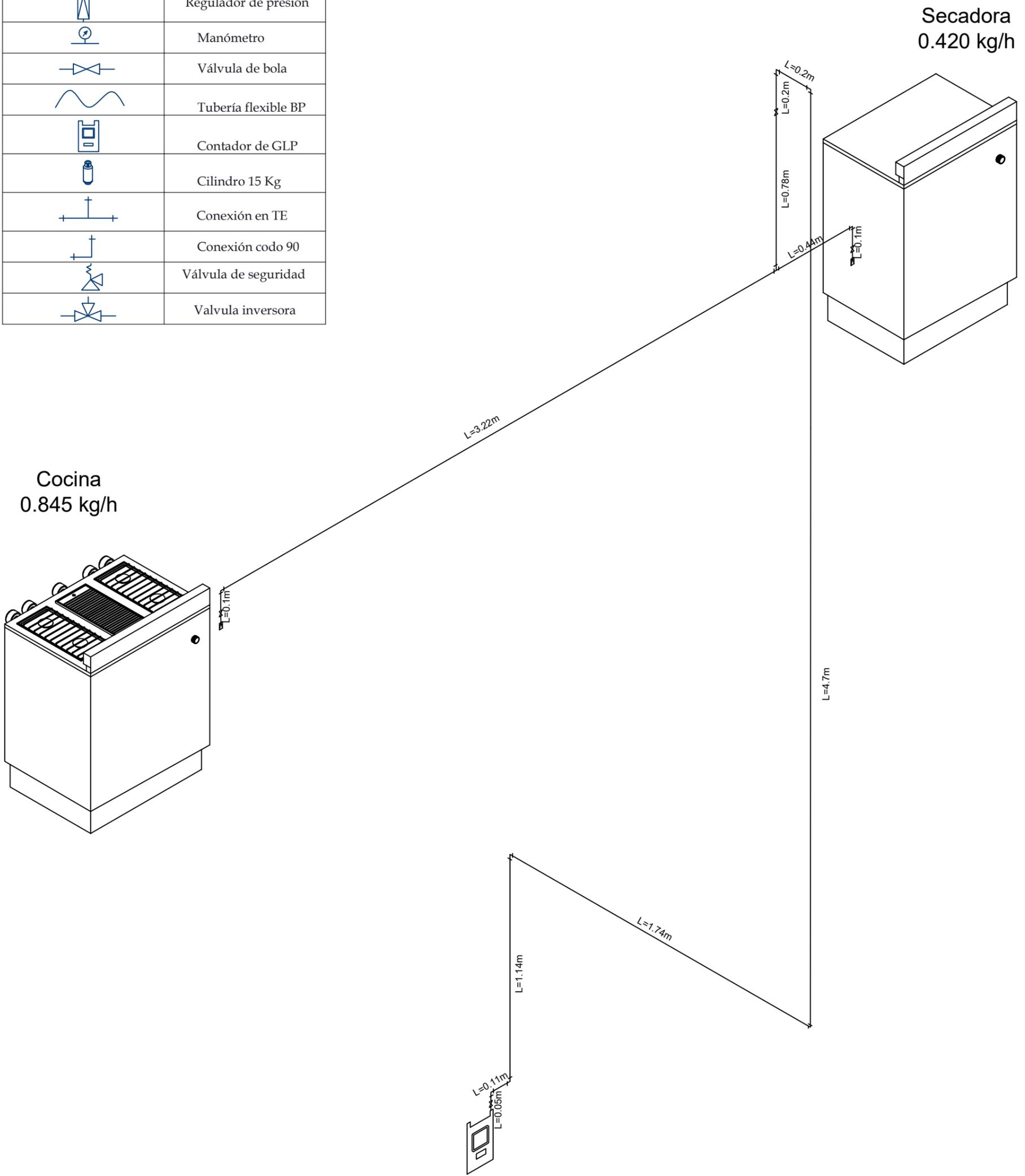


Nota: Usar tubería de Cobre Tipo L de 1/2" para todos los tramos

ESPOL				Proyecto			
				Diseño y análisis de factibilidad de una red de distribución para GLP para un condominio			
DIBUJ.		Reyes C. Arguello A.		Contiene:		Tramo 3	
VERIF.		Ing. Martínez E. Unidades		Plano N.º		5	
APROB.		Ing. Martínez E. m					
DIRECCIÓN:				Sauces IX MZ.530 V.26			
Formato		Fecha		Escala		HOJA:	
A3		08/01/2024		1:20		5/6	

