

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Diseño de acuerdo con la Norma NTE INEN 2260 una Central de
Alimentación de GLP a una Vivienda de Cuatro Unidades Familiares

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Jonathan Ariel Fiallos Sarmiento

Vitori Josué Garibaldi Párraga

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El presente proyecto integrador se lo dedico a mis padres, Manuel Fiallos y Jenny Sarmiento, por brindarme el apoyo incondicional durante mi carrera universitaria e inculcarme valores y principios en mi formación como profesional. A mi novia que con sus acertadas palabras me daba aliento para seguir adelante hasta culminar esta etapa de formación, a mis hermanos por inducirme siempre a hacer lo correcto. Finalmente, a ESPOL por todos los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera universitaria.

Jonathan Fiallos

El presente proyecto integrador se lo dedico de manera especial a mi abuela, María Chica, por ser una mujer de gran corazón que ha contribuido en la familia de manera incondicional. A mis padres Jorge y Carmen por ser el regalo más preciado que Dios me ha dado, siempre me han impulsado a estudiar y me han inculcado buenos valores, y a mi hermano Jorge Giuseppe, por ser mi guía, dedicado siempre a su profesión y enfocado a cumplir los objetivos que se plantea. Finalmente, a la ESPOL por brindarme una educación de calidad.

Vitori Garibaldi

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la sabiduría y la capacidad para superar los retos que se me han presentado durante toda mi vida. A mi familia que es uno de los pilares fundamentales para obtención de este título. Finalmente, a todos los docentes que durante mi etapa universitaria me supieron impartir sus conocimientos y experiencias, y en especial al Ing. Martínez y el MSc. José Macías, que nos guiaron para el desarrollo del presente proyecto integrador.

Jonathan Ariel Fiallos Sarmiento

Agradezco a Dios por darme la fortaleza para seguir adelante y nunca rendirme, a mi familia por el apoyo moral y económico, y a los docentes por brindar los conocimientos necesarios para que sea posible la realización de este proyecto integrador.

Vitori Josue Garibaldi Párraga

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Jonathan Ariel Fiallos Sarmiento y Vitori Josué Garibaldi Párraga damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Jonathan Ariel Fiallos Sarmiento



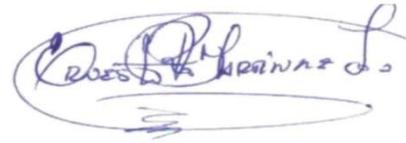
Vitori Josué Garibaldi Párraga

EVALUADORES



M.Sc. José Macías Zambrano

PROFESOR DE LA MATERIA



M.Sc. Ernesto Martínez Lozano

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto integrador consiste en el diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260, una central de alimentación de GLP a una vivienda de cuatro unidades familiares, el problema radica porque tres de las unidades familiares se encuentran a una altura de 5m y 8m respectivamente, el transporte de los cilindros de 15 kg de GLP se torna un problema debido al esfuerzo físico que realizan los operadores para poder abastecer a cada unidad familiar, además, se tienen otros inconvenientes tales como: riesgo de caída de la carga y deficiencia en el abastecimiento por parte del distribuidor autorizado en el sector. Por tal motivo, se diseñó un tanque de almacenamiento de GLP que cubrirá con la demanda para las cuatro unidades familiares empleando la norma NTE INEN 2260 y el código ASME sección VIII división 1 y 2. Conjuntamente se diseñó la red de tuberías para la distribución de GLP en toda la edificación, aplicando los lineamientos de la norma NTE INEN 2260 y manuales como CEPESA, PRIMAGAS y REGO, que nos permitan dimensionar las tuberías de conducción. Se obtuvo como resultado un espesor de 8 mm empleando una plancha de acero estructural A36 para el tanque de almacenamiento de GLP líquido. Por otro lado, se seleccionó una tubería de acero sin costura ASTM A 53 de diámetro interior 3/4" cedula 40 que permitirá distribuir el combustible por toda la vivienda de manera eficiente. Finalmente, para garantizar un suministro seguro de GLP a cada aparato de consumo se trabajó con un sistema de regulación en dos etapas.

Palabras Clave: central de alimentación de GLP, riesgo de caída, posiciones forzadas, norma NTE INEN 2260, código ASME sección VIII división 1 y 2.

ABSTRACT

This thesis consists of the design following the NTE INEN 2260 standard, an LPG central storage for a house with four-family units, the problem is because three of the family units are at a height of 5m and 8m respectively, The transport of 15 kg LPG cylinders becomes a problem due to the physical effort made by the operators to supply each family unit, besides, there are other drawbacks such as the risk of load dropping and supply deficiency by the authorized distributor in the sector. For this reason, an LPG storage tank was designed that will meet the demand for the four family units using the NTE INEN 2260 standard and the ASME section VIII Division 1 and 2 code. Together, the pipe system for the distribution of LPG throughout the building, applying the guidelines of the NTE INEN 2260 standard and manuals such as CEPESA, PRIMAGAS, and REGO, which allow us to size the conduction pipes. A thickness of 8 mm was obtained using an A36 structural steel plate for the liquid LPG storage tank. On the other hand, an ASTM A 53 seamless steel pipe with an internal diameter of 3/4" Schedule 40 was selected that will allow the fuel to be distributed efficiently throughout the house. Finally, to guarantee a safe supply of LPG to each consumer appliance, a two-stage regulation system was used.

Keywords: *LPG central storage, risk of falling, forced positions, NTE INEN 2260 standard, ASME code section VIII Division 1 and 2.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE PLANOS.....	XV
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Definición del problema.....	1
1.2 Justificación del proyecto	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Generalidades del gas licuado de petróleo	3
1.4.2 Comercializadoras de GLP en el Ecuador.....	6
1.4.3 Utilización del GLP	6
1.4.4 Requisitos de una instalación de gas combustible	7
1.4.5 Tuberías	8
1.4.6 Uniones de elementos, tuberías y accesorios	8
1.4.7 Regularización de instalaciones de GLP	9
CAPÍTULO 2.....	12
2. Metodología	12

2.1 Alternativas de diseño para central de alimentación de GLP a una vivienda de cuatro unidades familiares.	13
2.1.1 Alternativa 1: Instalación de GLP mediante botellas.	13
2.1.2 Alternativa 2: Instalación de GLP mediante depósitos fijos.	13
2.2 Alternativas para la configuración de la red de tuberías y contadores.	14
2.2.1 Alternativa 1: Sistema de regulación de dos etapas con contadores ubicados a la salida de cada unidad familiar.	14
2.2.2 Alternativa 2: Sistema de regulación de dos etapas con contadores ubicados en un armario en la cuarta unidad familiar.	15
2.2.3 Alternativa 3: sistema de regulación de tres etapas con contadores ubicados en un armario en la tercera unidad familiar.	16
2.3 Selección de la Mejor Alternativa	17
2.4 Diseño y selección de los componentes de la instalación centralizada de GLP ...	18
2.4.1 Diseño del tanque de almacenamiento de GLP	18
2.4.2 Instalación del tanque en terraza.....	44
2.4.3 Diseño de Tuberías	45
2.4.4 Selección del material para las tuberías.....	48
2.4.5 Selección de reguladores de GLP	48
2.4.6 Instalación de válvulas	48
2.4.7 Equipo de trasvase.....	49
2.4.8 Sistema contra incendio	49
2.4.9 Proceso de soldadura.....	50
2.4.10 Pintura	50
CAPÍTULO 3.....	51
3. Resultados y Análisis.....	51
3.1 Diseño tanque de almacenamiento.....	51
3.1.1 Casquete elíptico.....	51
3.1.2 Cuerpo cilíndrico.....	53

3.1.3	Apoyos del tanque de almacenamiento.....	55
3.1.4	Dimensionamiento orejas de izaje.....	57
3.1.5	Diseño de las boquillas.....	59
3.2	Simulación de flujo	60
3.2.1	Análisis del flujo en la tubería de media presión perteneciente a la línea secundaria	60
3.2.2	Análisis del flujo en la tubería de baja presión perteneciente a la línea individual.....	64
3.3	Armario de contadores.....	68
3.4	Análisis de costos	68
CAPÍTULO 4.....		70
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	70
4.1	Conclusiones.....	70
4.2	Recomendaciones	70

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

AISI	American Iron and Steel Institute
ANSI	American National Standards Institute
API	American Petroleum Institute
ARCH	Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífico
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
BCBG	Benemérito Cuerpo de bombero de Guayaquil
CAD	Computer Aided Design
DIN	Deutsches Institut für Normung
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
GLP	Gas Licuado de Petróleo
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	International Organization for Standardization
JIS	Normas Industriales Japonesas
MIMG	Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil
NFPA	National Fire Protection Association
NPT	National Pipe Thread
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
PE	Polietileno
PTFE	Politetrafluoroetileno
SAE	Society of Automotive Engineers
SSPC	The Society for Protective Coatings
UNE	Asociación Española de Normalización

SIMBOLOGÍA

Q_{si}	Caudal individual de simultaneidad
Q_N	Caudal de N equipo de consumo
f_{si}	Factor de simultaneidad
f_u	Factor de uso
Q	Caudal de vaporización
a	Superficie del tanque en contacto con el líquido
s	Superficie del depósito
k	Coefficiente de transferencia de calor
T_e	Temperatura mínima del exterior
T_i	Temperatura del GLP en el interior del tanque
q	Calor de vaporización
C_u	Capacidad útil de almacenamiento
A'	Días de autonomía de la instalación
C	Consumo total diario de todos los departamentos
V_{tanque}	Volumen total del tanque de almacenamiento
$e_{cilindro}$	Espesor del cilindro
P	Presión interna del tanque
R	Radio exterior del tanque
S	Esfuerzo máximo permisible del material
E	Eficiencia de soldabilidad
e	Espesor del casquete
D	Diámetro interior del casquete elíptico
h	Mitad del eje menor del casquete elíptico
S	Esfuerzo máximo permisible del material
$w_{cilindro}$	Peso del cilindro
$\rho_{material}$	Densidad del material
$L_{cilindro}$	Longitud de la sección cilíndrica
$D_{exterior}$	Diámetro exterior del tanque
$D_{interior}$	Diámetro interior del tanque
$W_{casquete}$	Peso del casquete
ρ_{GLP}	Densidad del GLP

R	Radio exterior del tanque
A	Distancia del apoyo al casquete
b	Ancho del apoyo
$\sigma_{flexion}$	Esfuerzo longitudinal de flexión en apoyos
$\sigma_{flexion}'$	Esfuerzo longitudinal de flexión en el centro del tanque
$\tau_{cortante}$	Esfuerzo cortante tangencial
$\sigma_{adicional}$	Esfuerzo adicional casquete
$\sigma_{circunferencial}$	Esfuerzo flexión circunferencial
$\sigma_{circunferencial}'$	Esfuerzo circunferencial en el cuerpo del apoyo
F	Fuerza aplicada en el apoyo
A_{apoyo}	Área de la sección efectiva
R_{eff}	Radio efectivo
L_R	Límite del refuerzo
R_n	Radio interior de la boquilla
L_H	Longitud de la pared de la boquilla hacia fuera del cilindro
t_e	Espesor de almohadilla de refuerzo
t_n	Espesor de pared de la boquilla
L_I	Longitud de la pared de la boquilla hacia dentro del cilindro
A_1	Área contribuida por la pared del cilindro
A_2	Área contribuida por la pared de la boquilla fuera del cilindro
A_3	Área contribuida por la pared de la boquilla dentro del cilindro
A_{41}	Área contribuida por el filete de soldadura fuera de la boquilla
A_{42}	Área contribuida por el filete de soldadura en la almohadilla
A_{43}	Área contribuida por el filete de soldadura dentro de la boquilla
A_5	Área contribuida por la almohadilla de refuerzo
f_{rn}	factor del material de la boquilla
s_n	esfuerzo permisible de la boquilla a la temperatura de diseño
f_{rp}	factor del material de la almohadilla
s_p	esfuerzo permisible de la almohadilla de refuerzo a la temperatura de diseño
λ	Parámetro de no linealidad aplicado en el área A_1
L_{41}	Longitud del filete de soldadura en el exterior de la boquilla

L_{42}	Longitud del filete de soldadura en el refuerzo de almohadilla
L_{43}	Longitud del filete de soldadura en el interior de la boquilla
W	Ancho del refuerzo de almohadilla
f_N	Fuerza provocada por la presión interna aplicada en la boquilla fuera del recipiente
f_s	Fuerza provocada por la presión interna aplicada en la pared del cilindro alrededor de la boquilla
f_Y	Fuerza provocada por la presión interna aplicada en la discontinuidad de la boquilla
R_{xs}	Radio de carcasa para cálculos de fuerza
R_{nc}	Radio de la abertura de la boquilla en el tanque
σ_{avg}	Esfuerzo promedio local de membrana primaria
σ_{circ}	Esfuerzo general de membrana primaria
P_L	Esfuerzo máximo de membrana primaria en la intersección de la boquilla
S_{allow}	Esfuerzo permisible primario local de membrana
$\sigma_{\theta m}$	Esfuerzo de membrana circunferencial
σ_{sm}	Esfuerzo de membrana longitudinal
τ	Esfuerzo de torsión
M_t	Momento de torsión resultante que actúa sobre una sección del cilindro
σ_1	Esfuerzo principal en la dirección 1
σ_2	Esfuerzo principal en la dirección 2
σ_3	Esfuerzo principal en la dirección 3
σ_r	Esfuerzo radial igual
σ_e	Esfuerzo Von Mises
C_i	Consumo individual
L_E	Longitud equivalente
L	Longitud real
P_a	Presión absoluta inicial
P_b	Presión absoluta final
d	Densidad corregida
L_e	Longitud equivalente

Q	Caudal
T	Factor característico de la familia de los hidrocarburos
v	Velocidad
D_t	Diámetro interior de la tubería

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Diagrama de flujo para el permiso de instalación de GLP.....	11
Figura 1.2	Diagrama de flujo del permiso definitivo de la instalación de GLP....	12
Figura 2.1	Metodología de diseño	13
Figura 2.2	Instalación de tipo compartido de botellas con GLP en el exterior...	14
Figura 2.3	Instalación de GLP mediante depósitos fijos en el exterior.....	15
Figura 2.4	Configuración de tuberías con sistema de regulación de dos etapas con contadores afuera de cada unidad familiar.....	16
Figura 2.5	Configuración de tuberías con sistema de regulación de tres etapas con contadores dentro de un armario.....	17
Figura 2.6	Configuración de tuberías con sistema de regulación de tres etapas con contadores dentro de un armario.....	18
Figura 2.7	Representación gráfica de los tipos de tapas para cilindros a presión.....	26
Figura 2.8	Casquete elíptico.....	27
Figura 2.9	Tipos de apoyo para tanques de almacenamiento horizontales.....	30
Figura 2.10	Ángulo de agarre entre el centro del tanque y los extremos de los soportes.....	31
Figura 2.11	Elementos de una silleta.....	31
Figura 2.12	Apoyo para recipientes horizontales.....	32
Figura 2.13	Dimensiones para el apoyo de un tanque.....	33
Figura 2.14	Dimensiones estándares para tanque de almacenamiento horizontal.....	34
Figura 2.15	Tipos de orejas de izaje.....	38
Figura 2.16	Oreja de izaje tipo a.....	39
Figura 2.17	Elementos de una boquilla con refuerzo.....	46
Figura 2.18	Diagrama de esfuerzos membranales en la sección cilíndrica.....	49
Figura 2.19	Distancias mínimas de seguridad.....	50
Figura 2.20	Distancias para depósito de 1m ³	54
Figura 3.1	Dimensiones del casquete.....	57
Figura 3.2	Análisis de tensión del casquete.....	58

Figura 3.3	Deformación del casquete.....	58
Figura 3.4	Dimensiones del cuerpo.....	60
Figura 3.5	Análisis de tensión del cuerpo.....	60
Figura 3.6	Deformación del cuerpo cilíndrico.....	61
Figura 3.7	Dimensiones del apoyo.....	62
Figura 3.8	Análisis de tensión de los apoyos.....	63
Figura 3.9	Deformación de los apoyos.....	63
Figura 3.10	Dimensiones de la oreja de izaje.....	64
Figura 3.11	Análisis de tensión oreja de izaje.....	65
Figura 3.12	Deformación de las orejas de izaje.....	65
Figura 3.13	Dimensiones de la boquilla ¾ NPT.....	66
Figura 3.14	Dimensiones de la boquilla 1 ¼ NPT.....	66
Figura 3.15	Distribución de presión en la tubería de media presión.....	67
Figura 3.16	Presión de entrada en la tubería media.....	68
Figura 3.17	Presión de salida en la tubería de media presión.....	69
Figura 3.18	Distribución de la velocidad en la tubería de media presión.....	69
Figura 3.19	Velocidad de entrada tubería media presión.....	70
Figura 3.20	Velocidad de salida tubería de media presión.....	70
Figura 3.21	Distribución de presión en la tubería de baja presión.....	71
Figura 3.22	Presión del fluido a la entrada de la tubería.....	72
Figura 3.23	Presión del fluido a la salida de la tubería.....	72
Figura 3.24	Distribución de la velocidad en la tubería de baja presión.....	73
Figura 3.25	Velocidad de entrada tubería de baja presión.....	73
Figura 3.26	Velocidad de salida hacia el calefón.....	74
Figura 3.27	Velocidad de salida hacia la cocina y secadora.....	74
Figura 3.28	Dimensión del armario.....	75
Figura B.1	Especificaciones generales de tuberías de acero negro sin costura cedula 40	103
Figura B.2	Especificaciones generales de planchas de acero galvanizado.....	104
Figura B.3	Especificaciones generales de reguladores de primera etapa.....	105
Figura B.4	Especificaciones generales del regulador de segunda etapa.....	106
Figura B.5	Válvula de llenado combinada SFL7647 1 1/4" NPT.....	107
Figura B.6	Multiválvula 3/4" NPT	107

Figura B.7	Válvula Chek-Lok de drenaje con tubo 7590U 3/4" NPT.....	108
Figura B.8	Conexión de una válvula Chek-lok	108
Figura B.9	Especificaciones generales del contador de membrana	109
Figura B.10	Especificaciones técnicas del extintor de 9 kg.....	110
Figura B.11	Especificaciones generales codo 90°.....	111
Figura B.12	Especificaciones generales TEE	112
Figura B.13	Especificaciones generales planchas de acero laminadas en caliente.....	113
Figura B.14	Dimensiones de la válvula de paso.....	114
Figura B.15	Dimensiones del adaptador para manguera de rosca macho cónica	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Composición del propano comercial.....	4
Tabla 1.2	Proporciones en volumen del GLP.....	5
Tabla 1.3	Propiedades de los GLP comerciales.....	5
Tabla 2.1	Rango de valores para cuantificar los factores de influencia.....	19
Tabla 2.2	Matriz de decisión de la configuración central de alimentación GLP para una vivienda de cuatro unidades familiares.....	20
Tabla 2.3	Matriz de decisión para la configuración de contadores y distribución de las tuberías.....	20
Tabla 2.4	Equipos consumo en viviendas.....	21
Tabla 2.5	Factores de simultaneidad.....	22
Tabla 2.6	Dimensiones soporte	34
Tabla 2.7	Dimensiones oreja de izaje.....	39
Tabla 2.8	Dimensiones de las orejas de izaje capacidad 2000 Kg.....	40
Tabla 2.9	Distancias mínimas de seguridad A-A.....	50
Tabla 3.1	Esfuerzos en apoyos.....	62
Tabla 3.1	Resultados de máxima caída de presión.....	68
Tabla 3.2	Resultados obtenidos de diámetro interior de las tuberías.....	75
Tabla 3.3	Costo de materiales y accesorios.....	76
Tabla 3.4	Costo del proyecto.....	77
Tabla A.1	Caudales nominales equipos.....	85
Tabla A.2	Horas de funcionamiento.....	86
Tabla A.3	Cantidad de equipos.....	87
Tabla A.4	Datos de entrada.....	98

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Tanque de almacenamiento de GLP
PLANO 2	Cuerpo cilíndrico del tanque de almacenamiento
PLANO 3	Casquete elíptico
PLANO 4	Apoyo del tanque de almacenamiento
PLANO 5	Oreja de izaje
PLANO 6	Boquilla NTP $\frac{3}{4}$ "
PLANO 7	Boquilla NTP $1 \frac{1}{4}$ "
PLANO 8	Plano de construcción tanque de almacenamiento
PLANO 9	Plano de instalación
PLANO 10	Distancias mínimas de seguridad y ubicación del tanque

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El GLP es un combustible fósil que con el paso del tiempo se ha ido convirtiendo en una de las fuentes de energías más utilizadas por la población, ya que ha demostrado tener una alta eficiencia al ser utilizado como fuente de energía de diferentes equipos domésticos e industriales. En la actualidad en el país se ha venido desarrollando diferentes proyectos de viviendas multifamiliares y urbanizaciones en las cuales el abastecimiento de GLP no se quiere que se lo realice de la forma tradicional, sino que exista una canalización de GLP por medio de una distribución por tuberías. Mediante la canalización de GLP se busca eliminar inconvenientes que son frecuentes al utilizar cilindros de 15 Kg, tales como: días de autonomía insuficientes, especulación de precios, consumo ineficiente de GLP. Mediante un convenio directo con la comercializadora se busca el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales vigentes sobre instalación de GLP para uso residencial, y el abastecimiento de GLP que cumpla con los días de autonomía requeridos por la vivienda.

El presente proyecto que es el “Diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260 una central de alimentación de GLP a una vivienda de cuatro unidades familiares” se realiza con la finalidad de conocer la importancia del uso GLP en el sector residencial, sus propiedades, normas nacionales e internacionales aplicables para este proyecto, determinación de los parámetros para la instalación en base al consumo de GLP de cada uno de los apartamentos y selección de los elementos necesarios para la instalación que cumplan con las normativas vigentes.

1.1 Definición del Problema

Debido al crecimiento acelerado de las familias en la actualidad, observamos que los hijos buscan formar una familia e independizarse de los padres por lo tanto requieren una vivienda que le brinde las suficientes comodidades, se presenta el caso de una familia que con el transcurso del tiempo ha visto como su hogar original se ha ido transformando, y ha pasado de una unidad familiar a cuatro unidades familiares por lo cual ha sido necesario

incrementar el área de construcción. En la actualidad, las unidades familiares se encuentran ocupadas por un promedio de 5 personas por vivienda, el problema radica que tres de las unidades familiares se encuentran a una altura de 5m y 8m respectivamente y como cada unidad familiar es independiente de la otras unidades, el abastecimiento de GLP para cada una de las viviendas se torna un problema debido a la distancia que se deben transportar los cilindros de 15 Kg de GLP ya que las unidades familiares se encuentran a diferentes niveles de altura y esto con lleva el uso de esfuerzo físico para poder abastecer a cada una de la unidades familiares. Además, se tienen otros inconvenientes tales como: el riesgo de caída de la carga, posiciones forzadas para el movimiento de los cilindros de GLP y que el abastecimiento por parte de distribuidores autorizados de cilindros de GLP sea deficiente en el sector.

1.2 Justificación del proyecto

De acuerdo con los necesidades de estas familias se requiere instalar una central de GLP que les permita abastecerse una vez al mes utilizando tanquero del distribuidor lo que evitaría el uso de cilindros de 15 kilogramos, el diseño de esta central y su red de distribución debe cumplir con la norma NTE INEN 2260 que permita obtener los respectivos permisos de construcción otorgados por el I. Municipio de Guayaquil, del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil y otras instituciones que tengan relación con el tema, permisos requeridos para que la comercializadora pueda suministrar el GLP, y así evitar multas, y sobre todo eliminar los riesgos presentes cuando se trasladan los cilindros de 15 kilogramos entre diferentes niveles.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una central de almacenamiento y su red de distribución de GLP a cuatro unidades familiares utilizando la norma NTE INEN 2260, y otros requisitos requeridos para la instalación del tanque y la construcción de la red de tuberías de distribución de GLP.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar el tanque de almacenamiento de GLP que cubrirá con la demanda para las cuatro unidades familiares mediante la norma NTE INEN 2260:2010.
2. Diseñar la red de tuberías para la distribución de GLP en toda la edificación, aplicando los lineamientos de la norma NTE INEN 2260:2010 y la UNE 60670-4, y de manuales como CEPSA, PRIMAGAS y REGO, que nos permitan dimensionar y seleccionar las tuberías de conducción.
3. Elaborar un análisis económico del costo de los materiales y mano de obra de la instalación de GLP.
4. Realizar el diseño de forma detallado con sus respectivos planos mediante la utilización de un CAD que posteriormente será entregado a la MIMG (Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil), las memorias técnicas para entregar al BCBG (Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil).

1.4 Marco teórico

1.4.1 Generalidades del Gas Licuado de Petróleo

Los gases licuados de petróleo que los denominaremos de ahora en adelante como GLP, son hidrocarburos o mezclas de hidrocarburos que son provenientes del tratamiento que se le da al crudo de petróleo en su proceso de refinamiento, normalmente se encuentran en estado gaseoso, pero son transformados en estado líquido a baja presión para ser almacenados en tanques, los cuales son transportados para ser utilizados de manera eficiente. (Nápoles, 1952)

Los GLP se consiguen como subproducto en la destilación fraccionada del petróleo, donde se obtiene el propano y butano. Reciben el nombre de licuados porque son transformados al estado líquido con la finalidad de

que en este estado ocupen un menor volumen en el depósito, además que se facilita el transporte y almacenamiento del GLP. (PRIMAGAS, 2018)

Los GLP más utilizados son el propano comercial, butano comercial, o mezcla (C3/C4) cuya proporción varía entre 60/40 a 70/30. A continuación, en la tabla 1.1 se muestra la composición del propano comercial. La tabla 1.2 muestra las proporciones en volumen. (Sopeña, 2001)

Tabla 1.1 Composición del propano comercial

[Fuente: (Sopeña,2001)].

Componentes	%volumen
Propano (C ₃ H ₈)	87,48
Etano (C ₂ H ₆)	0,63
Isobutano (iC ₄ H ₁₀)	6,30
Butano (nC ₄ H ₁₀)	5,59

Tabla 2.2 Proporciones en volumen de GLP

[Fuente: (Sopeña,2001)].

	Propano comercial	Butano comercial
Propano (C ₃ H ₈)	mín. 80 %	max. 20 %
Butano (C ₄ H ₁₀)	max. 20 %	mín. 80 %

La tabla 1.3 indica los valores característicos de las propiedades de los GLP comerciales. (Sopeña, 2001)

Tabla 3.3 Propiedades de los GLP comerciales

[Fuente: (Sopeña,2001)].

propiedades	Propano comercial	Butano comercial
tensión de vapor absoluta a 20°C	8.5 bar abs.	2.25 bar abs.
Temperatura de ebullición a presión atm.	-45°C	-0.5°C

Masa en volumen del gas a 20°C y presión atmosférica (p) (valores SEDIGAS)	2.095 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$	2.625 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$
Densidad en fase gas (respecto al aire)	1.62	2.03
Masa en volumen del líquido a 20°C	510 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$	580 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$
Poder calorífico superior -Hs-	12000 $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right]$	11900 $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right]$
	25140 $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}\right]$	31240 $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}\right]$
Poder calorífico inferior -Hi-	10900 $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right]$	10820 $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right]$
	22835 $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}\right]$	28400 $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}\right]$

Corrosión: Los GLP poseen propiedades químicas que no producen corrosión a materiales como el cobre, aleaciones de cobre y al acero, tampoco generan cambios en la estructura de los cauchos sintéticos, por lo cual los materiales mencionados no representan ningún inconveniente a futuro, si llegan a ser empleados para la construcción de la instalación. (Sopeña, 2001)

Toxicidad: los GLP no representan toxicidad, a menos que la concentración de GLP en el aire sea mayor a la del oxígeno, esto acarrea problemas y trastornos fisiológicos. (Sopeña, 2001)

Olor: los GLP no poseen olor ni color, por ello, se agrega un odorizante a base de mercaptanos, el cual posee un olor característico que alerta de una posible fuga de gas a tiempo, cuando su concentración en el aire es baja e inferior al límite de inflamabilidad. (Sopeña, 2001)

Contaminación: los GLP son combustibles que no contaminan la atmósfera ni el agua, ya que no contienen elementos tales como el azufre,

plomo, ni óxidos. De la combustión del GLP se obtiene CO₂ y H₂O, no produce residuos (humos) ni olores. (Sopeña, 2001)

Los GLP pesan el doble que el aire en fase gaseosa, por ende, en caso de fuga estos se concentrarían en la parte baja de cualquier espacio cerrado donde este almacenado, de allí la importancia de realizar una ventanilla (orificio) en la parte inferior del espacio para que exista una correcta ventilación y así evitar la decantación. (Sopeña, 2001)

1.4.2 Comercializadoras de GLP en el Ecuador

Algunas de las empresas comercializadoras encargadas del abastecimiento del GLP a nivel nacional son: ENI, DURAGAS, KINGAS, CONGAS Y LOJAGAS. Se encargan de regularizar las instalaciones que se realicen previo a un contrato entre el cliente y comercializador, revisado y aprobado por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de la ciudad donde se realiza la instalación. El crecimiento de proyectos de urbanizaciones cerradas y multifamiliares, cuyo acceso es para una población de clase media alta debido al considerable costo inicial que representa estos proyectos urbanísticos, ha hecho que las comercializadoras GLP desarrollen proyectos para la instalación de un sistema centralizado de GLP mediante un depósito de almacenamiento y redes de tuberías, las comercializadoras buscan garantizar eficiencia y que cumpla con todas las medidas de seguridad que se requieren y que están estipuladas en las normas nacionales e internacionales. (Quinde Cango, 2018)

1.4.3 Utilización del GLP

El uso del GLP ofrece diferentes ventajas con respecto a las que ofrecen los otros tipos de combustibles fósiles, tales como: Alto poder calorífico, no contaminante al realizarse una combustión completa y sin residuos, facilidad para el manejo y almacenamiento, bajo costo de mantenimiento de los accesorios, manipulación segura y no tóxica para el ser humano. El GLP al ser un combustible económico y en algunos países subsidiado por el gobierno, capta la atención de las industrias y demás sectores, ya

que esto generara un ahorro económico. En el ámbito residencial, en una edificación se puede tener algunos equipos que para su funcionamiento necesitan estar alimentados de GLP tales como: cocinas, calefones, secadores, etc.