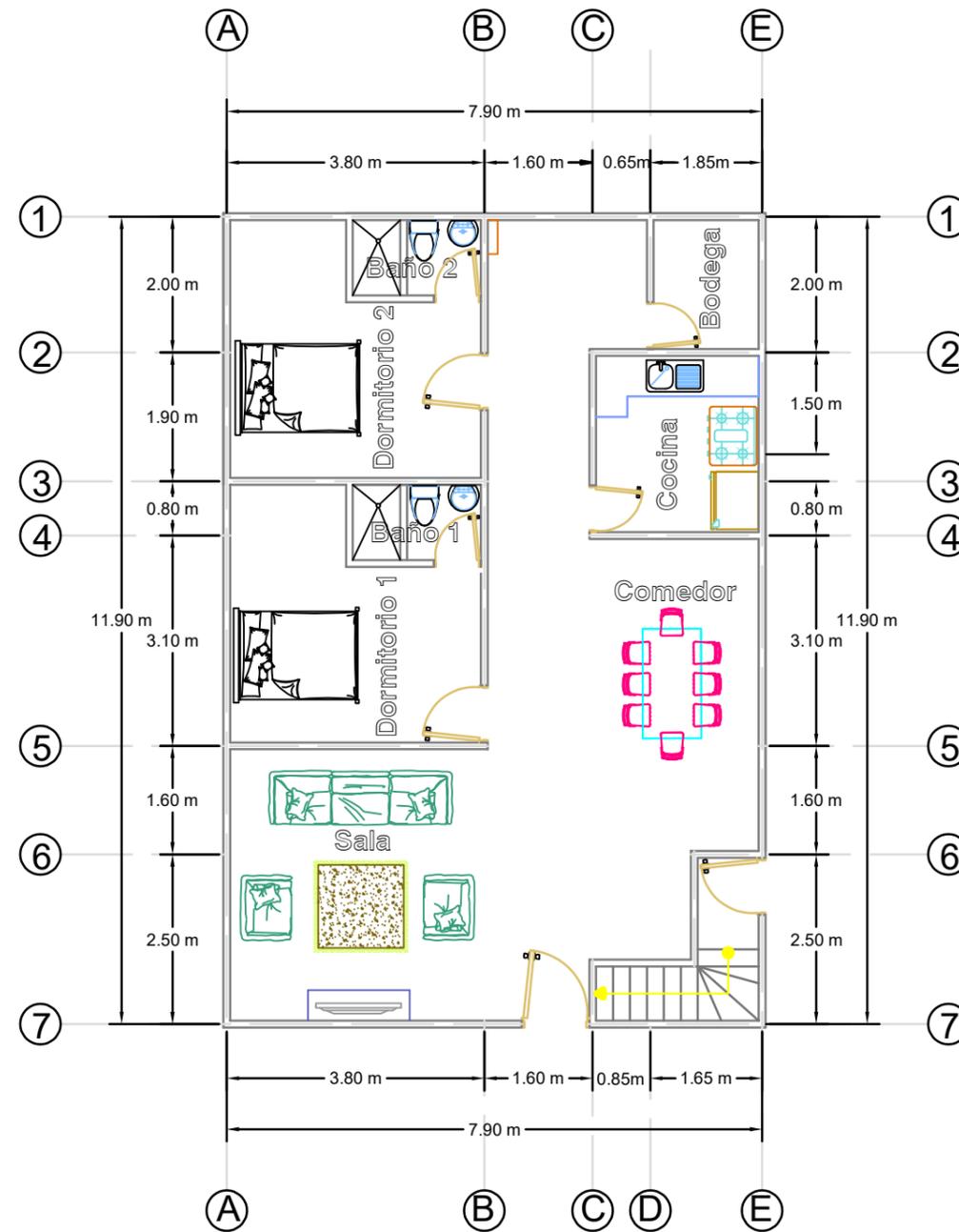
SIMBOLOGÍA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Regulador de presión
	Manómetro
	Válvula de bola
	Tubería flexible BP
	Contador de GLP
	Cilindro 15 Kg
	Conexión en TE
	Conexión codo 90
	Válvula de seguridad
	Valvula inversora