El GLP es un combustible utilizado en el sector industrial, agroindustrial, vehicular y doméstico. El sector doméstico es el que abarca el mayor consumo de GLP en el país según la ARCH (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero), según la estadística proporcionada por la entidad reguladora el 90% de la producción anual de GLP en el país es consumido por el sector doméstico, que un promedio de los últimos años es aproximadamente 989 millones de Kg de GLP. (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, 2017)

1.4.4 Requisitos de una instalación de gas combustible

La instalación de gas combustible tiene como principal función cubrir las necesidades requeridas y, además; el diseño, selección de materiales, accesorios, dimensiones de las tuberías y uniones de los elementos, deben de garantizar la conducción del gas hasta los aparatos de manera segura. Los aspectos que se deben de considerar para una instalación se detallan a continuación: (NTE INEN 2260, 2010)

1. La familia y denominación a la que pertenece el gas combustible.
 - a. Para los GLP seguir como referencia la tabla 1 de la norma NTE INEN 675.
2. El poder calorífico superior del GLP.
3. La densidad relativa del GLP.
4. El caudal, las presiones máximas y mínimas en las tuberías de conducción y artefactos de gas (son aquellos aparatos en los cuales se transforma la energía química de los gases combustibles en calor).
5. Prestar atención a la presencia de condensados eventuales (se presentan en estado líquido y aparecen por los cambios de temperatura o presión y descomposición química).

6. El medio exterior con el que estará en contacto.
7. Especificar el factor de conversión volumen-masa, en el caso de utilizar medidores de GLP.
8. Registrar el factor de simultaneidad de operación.
9. Tomar en consideración la evacuación de condensados mediante dispositivos, cuando sea necesario.

1.4.5 Tuberías

Las tuberías fabricadas de acero al carbono, acero inoxidable o cobre deben de resistir la interacción con el medio exterior y el Gas combustible en el interior. Se pueden utilizar las tuberías de acero al carbono; aplicando los lineamientos de la norma ASTM A53.

Se construyen tomando las recomendaciones que se dan en la tabla 3 de la norma NTE INEN 2260; limitaciones en la instalación de tuberías. Para el caso de tuberías soldadas, el proceso de soldadura y los soldadores deben de cumplir con el código ASME sección IX, ANSI/AWS A5.8 y NTE INEN 128. Para el caso de tuberías vistas y ocultas, se las señala con colores siguiendo la norma NT INEN 435. (NTE INEN 2260, 2010)

1.4.6 Uniones de elementos, tuberías y accesorios

Las uniones entre tuberías, con elementos y accesorios de la instalación deben asegurar la estanqueidad, es decir, impedir las fugas debido a las presiones del gas y además resistir la interacción con el medio exterior. (NTE INEN 2260, 2010)

Uniones mediante soldadura: Los procesos de soldadura y la calificación de los soldadores se rigen mediante el código ANSI/AWS A 5.8, NTE INEN 128 y ASME sección IX. Estos códigos describen las técnicas de soldadura y el material de aporte adecuado que se debe emplear al unir dos materiales, además de cumplir con algunos requisitos y/o características como resistencia a la tracción y presión, temperatura mínima y tiempo de aplicación. Se pueden presentar uniones de cobre-

cobre o aleaciones de cobre, polietileno-polietileno, acero-acero; asimismo, acero inoxidable-acero inoxidable, cobre o bronce-acero, y unión cobre-acero inoxidable. (NTE INEN 2260, 2010)

1.4.7 Regularización de instalaciones de GLP

El Cuerpo de Bomberos de cada ciudad y la ARCH son las entidades públicas que se encargan de aprobar los permisos para la instalación de cualquier sistema centralizado de GLP, en la figura 1.1 se muestra el diagrama de flujo para obtener el permiso de factibilidad otorgado por el cuerpo de bomberos, y en la figura 1.2 se muestra el diagrama de flujo del permiso de construcción de factibilidad de GLP en esta etapa se revisa que la información cumpla con lo que estipula la norma NTE INEN 2260.

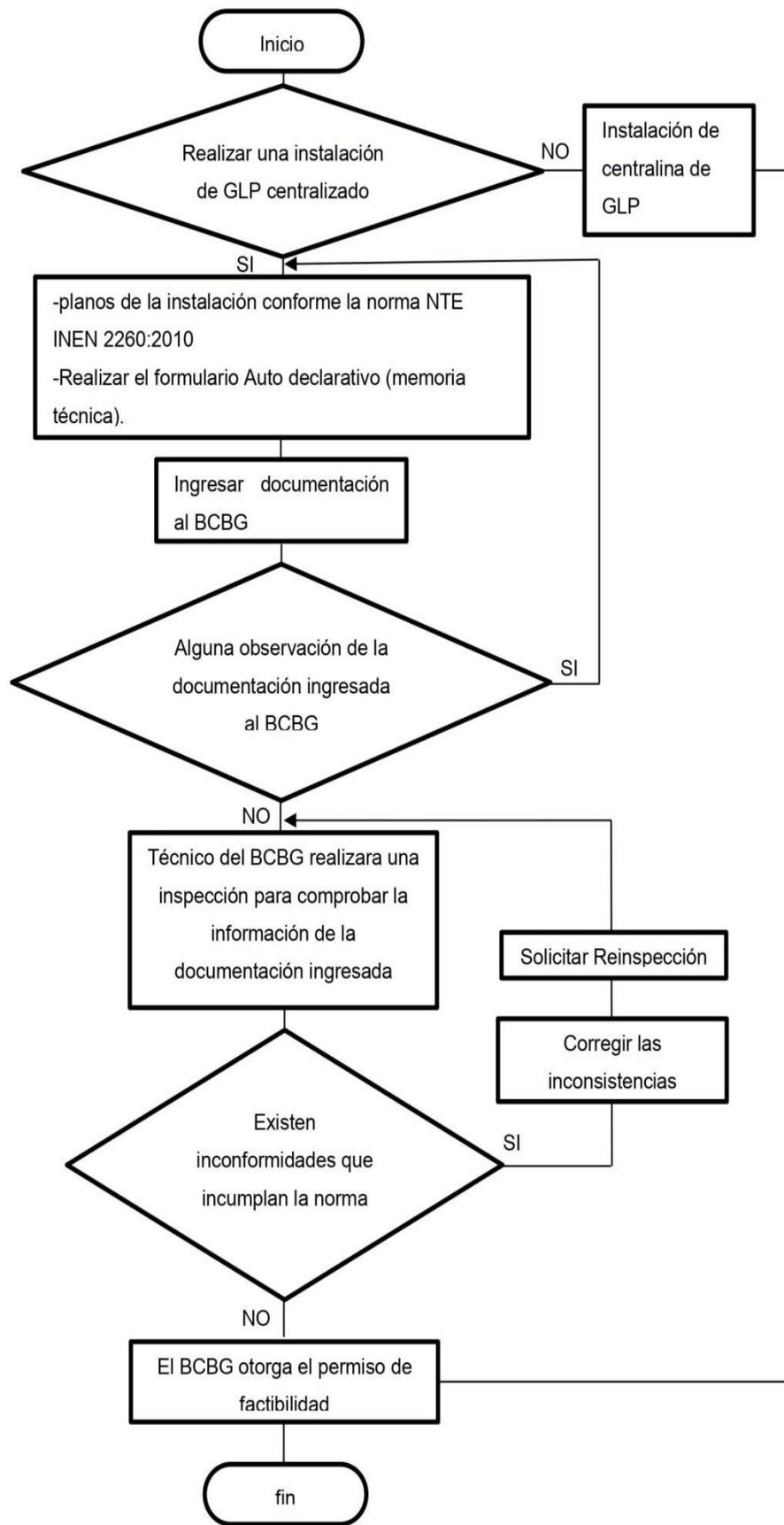


Figura 1.1 Diagrama de flujo para el permiso de instalación de GLP. [Fuente: (Quinde Cango, 2018)].

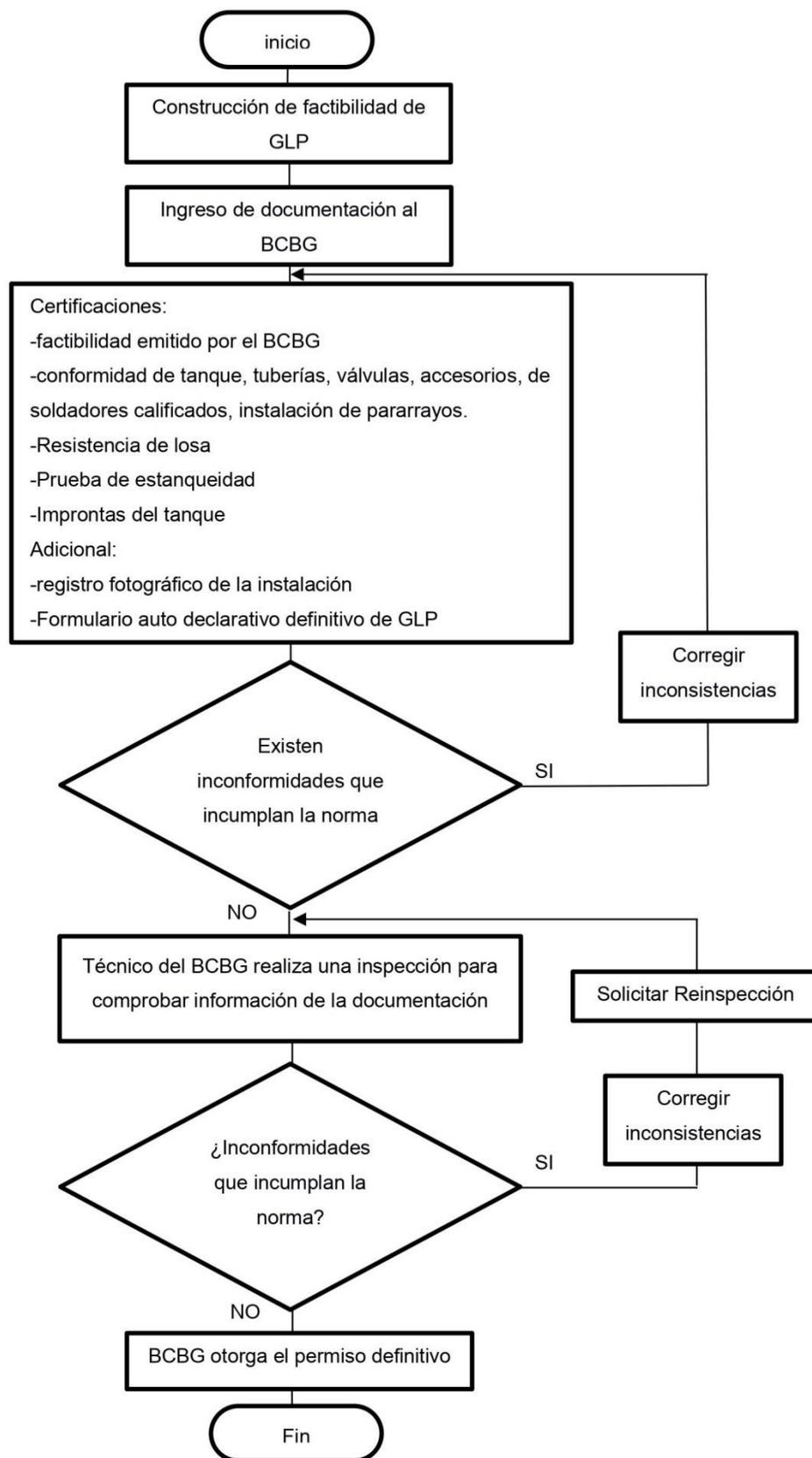


Figura 1.2 Diagrama de flujo del permiso definitivo de la instalación de GLP. [Fuente:(Quinde Cango, 2018)].

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se detalla las posibles soluciones para el diseño de la instalación de GLP, las cuales deben cumplir los requerimientos del cliente previo a un estudio del alcance, limitaciones y factores de influencia que intervienen en el presente proyecto. Después de seleccionar la mejor alternativa de solución al problema, se procede con el diseño del tanque de almacenamiento, selección del material, distribución de las tuberías que se usara en la instalación y selección de accesorios. En la figura 2.1 se muestra la metodología de diseño a seguir.

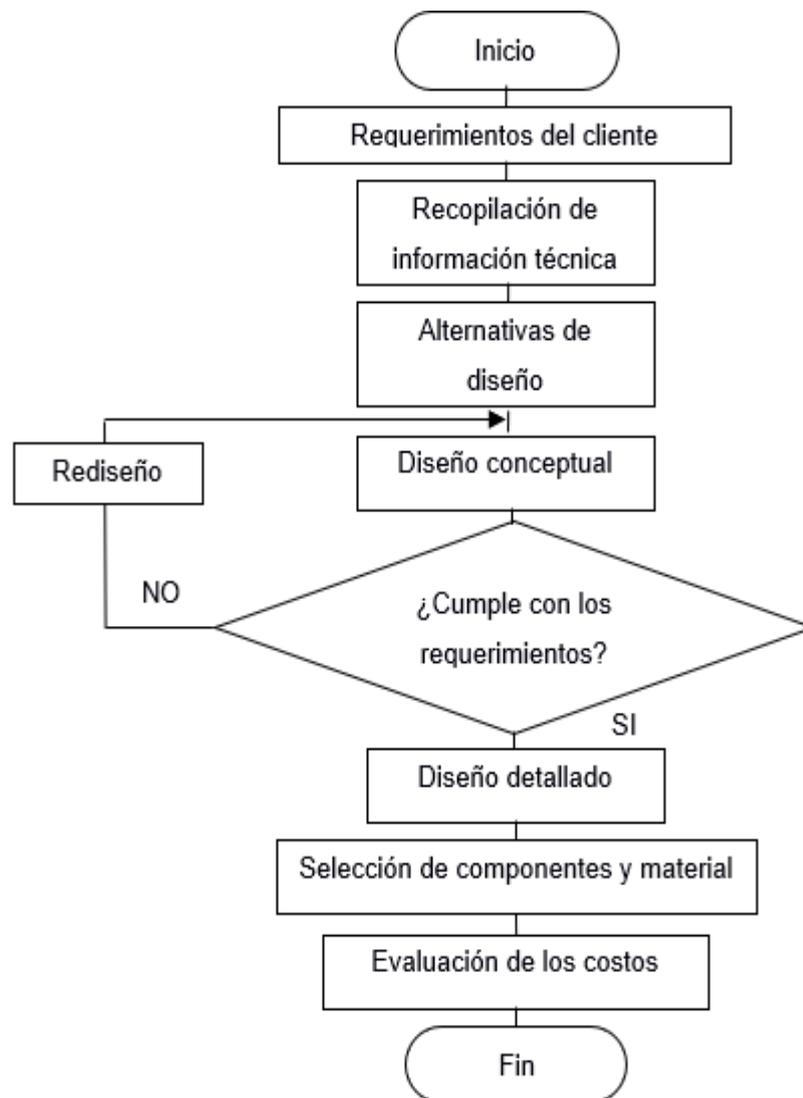


Figura 2.1 Metodología de Diseño.
[Fuente: Elaboración propia].

2.1 Alternativas de diseño para central de alimentación de GLP a una vivienda de cuatro unidades familiares.

2.1.1 Alternativa 1: Instalación de GLP mediante botellas.

La ubicación de las botellas puede ser en serie o en paralelo, y para ofrecer un servicio de GLP continuo, se recomienda que la instalación cuente con botellas de reserva de igual número a las que están en servicio, donde mediante un inversor automático se efectúa el cambio de alimentación de las botellas en uso a las de reserva. En la figura 2.2 se muestra un esquema de este tipo de instalación y la ubicación del banco de botellas.

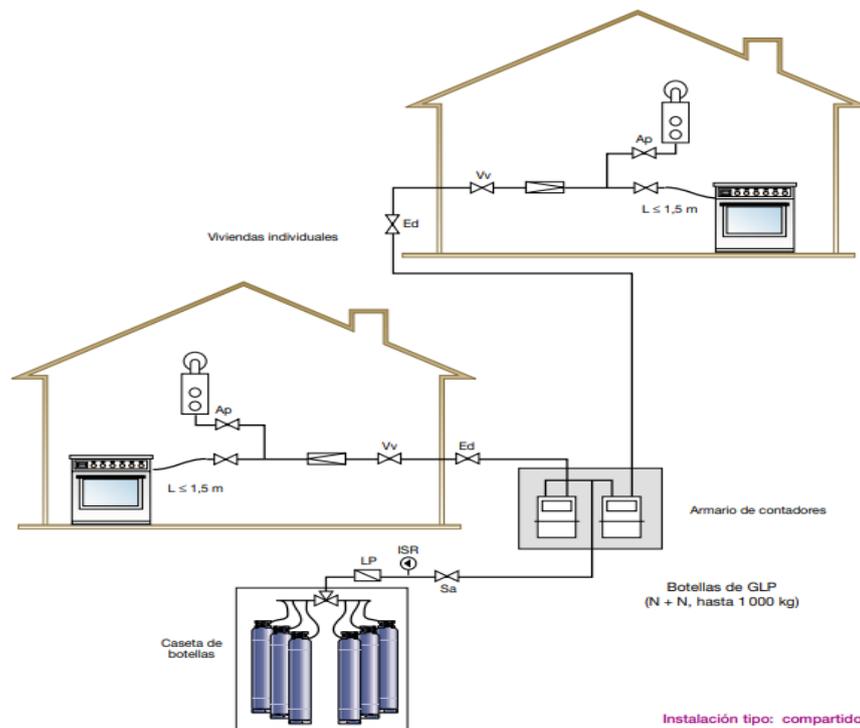


Figura 2.2 Instalación de tipo compartido de botellas con GLP en el exterior. [Fuente: (Sopeña, 2001)].

2.1.2 Alternativa 2: Instalación de GLP mediante depósitos fijos.

La instalación de GLP mediante depósitos fijos se realiza mediante tanques horizontales con su eje longitudinal apoyado sobre apoyos. La recarga del depósito de almacenamiento se lo efectuará según los días de autonomía que se hayan acordado entre el usuario y la comercializadora. En la figura 2.3 se muestra una representación de este tipo de instalación.

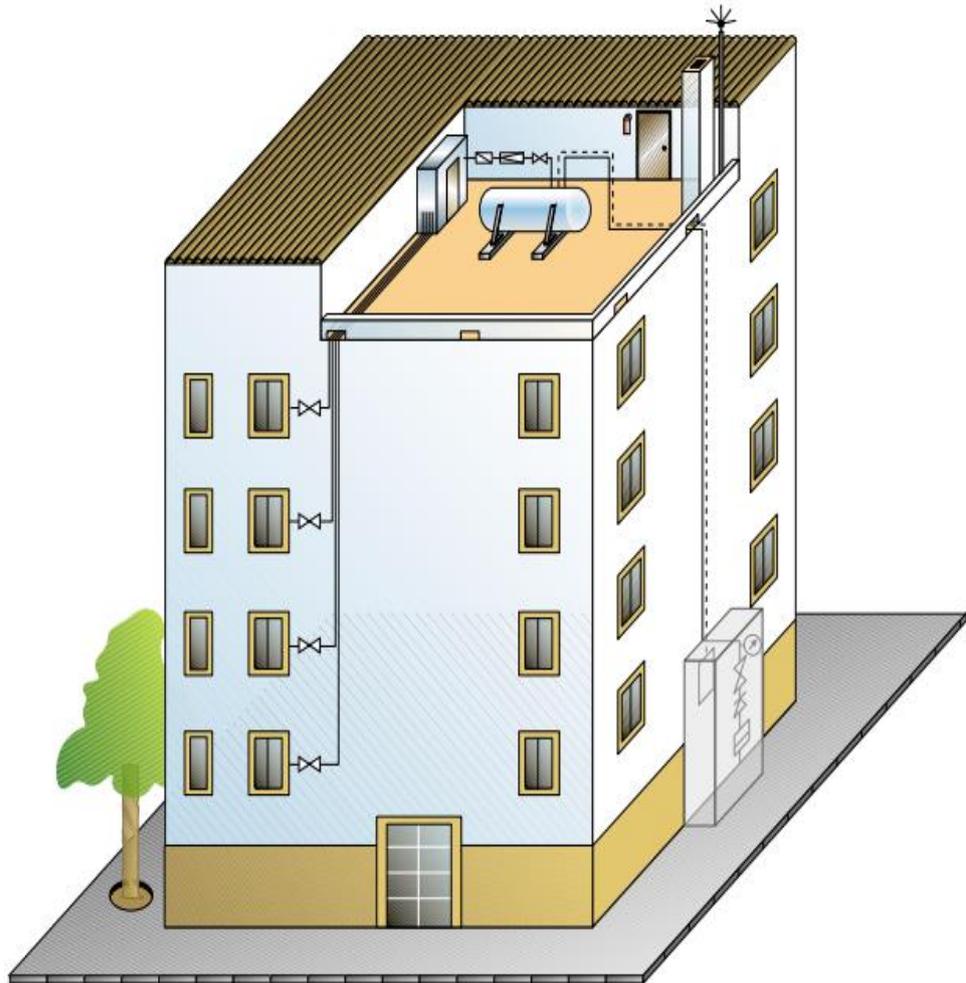


Figura 2.3 Instalación de GLP mediante depósitos fijos en el exterior. [Fuente: (Sopeña, 2001)].

2.2 Alternativas para la configuración de la red de tuberías y contadores.

2.2.1 Alternativa 1: Sistema de regulación de dos etapas con contadores ubicados a la salida de cada unidad familiar.

Esta configuración como se observa en la figura 2.4, emplea 68 m de tubería de $\frac{1}{2}$ ". El primer regulador se instala a la salida del tanque, con una presión de entrada de 250 *psig* (17 *bar*) y salida de 10 *psig* (0.69 *bar*). Para la segunda etapa de regulación se requieren 4 reguladores sin armario; se instalan de manera individual en una caja junto con el contador a la entrada de cada unidad familiar, la presión de entrada de este regulador es de 10 *psig* y salida de 0.54 *psig* (0.037 *bar*), la cual corresponde a la presión de operación en los aparatos.

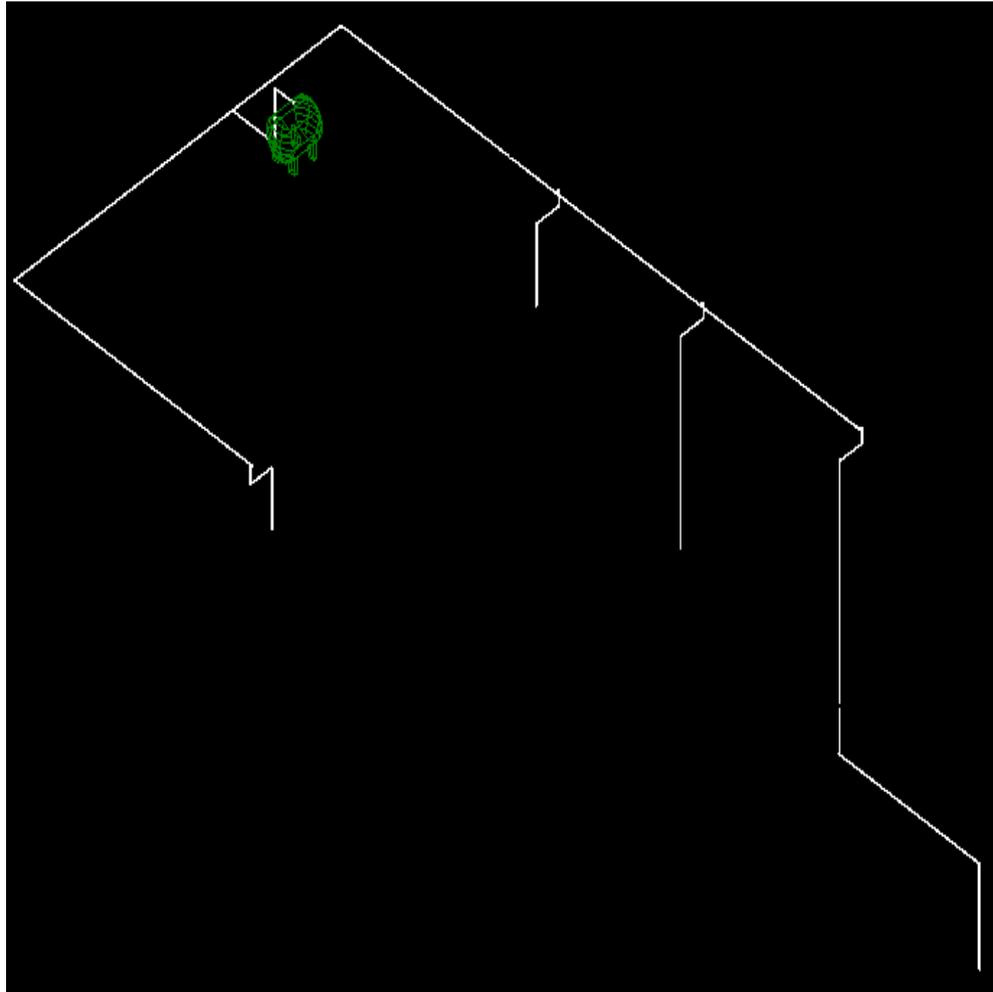


Figura 2.4 Configuración de tuberías con sistema de regulación de dos etapas con contadores afuera de cada unidad familiar.

[Fuente: Elaboración propia].

2.2.2 Alternativa 2: Sistema de regulación de dos etapas con contadores ubicados en un armario en la cuarta unidad familiar.

Esta configuración como se observa en la figura 2.5, emplea 98 m de tubería de 3/4" para la línea secundaria y para la línea individual. El regulador de primera etapa se instala a la salida del tanque, opera con presión de entrada de 250 *psig* y salida de 10 *psig*. El regulador de segunda etapa se instala de manera individual a la entrada de cada contador dentro del armario, con una presión de entrada de 10 *psig*, disminuye la presión hasta 0.54 *psig*. Esta presión circula por las líneas individuales hasta los artefactos de consumo sin regulador asociado.

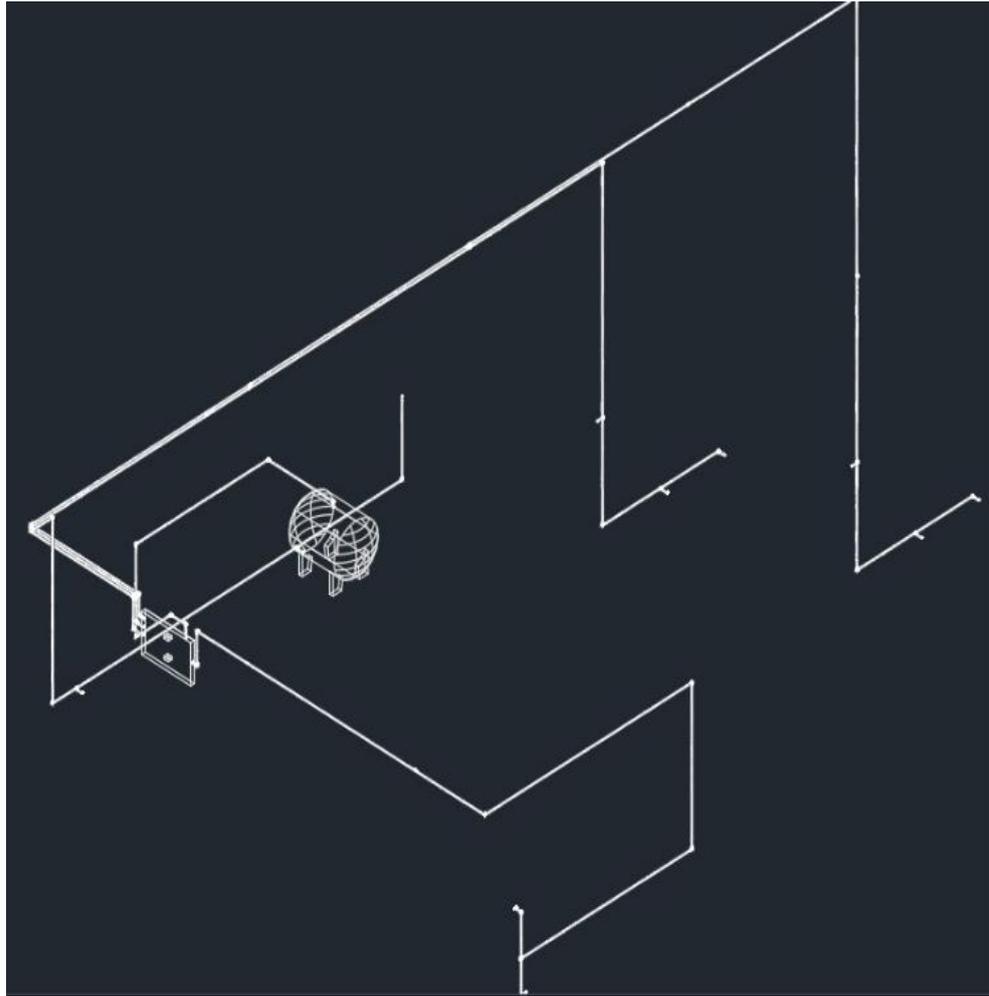


Figura 2.5 Configuración de tuberías con sistema de regulación de tres etapas con contadores dentro de un armario.