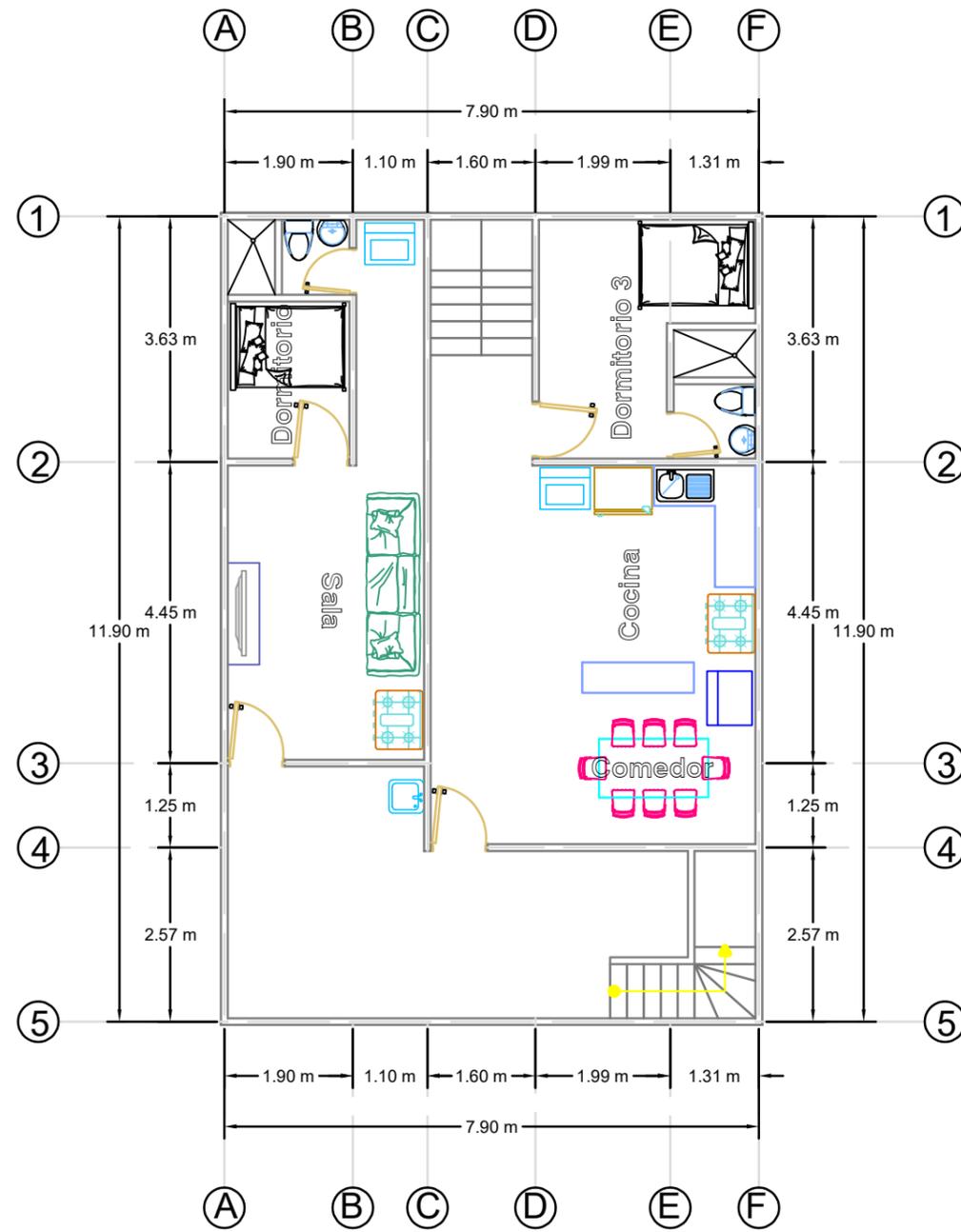


Nota: Usar tubería de Cobre Tipo L de 1/2" para todos los tramos

<h1>ESPOL</h1>		Proyecto	
		Diseño y análisis de factibilidad de una red de distribución para GLP para un condominio	
DIBUJ.	NOMBRE Reyes C. Arguello A.	Contiene: Tramo 4	
VERIF.	Ing. Martínez E. Unidades	Plano N.º	
APROB.	Ing. Martínez E. m	6	
DIRECCIÓN: Sauces IX MZ.530 V.26			
Formato	Fecha	Escala	HOJA:
A3	08/01/2024	1:20	6/6