[Fuente: Elaboración propia].

2.2.3 Alternativa 3: sistema de regulación de tres etapas con contadores ubicados en un armario en la tercera unidad familiar.

Esta configuración como se observa en la figura 2.6, emplea 128 m de tubería de $\frac{1}{2}$ ". El regulador de primera etapa se instala a la salida del tanque, opera con presión de entrada de 250 *psig* y salida de 10 *psig*. El regulador de segunda etapa se instala a la entrada de cada contador dentro del armario, opera con una presión de entrada de 10 *psig* y salida de 2 *psig* (0.14 *bar*). La tercera etapa de regulación se coloca afuera de cada unidad familiar y disminuye la presión de 2 *psig* hasta 0.54 *psig*; hacia los aparatos de consumo individual.

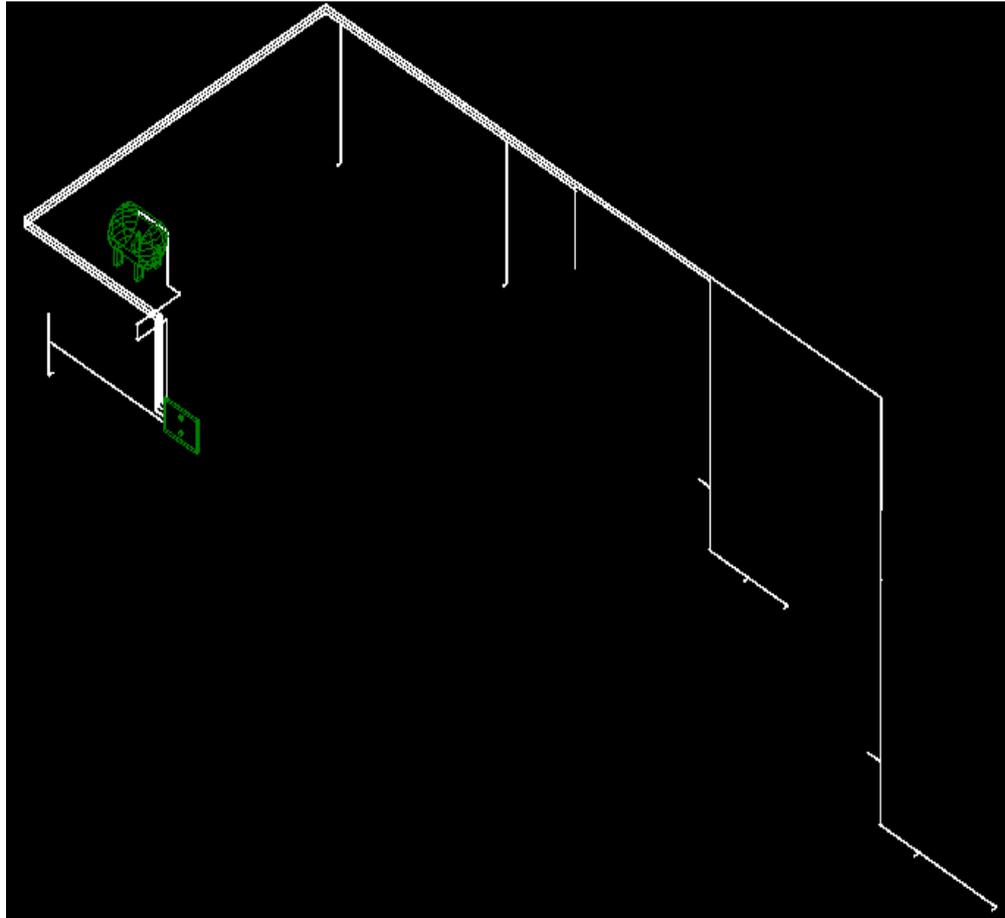


Figura 2.6 Configuración de tuberías con sistema de regulación de tres etapas con contadores dentro de un armario.

[Fuente: Elaboración propia].

2.3 Selección de la Mejor Alternativa

La mejor alternativa de diseño para la central de alimentación de GLP se la realizó evaluando los factores más influyentes mediante una matriz de decisión como se muestra en la tabla 2.2, en esta matriz, el diseñador bajo criterios propios cuantifica cada factor de influencia entre valores que van de 1 a 5, donde 5 equivale a muy bueno y 1 a muy malo.

Tabla 2.1 Rango de valores para cuantificar los factores de influencia. [Fuente: Elaboración propia]

Significado	valor
Muy malo	1
malo	2
regular	3
bueno	4
Muy bueno	5

Tabla 2.2 matriz de decisión de la configuración central de alimentación GLP para una vivienda de cuatro unidades familiares. [Fuente: Elaboración propia].

Factores de influencia	Ponderación	Alternativa			
		1		2	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Costo	0.3	4	1.2	2	0.6
Facilidad de operación	0.3	2	0.6	4	1.2
Ubicación del sistema	0.2	3	0.6	4	0.8
Mantenimiento	0.1	3	0.3	2	0.2
Capacidad	0.1	2	0.2	4	0.4
Total	1	Total	2.9	Total	3.2

Tabla 2.3 matriz de decisión para la configuración de contadores y distribución de las tuberías. [Fuente: Elaboración propia].

Factores de influencia	Ponderación	Alternativa					
		1		2		3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	puntaje
Costo	0.3	5	1.5	3	0.9	4	1.2
Facilidad de operación	0.3	3	0.9	5	1.5	5	1.5
Ubicación del sistema	0.3	2	0.6	5	1.5	2	0.6
Mantenimiento	0.1	4	0.4	4	0.3	4	0.4
Total	1		3.4		4.2		3.7

Los resultados de la tabla 2.2 nos indican que la mejor alternativa para nuestro diseño es la de un tanque de almacenamiento, dado que este sistema es de fácil operación, tiene mayor capacidad de almacenamiento, ocupa menos espacio, es más práctico y requiere poco mantenimiento, a pesar de representar un costo mayor.

2.4 Diseño y selección de los componentes de la instalación centralizada de GLP

2.4.1 Diseño del tanque de almacenamiento de GLP

La instalación se la implementará a una vivienda multifamiliar la cual consta de 4 departamentos y para cada uno de los departamentos se

considerará 3 equipos que serán alimentados de GLP, los cuales son: cocina, calefón de 10 $\left[\frac{L}{min}\right]$ y secadora de ropa.

Caudal de simultaneidad

Con la finalidad de transportar el GLP hasta cada uno de los equipos que deben ser alimentados del combustible, se hizo los cálculos correspondientes para la obtención del caudal individual que requiere cada uno de los departamentos.

A continuación, se presentará la tabla 2.4 con el consumo de los equipos:

Tabla 2.4 Equipos consumo en viviendas.

[Fuente: (PRIMAGAS, s.f)].

Equipos	Potencia Nominal [Kcal/h]	Caudal [Kg/h]
Cocina con horno	10000	0.83
Calefón 10 l/min	18000	1.50
Secadora	4000	0.34

A continuación, se presenta la ecuación 2.1 correspondiente para el cálculo del caudal individual de simultaneidad:

$$Q_{si} = Q_1 + Q_2 + \frac{Q_3 + Q_4 + \dots + Q_N}{2} \quad (2.1)$$

Dónde:

Q_{si} : Caudal individual de simultaneidad [kg/h]

Q_1, Q_2 : Caudales de los equipos de mayor consumo [kg/h]

Q_3, Q_N : Caudales de los demás equipos [kg/h]

Factor de simultaneidad

Cuando se presenta el caso de que una vivienda multifamiliar es alimentada de GLP a través de un depósito común hay que considerar un factor de simultaneidad para el cálculo del caudal de simultaneidad, debido a que todos los equipos de las viviendas no estarán funcionando al mismo tiempo.

Tabla 2.5 Factores de simultaneidad.

[Fuente: (PRIMAGAS, s.f.).]

Factor de simultaneidad (f_{si})		
Nº de viviendas	f_{si} (sin calefacción)	f_{si} (con calefacción)
1	1	1
2	0.50	0.70
3	0.40	0.60
4	0.40	0.55
5	0.40	0.50
6	0.30	0.50
7	0.30	0.50
8	0.30	0.45
9	0.25	0.45
10	0.25	0.45
15	0.20	0.40
25	0.20	0.40
40	0.15	0.40
50	0.15	0.35

Para el cálculo del caudal de simultaneidad de la instalación se utilizará la ecuación 2.2:

$$Q_{sc} = \sum Q_{si} \times f_s \times f_u \quad (2.2)$$

Dónde:

Q_{si} : Caudal individual de simultaneidad [kg/h]

f_s : Factor de simultaneidad

f_u : Factor de uso

En el apéndice A se presentan los resultados obtenidos para el caudal de simultaneidad de toda la residencia.

Vaporización requerida

Dentro del tanque la fase líquida y gaseosa se encuentran en equilibrio a una presión específica que es dependiente de la temperatura, el equilibrio entre la fase líquida y gaseosa se rompe cuando existe una disminución

de la presión esto a causa de que se ha extraído gas del tanque, para volver al equilibrio la fase líquida empieza a vaporizarse y para que se efectúe esa vaporización existe una variación en la temperatura del líquido debido a la obtención de calor del propio líquido y de la proveniente del exterior del recipiente. (Sopeña, 2001)

Para la determinación del caudal de vaporización del tanque se utiliza la ecuación 2.3:

$$Q = a \cdot s \cdot k \frac{(T_e - T_i)}{q} \quad (2.3)$$

Dónde:

Q : Caudal de vaporización [kg/h]

a : Superficie del tanque en contacto con el líquido. Con un 20% de llenado del tanque $a=0,336$ y 30% de llenado del tanque $a=0,397$.

s : Superficie del depósito en [m²]

k : Coeficiente de transferencia de calor con el exterior mediante las paredes del tanque. Para tanques sobre superficie $K = 12 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \right]$

T_e : Temperatura mínima del exterior, donde está instalado el tanque

T_i : Temperatura del GLP en el interior del tanque, es la temperatura de ebullición a la presión de servicio de la red. $T_i = -20 \text{ } ^\circ\text{C}$

q : Calor de vaporización $12 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right]$

El caudal de vaporización Q para el presente proyecto será el mismo caudal de simultaneidad que se requiere para la vivienda Q_{sc} . El área de vaporización obtenido lo podemos observar en el apéndice A.

Volumen total del tanque de almacenamiento

Para calcular el volumen del tanque que se requiere para la instalación se hizo uso de la ecuación 2.4 y 2.5, las cuales se las presentan a continuación: (Sopeña, 2001)

$$C_u = A' \times C \quad (2.4)$$

Dónde:

C_u : Capacidad útil de almacenamiento [Kg]

A' : Días de autonomía de la instalación

C : Consumo total diario de todos los departamentos [Kg/día]

$$V_{tanque} = \frac{C_u}{331,5} \quad (2.5)$$

Dónde:

V_{tanque} : Volumen total del tanque de almacenamiento [m³]

Espesor del cilindro

Para el cálculo del espesor de la sección cilíndrica del tanque se necesita conocer parámetros tales como presión interna del tanque, radio del cilindro. Luego mediante la utilización del código ASME sección VIII división 1 se calculó el espesor mediante la siguiente ecuación 2.6:

$$e_{cilindro} = \frac{P R}{(S E) - 0,6P} \quad (2.6)$$

Dónde:

$e_{cilindro}$: Espesor del cilindro [m]

P : Presión interna del tanque [Mpa]

R : Radio exterior del tanque [m]

S : Esfuerzo máximo permisible del material [Mpa]

E : Eficiencia de soldabilidad igual 1

Espesor del casquete

Para el diseño de tanques de almacenamiento se tiene varias opciones sobre el tipo de casquete a utilizar, para este proyecto se utilizó un casquete elíptico, ya que en la industria metalmecánica es muy frecuente la fabricación de este tipo de casquetes. A continuación, presentamos la figura 2.7 con los diferentes tipos de casquete existentes para tanques de almacenamiento según el código ASME sección VIII división 1:

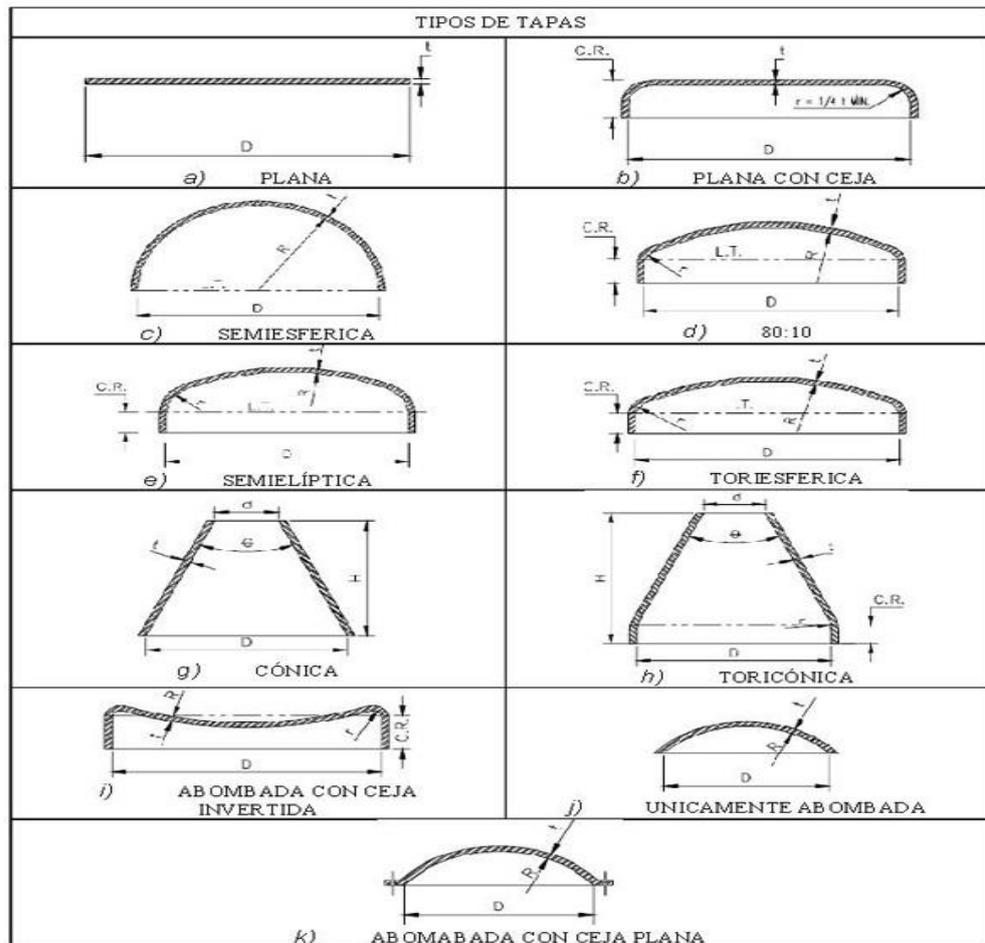


Figura 2.7 Representación gráfica de los tipos de tapas para cilindros a presión. [Fuente: (Boiler, A. S. M. E., & Code, P. V., 2010)].

A continuación, en la figura 2.8, detallaremos las características del casquete elíptico según el código ASME sección VIII división 1:

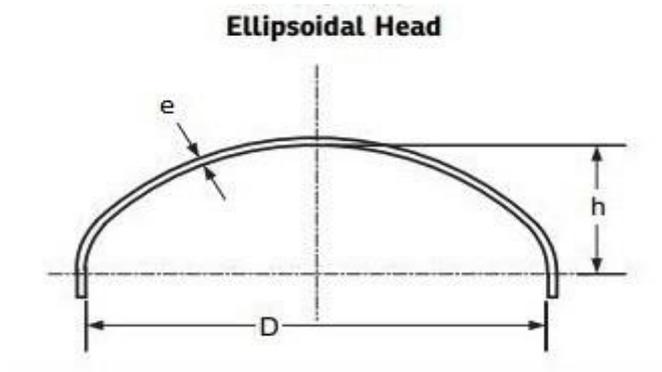


Figura 2.8 casquete elíptico.
[Fuente: (Boiler, A. S. M. E., & Code, P. V., 2010)].

Dónde:

e : Espesor del casquete [m]

D : Diámetro interior del casquete elíptico [m]

h : Mitad del eje menor del casquete elíptico [m]

Según el código ASME sección VIII división 1, el valor h viene dado por la siguiente ecuación 2.7:

$$h = \frac{D}{4} [m] \quad (2.7)$$

El espesor del casquete elíptico se calcula siguiendo al código ASME sección VIII división 1, mediante la ecuación 2.8:

$$e = \frac{P D}{2SE - 0.2P} [m] \quad (2.8)$$

Dónde:

P : Presión interna del tanque [Mpa]

S : Esfuerzo máximo permisible del material [Mpa]

E : Eficiencia de soldabilidad igual a 1

El espesor obtenido para el cuerpo cilíndrico y el casque se lo puede observar en el apéndice A.

Cálculo peso del cilindro

Para calcular el peso de la sección cilíndrica del tanque de almacenamiento se hizo uso de la ecuación 2.9: (Oña, 2019)

$$w_{cilindro} = \rho_{material} \times V_{cilindro} \quad (2.9)$$

Dónde:

$w_{cilindro}$: Peso del cilindro [kg]

$\rho_{material}$: Densidad del material $\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$

$V_{cilindro}$: Volumen del cilindro [m³]

El volumen del cilindro se lo determinó mediante la utilización de la ecuación 2.10:

$$V_{cilindro} = \frac{\pi(D_{exterior}^2 - D_{interior}^2)L_{cilindro}}{4} \quad (2.10)$$

$L_{cilindro}$: Longitud de la sección cilíndrica [m]

$D_{exterior}$: Diámetro exterior del tanque [m]

$D_{interior}$: Diámetro interior del tanque [m]

Cálculo peso del casquete

Para obtener el peso del casquete elíptico del tanque de almacenamiento se hizo uso de la siguiente ecuación 2.11: (Oña, 2019)

$$W_{casquetes} = 2 \left[\rho_{material} \times \left((0.08089 \times D_{exterior}^3) - (0.08089 \times D_{interior}^3) \right) \right] \quad (2.11)$$

Dónde:

$W_{casquete}$: Peso del casquete [kg]

Cálculo del peso tanque de almacenamiento

Para obtener el peso total del tanque de almacenamiento se le debe agregar el peso que aporta el fluido en el interior, se utilizó la siguiente ecuación 2.12: (Oña, 2019)

$$W_{tanque} = W_{cilindro} + W_{casquete} + (0,85 V_{tanque} \times \rho_{GLP}) \quad (2.12)$$

Dónde:

W_{tanque} : Peso total del tanque de almacenamiento [kg]

V_{tanque} : Volumen del tanque a ocupar por el fluido [m^3]

ρ_{GLP} : Densidad del GLP $\left[\frac{KG}{m^3} \right]$

Debido a los accesorios que estarán presente en el tanque de almacenamiento se deberá considerar la suma de un 10% del W_{tanque} . (Boiler, A. S. M. E., & Code, P. V., 2010).

El procedimiento de cálculo para la obtención del peso del tanque se lo presenta en el apéndice A.

Selección de los apoyos para tanques horizontales

El tanque de almacenamiento será soportador por dos apoyos con lo cual se busca un diseño con bajo costo y estético. A continuación, en la figura

2.9, presentaremos dos tipos de apoyos para tanques de almacenamiento horizontales según el código ASME VIII división 1.

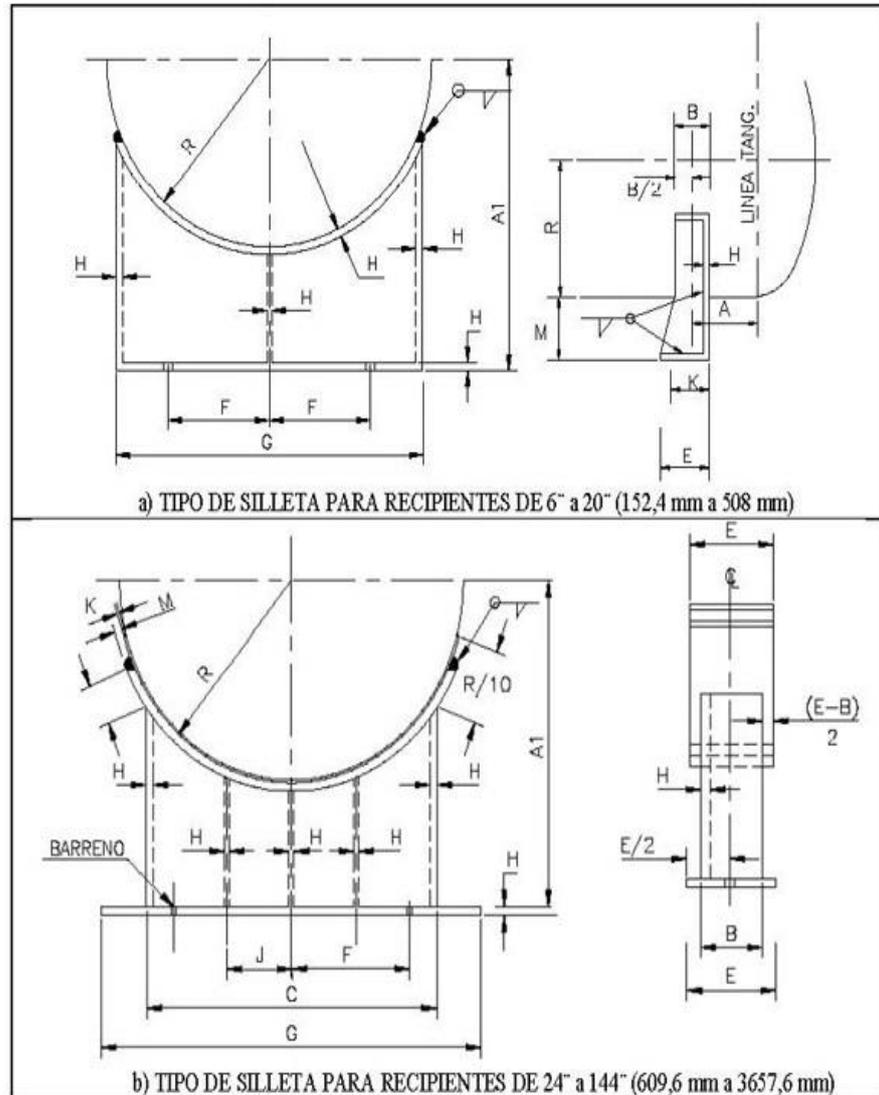


Figura 2.9 Tipos de apoyo para tanques de almacenamiento horizontales. [Fuente: (Boiler, A. S. M. E., & Code, P. V., 2010)].

Para nuestro proyecto se utilizó la opción b, ya que el diámetro del tanque de almacenamiento diseñado se encuentra entre ese rango. El código ASME sección VIII división 1 recomienda que el ángulo de agarre de los extremos de los apoyos y el centro del tanque debe de ser de 120° , a continuación, se los observara en la figura 2.10:

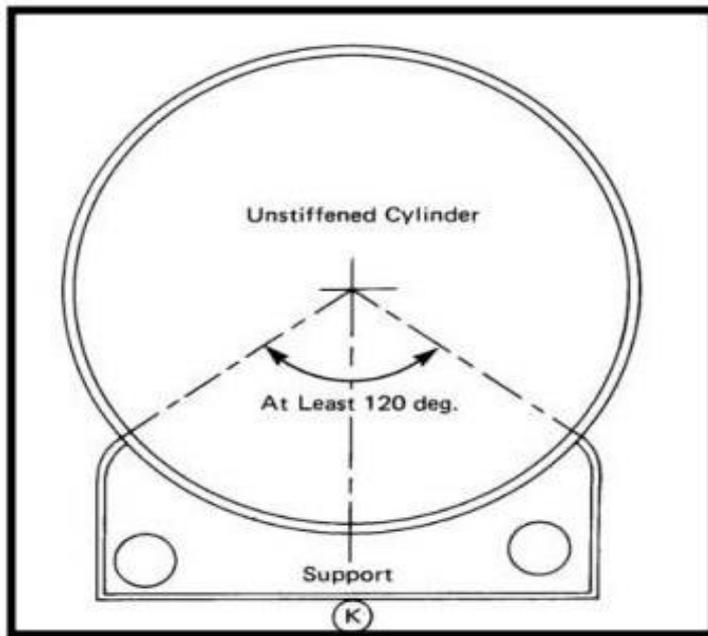


Figura 2.10 Ángulo de agarre entre el centro del tanque y los extremos de los apoyos. [Fuente: (Boiler, A. S. M. E., & Code, P. V., 2010)].

A continuación, en la figura 2.11 se muestra las partes que forman el soporte tales como placa de desgaste, placa lateral del apoyo, placa de la base del apoyo, y las cuales deben ser diseñadas para soportar esfuerzos longitudinales, tangenciales y circunferenciales.

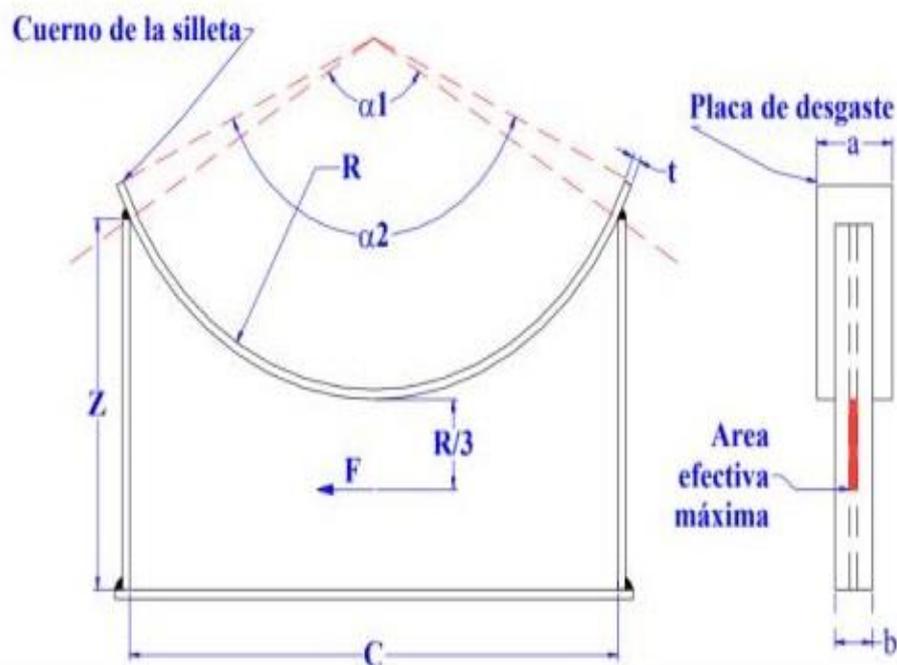


Figura 2.11 Elementos de un apoyo. [Fuente: (Boiler, A. S. M. E., & Code, P. V., 2010)].

A continuación, se puede observar en la figura 2.12 y 2.13, las diferentes medidas para los apoyos, y estas varían dependiendo de la carga que vayan a soportar los mismos.

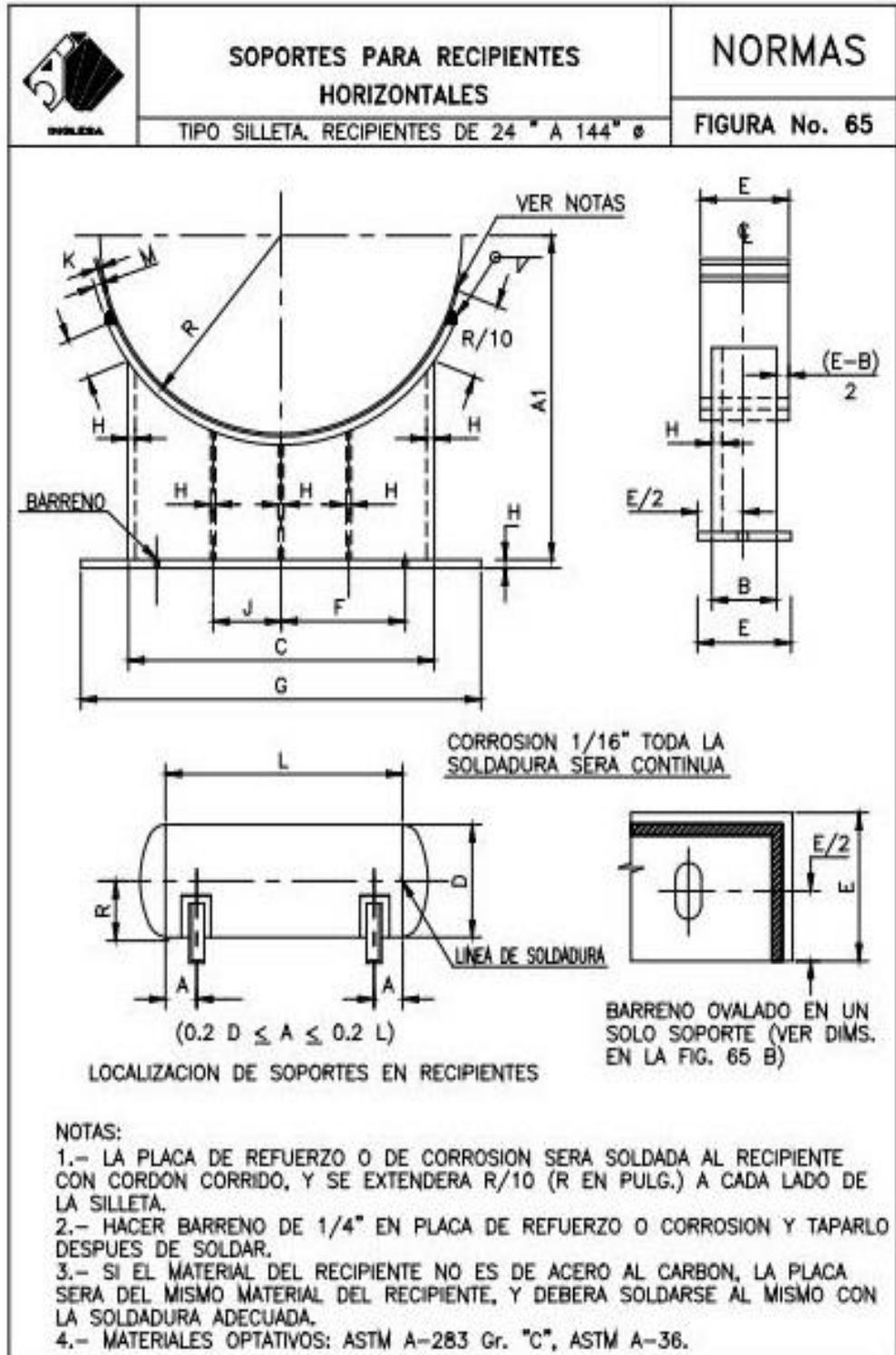


Figura 2.12 Apoyo para recipientes horizontales.