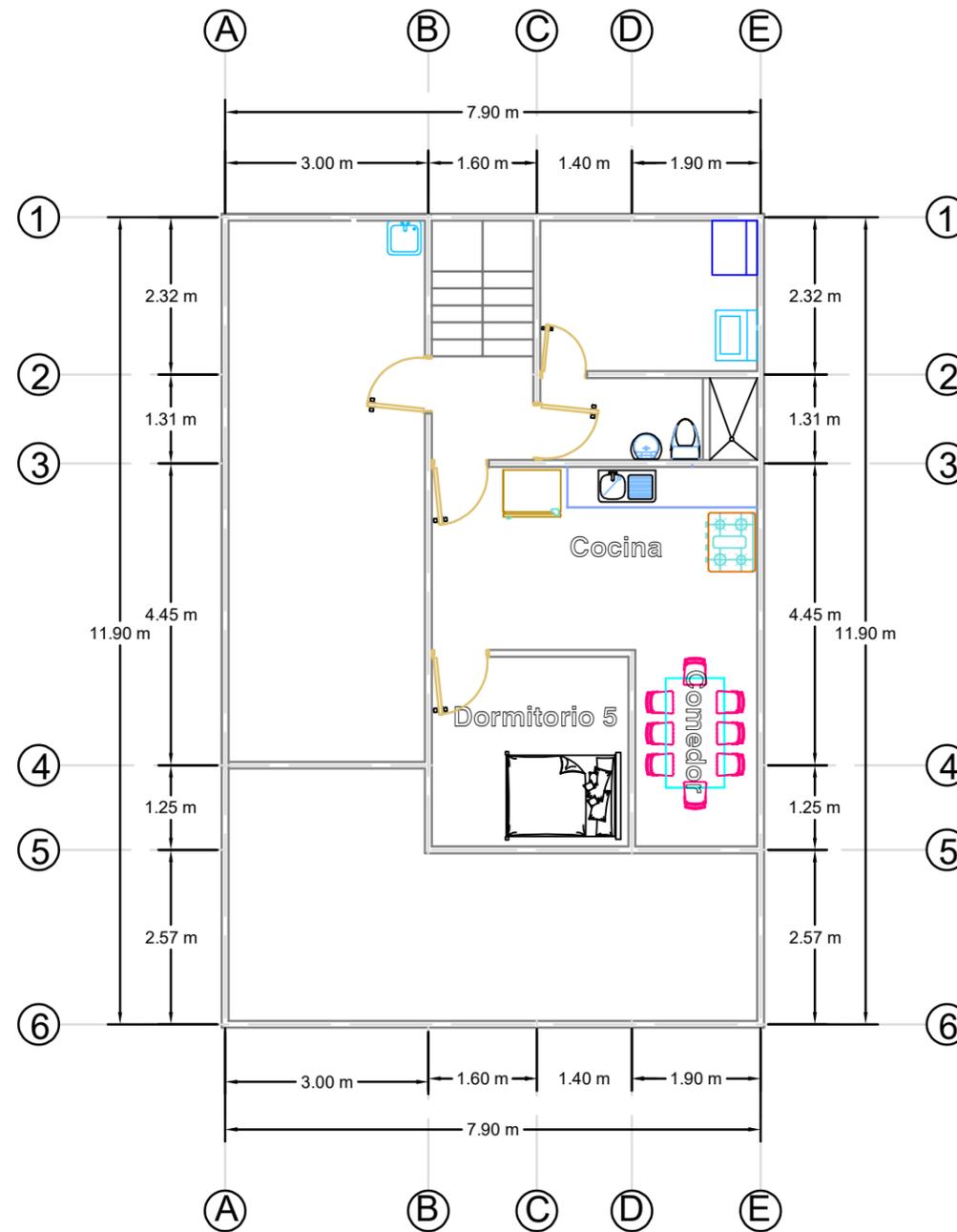


<h1>ESPOL</h1>				Proyecto		
				Diseño y análisis de factibilidad de una red de distribución para GLP para un condominio		
DIBUJ.		NOMBRE Reyes C. Arguello A.		Contiene: Planos de domicilio Planta Baja		Título:
VERIF.		Ing. Martínez E.		Unidades m		Distribución domiciliaria-Planta baja
APROB.		Ing. Martínez E.		Plano N.º 7		
DIRECCIÓN:				Sauces IX MZ.530 V.26		
Formato A3		Fecha 08/12/2024		HOJA: 1/4		