[Fuente: (Leon,2001)].

DIÁMETRO DE TUBERÍA D		CARACTERÍSTICAS														PESO DE LA SOLUCIÓN Kg		CONTENEDOR DE TUBERÍA INSTRUMENTOS	
		TODAS LAS DIMENSIONES EN PULGADAS																	
A1		B	C	D	E	F	G	H	J	K	QUANTOS INSTRUMENTOS		MATERIAL DE SOLUCIÓN		No	No			
24	3410	19	6	22	3/8	7	8	23	5/16	11	3/16	3/4	1	1/2-1/2			1/4	23	1
30	4545	22	6	27	7/16	7	10-1/2	29	5/16	13-1/2	3/16	3/4	1	1/2-1/2	1/4	30	1		
36	6818	25	6	32	1/2	7	12-1/2	34	3/8	16	1/4	3/4	1	1/2-1/2	1/4	41	1		
42	9090	28	6	38	9/16	7	16	40	1/2	19	5/16	3/4	1	1/2-1/2	5/16	50	1		
48	18180	31	8	43	5/8	9	18	45	1/2	21-1/2	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8-3/8	3/8	91	1		
54	22727	34	8	48	5/8	9	20	50	1/2	12	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8-3/8	3/8	110	2		
60	27270	37	8	53	5/8	9	23	55	1/2	13	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8-3/8	3/8	123	2		
66	34090	40	8	58	5/8	9	25	60	1/2	14	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8-3/8	3/8	136	2		
72	38636	43	8	63	5/8	9	28	65	1/2	16	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8-3/8	3/8	148	2		
78	45455	46	8	69	5/8	9	31	71	1/2	17	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8-3/8	3/8	160	2		
84	68180	49	9	74	3/4	10	33	76	5/8	19	1/2	7/8	1-1/8	1-1/8-3/8	1/2	225	2		
90	79540	52	9	79	3/4	10	35	81	5/8	20	1/2	7/8	1-1/8	1-1/8-3/8	1/2	250	2		
96	90900	55	9	84	3/4	10	37	86	5/8	21	1/2	1	1-1/4	1-1/4-1/2	1/2	270	2		
102	104540	58	9	90	3/4	10	40	92	5/8	23	1/2	1	1-1/4	1-1/4-1/2	1/2	295	2		
108	125000	61	10	95	3/4	11	42	97	5/8	24	1/2	1	1-1/4	1-1/4-1/2	1/2	320	2		
114	159100	64	10	100	3/4	11	44	102	5/8	25	1/2	1	1-1/4	1-1/4-1/2	1/2	345	2		
120	177270	67	10	105	3/4	11	46	107	5/8	26	1/2	1	1-1/4	1-1/4-1/2	1/2	365	2		
126	200000	70	10	110	3/4	11	48	112	5/8	28	1/2	1	1-1/4	1-1/4-1/2	1/2	385	2		
132	227270	73	10	116	3/4	11	51	118	5/8	29	1/2	1	1-1/4	1-1/4-1/2	1/2	410	2		
138	245450	76	10	121	3/4	11	53	123	5/8	30	1/2	1	1-1/4	1-1/4-1/2	1/2	430	2		
144	263600	79	10	126	3/4	11	55	128	5/8	32	1/2	1	1-1/4	1-1/4-1/2	1/2	455	2		

Figura 2.13 Dimensiones para el apoyo de un tanque.

[Fuente: (León,2001)].

Para el tanque que hemos diseñado las dimensiones de los apoyos vienen a ser el que se presenta en la figura 2.13 para un diámetro de 42 in.

Tabla 2.6 Dimensiones del soporte

[Fuente: (León,2001)].

Diámetro recipiente: 1143 [mm]	
Dimensiones	[mm]
A1	509
B	153
C	965
E	178
G	1016
H	8
J	483
K	8
M	8

Cálculo de Esfuerzos

Luego de haber obtenido las dimensiones de los apoyos, la figura 2.14 fue utilizada para el cálculo de los esfuerzos que se encuentran presentes en el tanque.

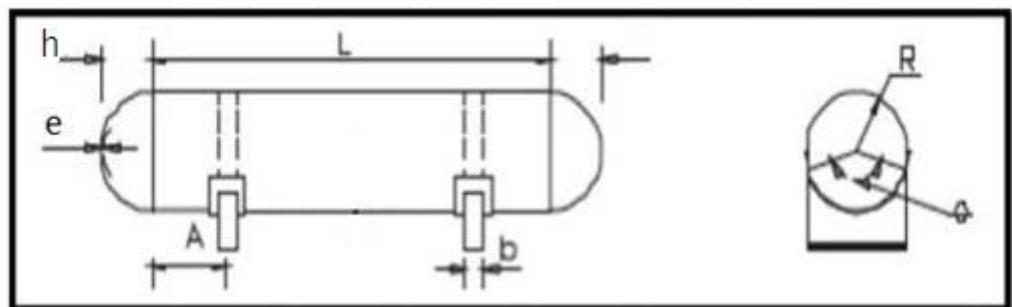


Figura 2.14 Dimensiones estándares para tanque de almacenamiento horizontal. [Fuente: (Boiler, A. S. M. E., & Code, P. V., 2010)].

Dónde:

R : Radio exterior del tanque [m]

e : Espesor del casquete [m]

A : Distancia del apoyo al casquete [m]

b : Ancho del apoyo [m]

h : Longitud del casquete [m]

$L_{cilindro}$: Longitud del cilindro [m]

Esfuerzo longitudinal por flexión

Para el cálculo del esfuerzo longitudinal de flexión en los puntos donde se apoya el tanque de almacenamiento se utilizó la siguiente ecuación 2.13: (Jiménez Fonseca, 2001)

$$\sigma_{flexion} = \frac{Q \times A \times \left[1 - \frac{1 - \frac{A}{L_{cilindro}} + \frac{R^2 - h^2}{2 A L_{cilindro}}}{1 + \frac{4 h}{3 L_{cilindro}}} \right]}{K_1 R^2 e} \quad (2.13)$$

Dónde:

$\sigma_{flexion}$: Esfuerzo longitudinal de flexión en apoyos [Mpa]

K_1 : Constante igual a 0.335

El esfuerzo longitudinal de flexión en el centro del tanque de almacenamiento viene dado por la ecuación 2.14: (Jiménez Fonseca, 2001)

$$\sigma_{flexion}' = \frac{\frac{Q \times L_{cilindro}}{4} \times \left[\frac{1 + \frac{2(R^2 - h^2)}{L_{cilindro}^2}}{1 + \frac{4 h}{3 L_{cilindro}}} + \frac{4 A}{L_{cilindro}} \right]}{\pi R^2 e} \quad (2.14)$$

Dónde:

$\sigma_{flexion}'$: Esfuerzo longitudinal de flexión en el centro del tanque. [Mpa]

Esfuerzo cortante tangencial

Se realizó el cálculo del esfuerzo cortante tangencial que se presenta en la sección cilíndrica del tanque mediante la ecuación 2.15: (Jiménez Fonseca, 2001)

$$\tau_{cortante} = \frac{K_2 \times Q}{R \times e} \quad (2.15)$$

Dónde:

$\tau_{cortante}$: Esfuerzo cortante tangencial [Mpa]

K_2 : Constante igual a 0.88

En el casquete del tanque de almacenamiento se presentan un esfuerzo adicional y se calcula mediante la ecuación 2.16: (Jiménez Fonseca, 2001)

$$\sigma_{adicional} = \frac{K_3 \times Q}{R \times e} \quad (2.16)$$

Dónde:

$\sigma_{adicional}$: Esfuerzo adicional casquete [Mpa]

K_3 : Constante igual a 0.401

Esfuerzo flexión circunferencial

Se realizó el cálculo del esfuerzo de flexión circunferencial en el tanque de almacenamiento mediante la ecuación 2.17: (Jiménez Fonseca, 2001)

$$\sigma_{circunferencial} = \left(-\frac{Q}{4 e x (b + 1.56 \sqrt{R e})} \right) - \left(\frac{12 K_4 Q}{2 e^2} \right) \quad (2.17)$$

Dónde:

$\sigma_{circunferencial}$: esfuerzo flexión circunferencial [Mpa]

K_4 : Constante igual a 0.013

En la parte inferior del cuerpo del apoyo se encuentra un esfuerzo que está siendo sometido, dicho esfuerzo se lo calcula mediante la ecuación 2.18: (Jiménez Fonseca, 2001)

$$\sigma_{circunferencial}' = \left(-\frac{Q K_5}{e_{tanque} (b + 1.56 \sqrt{R e_{tanque}})} \right) \quad (2.18)$$

Dónde:

$\sigma_{circunferencial}'$: Esfuerzo circunferencial en el cuerpo del apoyo [Mpa]

K_5 : Constante igual a 0.760

El apoyo deberá resistir una fuerza que estará aplicada horizontalmente en la parte inferior del mismo, mediante la ecuación 2.19 se la calcula: (Jiménez Fonseca, 2001)

$$F = K Q \quad (2.19)$$

Dónde:

F : Fuerza aplicada en el apoyo [Kg]

Q : Fuerza que soporta el apoyo [Kg]

K : Constante igual a 0,204 (ASME)

El área de la sección efectiva del apoyo donde actuara la fuerza horizontal se la obtuvo mediante la ecuación 2.20: (Jiménez Fonseca, 2001)

$$A_{apoyo} = \frac{R \times e}{3} \quad (2.20)$$

Dónde:

A_{apoyo} : Área de la sección efectiva

Selección de las orejas de izaje

Existen varias opciones de orejas de izaje, en la figura 2.15 se las presenta a continuación:

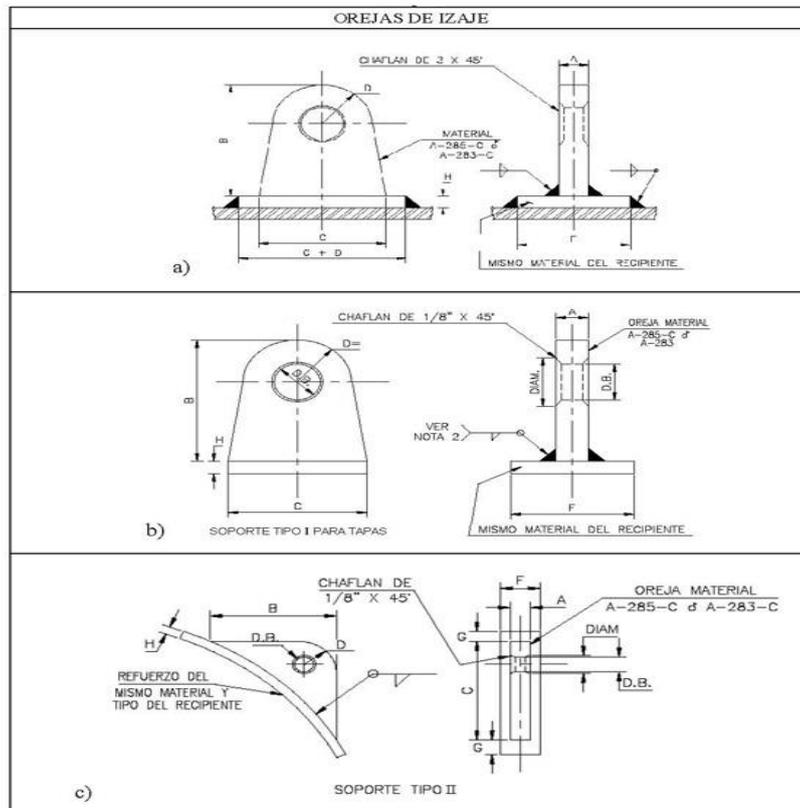


Figura 2.15 Tipos de orejas de izaje.
[Fuente: (API Standard 650, 2017)].

Para el tanque de almacenamiento del presente proyecto se utilizó el tipo de oreja a) de la figura 2.15. A continuación, en la figura 2.16 se observa los detalles de la oreja de izaje seleccionada.

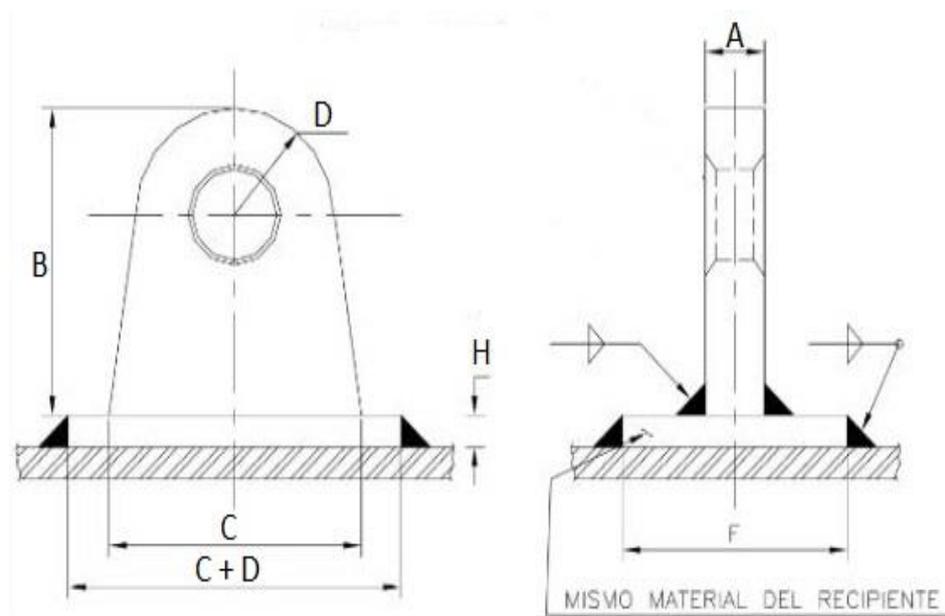


Figura 2.16 Oreja de izaje tipo a.
[Fuente: (API Standard 650, 2017)].