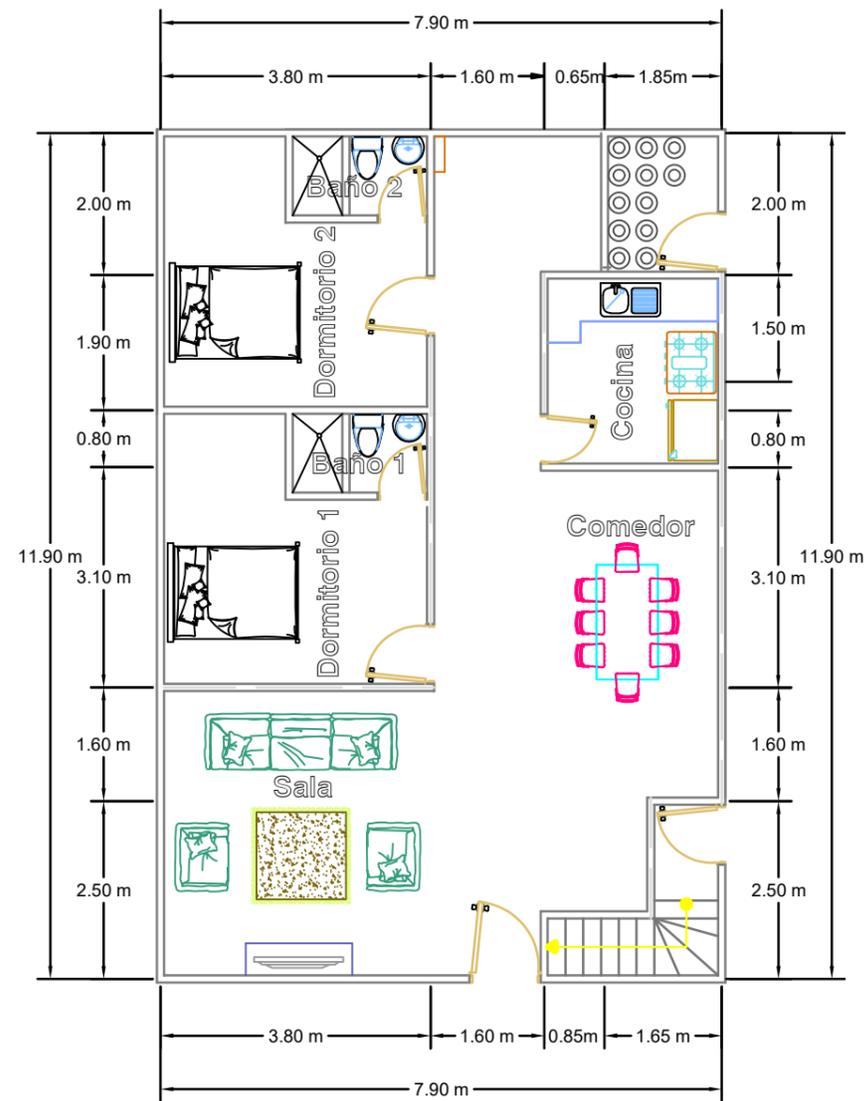


ESPOL			Proyecto		
			Diseño y análisis de factibilidad de una red de distribución para GLP para un condominio		
DIBUJ.	NOMBRE Reyes C. Arguello A.		Contiene: Planos de domicilio Segunda Planta		
VERIF.	Ing. Martínez E.	Unidades	Plano N.º		
APROB.	Ing. Martínez E.	m	8		
DIRECCIÓN:			Sauces IX MZ.530 V.26		
Formato		Fecha	HOJA:		
A3		08/12/2024	3/4		

Título:
Distribución domiciliaria - Primer piso



<h1>ESPOL</h1>			Proyecto		
			Diseño y análisis de factibilidad de una red de distribución para GLP para un condominio		
DIBUJ.	NOMBRE Reyes C. Arguello A.		Contiene: Planos de domicilio Primera Planta		Título:
VERIF.	Ing. Martínez E.	Unidades	Plano N.º		Distribución domiciliaria-Segundo piso
APROB.	Ing. Martínez E.	m	9		
DIRECCIÓN:					
Sauces IX MZ.530 V.26			Formato	Fecha	HOJA:
			A3		2/4



<h1>ESPOL</h1>			Proyecto															
			Diseño y análisis de factibilidad de una red de distribución para GLP para un condominio															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">DIBUJ.</td> <td style="width: 40%;">NOMBRE Reyes C. Arguello A.</td> <td style="width: 10%;">Contiene:</td> <td colspan="2">Planos de domicilio Planta Baja Modificada</td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td>Ing. Martínez E. Unidades</td> <td>Plano N.º</td> <td colspan="2" rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">10</td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td>Ing. Martínez E. m</td> <td></td> </tr> </table>			DIBUJ.	NOMBRE Reyes C. Arguello A.	Contiene:	Planos de domicilio Planta Baja Modificada		VERIF.	Ing. Martínez E. Unidades	Plano N.º	10		APROB.	Ing. Martínez E. m		Título:		
			DIBUJ.	NOMBRE Reyes C. Arguello A.	Contiene:	Planos de domicilio Planta Baja Modificada												
VERIF.	Ing. Martínez E. Unidades	Plano N.º	10															
APROB.	Ing. Martínez E. m																	
DIRECCIÓN: Sauces IX MZ.530 V.26			Distribución domiciliaria propuesta-Planta baja															
			Formato A3	Fecha 08/12/2024	HOJA: 4/4													