Para el dimensionamiento de las orejas de izaje se utilizó la tabla 2.7, según la norma API 650 son medidas para las orejas de izaje de tanques de almacenamiento horizontales.

Tabla 2.7 Dimensiones oreja de izaje.
[Fuente: (API Standard 650, 2017)].

Orejas de izaje								
Capacidad máxima Kg	Dimensiones en mm							Cantidad de orejas
	A	B	C	D	F	Diámetro barrenos	H	
2000	20	115	115	38	58	38	10	2
4500	20	216	216	38	58	38	10	2
5800	25	215	215	38	64	38	10	2
13500	38	223	223	38	89	38	13	2
24500	51	248	248	38	89	43	13	4

Tabla 2.8 Dimensiones de las orejas de izaje capacidad 2000 Kg. [Fuente: (API Standard 650, 2017)].

Dimensiones de la oreja de izaje	
A	20 [mm]
B	115 [mm]
C	115 [mm]
D	38 [mm]
F	58 [mm]
H	10 [mm]

Diseño de las boquillas radiales en el cilindro

Se realizó el diseño de la boquilla en el cilindro que son sometidas a una carga de presión. Se siguió el procedimiento de cálculo recomendado por el código ASME sección VIII división 2 que presentamos a continuación:

1) Radio efectivo del cilindro

Para el cálculo del radio efectivo del cilindro se hizo uso de la ecuación 2.21.

$$R_{eff} = 0.5D_{interior} \quad (2.21)$$

Dónde:

R_{eff} : Radio efectivo [m]

$D_{interior}$: Diámetro interior del tanque [m]

2) Límite del refuerzo a lo largo de la pared del cilindro

Para el cálculo del límite de refuerzo a lo largo de la pared del cilindro se hizo uso de la ecuación 2.22.

$$L_R = 2R_n \quad (2.22)$$

Dónde:

L_R : Límite del refuerzo [m]

R_n : Radio interior de la boquilla [m]

3) Longitud de la pared de la boquilla que se proyecta fuera del cilindro

Para el cálculo de la longitud de la pared de la boquilla que se proyecta fuera del cilindro se hizo uso de la ecuación 2.23.

$$L_H = t_e + \sqrt{R_n t_n} \quad (2.23)$$

Dónde:

L_H : Longitud de la pared de la boquilla hacia fuera del cilindro [m]

t_e : Espesor de almohadilla de refuerzo [m]

t_n : Espesor de pared de la boquilla [m]

4) Longitud de la pared de la boquilla que se proyecta dentro del tanque

Para el cálculo de la longitud de la pared de la boquilla que se proyecta dentro del tanque se hizo uso de la ecuación 2.24.

$$L_I = \sqrt{R_n t_n} \quad (2.24)$$

Dónde:

L_I : Longitud de la pared de la boquilla hacia dentro del cilindro [m]

5) Área total disponible cerca de la abertura de la boquilla

Para el cálculo de la Área total disponible cerca de la abertura de la boquilla se hizo uso de la ecuación 2.25.

$$A_T = A_1 + f_{rn}(A_2 + A_3) + A_{41} + A_{42} + A_{43} + f_{rp}A_5 \quad (2.25)$$

Dónde:

A_1 : Área contribuida por la pared del cilindro [m²]

A_2 : Área contribuida por la pared de la boquilla fuera del cilindro [m²]

A_3 : Área contribuida por la pared de la boquilla dentro del cilindro [m²]

A_{41} : Área contribuida por el filete de soldadura fuera de la boquilla [m²]

A_{42} : Área contribuida por el filete de soldadura en la almohadilla [m²]

A_{43} : Área contribuida por el filete de soldadura dentro de la boquilla [m^2]

A_5 : Área contribuida por la almohadilla de refuerzo [m^2]

Para el cálculo del factor del material de la boquilla se utiliza la ecuación 2.26.

$$f_{rn} = \min \left[\frac{s_n}{s}, 1 \right] \quad (2.26)$$

Dónde:

f_{rn} : Factor del material de la boquilla

s_n : Esfuerzo permisible de la boquilla a la temperatura de diseño [Mpa]

Para el cálculo del factor del material de la almohadilla se utiliza la ecuación 2.27.

$$f_{rp} = \min \left[\frac{s_p}{s}, 1 \right] \quad (2.27)$$

Dónde:

f_{rp} : Factor del material de la almohadilla

s_p : Esfuerzo permisible de la almohadilla de refuerzo a la temperatura de diseño [Mpa]

Para el cálculo del área contribuida por la pared del cilindro se utiliza la ecuación 2.28. Y para el cálculo del parámetro de no linealidad se hizo uso de la ecuación 2.29.

$$A_1 = (tL_R) * \max \left[\left(\frac{\lambda}{5} \right)^{0.85}, 1 \right] \quad (2.28)$$

$$\lambda = \min \left[\left(\frac{2R_n + t_n}{\sqrt{(D_i + t_{eff})t_{eff}}} \right), 12 \right] \quad (2.29)$$

Dónde:

λ : Parámetro de no linealidad aplicado en el área A_1

Para el cálculo del espesor efectivo t_{eff} se utiliza la ecuación 2.30.

$$t_{eff} = t + \left(\frac{A_5 f_{rp}}{L_R} \right) \quad (2.30)$$

Para el cálculo del área contribuida por la pared de la boquilla fuera del cilindro se utiliza la ecuación 2.31.

$$A_2 = t_n L_H \quad (2.31)$$

Para el cálculo del área contribuida por la pared de la boquilla dentro del cilindro se utiliza la ecuación 2.32.

$$A_3 = t_n L_I \quad (2.32)$$

Para el cálculo del área contribuida por el filete de soldadura fuera de la boquilla se utiliza la ecuación 2.33.

$$A_{41} = 0.5 L_{41}^2 \quad (2.33)$$

Dónde:

L_{41} : Longitud del filete de soldadura en el exterior de la boquilla [m]

Para el cálculo del área contribuida por el filete de soldadura en la almohadilla se utiliza la ecuación 2.34.

$$A_{42} = 0.5 L_{42}^2 \quad (2.34)$$

Dónde:

L_{42} : Longitud del filete de soldadura en el refuerzo de almohadilla [m]

Para el cálculo del área contribuida por el filete de soldadura dentro de la boquilla se utiliza la ecuación 2.35.

$$A_{43} = 0.5L_{43}^2 \quad (2.35)$$

Dónde:

L_{43} : Longitud del filete de soldadura en el interior de la boquilla [m]

Para el cálculo del área contribuida por la almohadilla de refuerzo se utiliza la ecuación 2.36.

$$A_5 = \min[Wt_e, L_R t_e] \quad (2.36)$$

Dónde:

W : Ancho del refuerzo de almohadilla [m]

6) Fuerzas aplicadas en la boquilla

Para el cálculo de la fuerza que actúa en la boquilla exterior y que es provocada por la presión interna se utiliza la ecuación 2.37.

$$f_N = PR_{xn}L_H \quad (2.37)$$

Dónde:

f_N : Fuerza provocada por la presión interna aplicada en la boquilla fuera del recipiente [N]

Para el cálculo de la fuerza que actúa en la pared del cilindro alrededor de la boquilla y que es provocada por la presión interna se utiliza la ecuación 2.38.

$$f_s = PR_{xs}(L_R + t_n) \quad (2.38)$$

Dónde:

f_s : Fuerza provocada por la presión interna aplicada en la pared del cilindro alrededor de la boquilla [N]

Para el cálculo de la fuerza que actúa en la discontinuidad de la boquilla y que es provocada por la presión interna se utiliza la ecuación 2.39.

$$f_Y = PR_{xs}R_{nc} \quad (2.39)$$

Dónde:

f_Y : Fuerza provocada por la presión interna aplicada en la discontinuidad de la boquilla [N]

R_{xs} : Radio de carcasa para cálculos de fuerza [m]

R_{nc} : Radio de la abertura de la boquilla en el tanque [m]

Para el cálculo del radio de carcasa para cálculos de fuerza y radio de la abertura de la boquilla en el tanque se utiliza la ecuación 2.40 y 2.41 respectivamente.

$$R_{xs} = \frac{t_{eff}}{\ln \left[1 + \frac{t_{eff}}{R_{eff}} \right]} \quad (2.40)$$

$$R_{xn} = \frac{t_n}{\ln \left[1 + \frac{t_n}{R_n} \right]} \quad (2.41)$$

7) Esfuerzo promedio local de la membrana primaria y esfuerzo general de la membrana primaria en la intersección de la boquilla

Para el cálculo del esfuerzo promedio local de membrana primaria se utiliza la ecuación 2.42.

$$\sigma_{avg} = \frac{(f_n + f_s + f_Y)}{A_T} \quad (2.42)$$

Dónde:

σ_{avg} : Esfuerzo promedio local de membrana primaria [Mpa]

Para el cálculo del esfuerzo general de membrana primaria se utiliza la ecuación 2.43.

$$\sigma_{circ} = \frac{PR_{xs}}{t_{eff}} \quad (2.43)$$

Dónde:

σ_{circ} : Esfuerzo general de membrana primaria [Mpa]

8) Esfuerzo máximo de membrana primaria en la intersección de la boquilla

Para el cálculo del esfuerzo máximo de membrana primaria en la intersección de la boquilla se hizo uso de la ecuación 2.44.

$$P_L = \max [(2\sigma_{avg} - \sigma_{circ}), \sigma_{circ}] \quad (2.44)$$

Dónde:

P_L : Esfuerzo máximo de membrana primaria en la intersección de la boquilla [Mpa]

9) Finalmente se debe satisfacer la siguiente desigualdad:

$$P_L \leq s_{allow}$$

Donde para boquilla sujeta a presión interna, el esfuerzo permisible se calcula con la siguiente ecuación 2.45:

$$s_{allow} = 1.5SE \quad (2.45)$$

Dónde:

s_{allow} : Esfuerzo permisible primario local de membrana [Mpa]

S : Esfuerzo permisible del recipiente a la temperatura de diseño [Mpa]

E : Eficiencia de la unión de soldadura

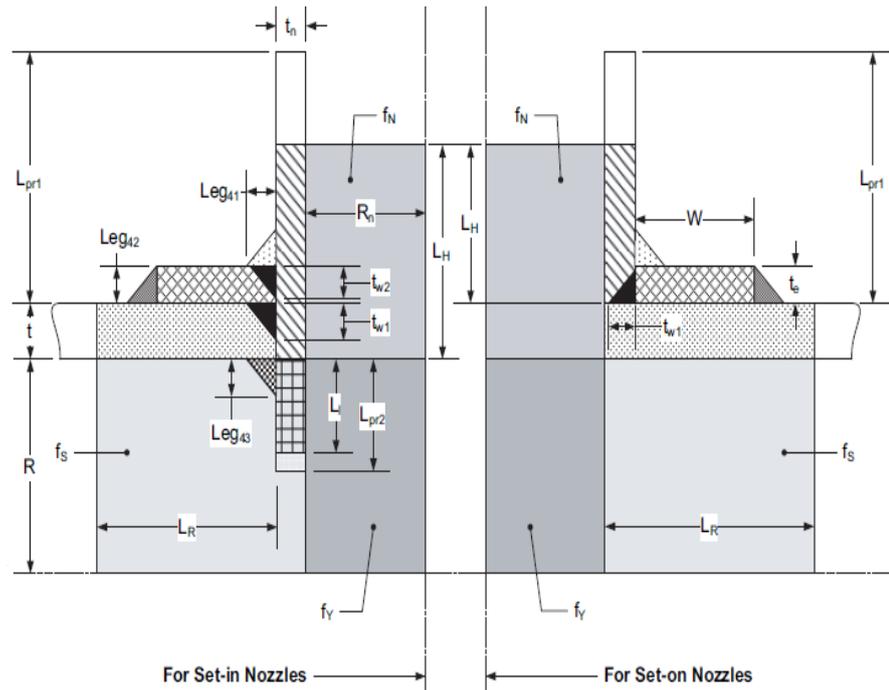


Figura 2.17 Elementos de una boquilla con refuerzo

Fuente: (Boiler, A. S. M. E., & Code, P. V., 2010)

Esfuerzo de membrana circunferencial

Para el cálculo del esfuerzo de membrana circunferencial se hizo uso de la ecuación 2.46, la cual fue tomada del código ASME sección VIII división 2.

$$\sigma_{\theta m} = \frac{PD_{interior}}{E(D_{exterior} - D_{interior})} \quad (2.46)$$

Dónde:

$\sigma_{\theta m}$: Esfuerzo de membrana circunferencial [Mpa]

P : Presión interna de diseño [Mpa]

$D_{interior}$: Diámetro interior del tanque [m]

$D_{exterior}$: Diámetro exterior del tanque [m]

E : Eficiencia de la unión de soldadura igual a 1 (ver Tabla 7.2 del código ASME para calderas y recipientes a presión división 2)

Esfuerzo de membrana longitudinal

Para el cálculo del esfuerzo de membrana longitudinal se hizo uso de la ecuación 2.47, la cual fue tomada del código ASME sección VIII división 2.

$$\sigma_{sm} = \frac{1}{E} \left(\frac{PD_{interior}^2}{D_{exterior}^2 - D_{interior}^2} + \frac{4F}{\pi(D_{exterior}^2 - D_{interior}^2)} \right) \quad (2.47)$$

Dónde:

σ_{sm} : Esfuerzo de membrana longitudinal [Mpa]

F : Fuerza neta que actúa en una sección del cilindro y produce un esfuerzo axial [N].

Esfuerzo cortante

Para el cálculo del esfuerzo cortante se hizo uso de la ecuación 2.48, la cual fue tomada del código ASME sección VIII división 2.

$$\tau = \frac{16M_t D_o}{\pi(D_{exterior}^4 - D_{interior}^4)} \quad (2.48)$$

Dónde:

τ : Esfuerzo de torsión [Mpa]

M_t : Momento de torsión resultante que actúa sobre una sección del cilindro [N m]

Cálculo de los esfuerzos principales

Para el cálculo de los esfuerzos principales que actúan en la parte cilíndrica del tanque se hizo uso de las ecuaciones 2.49, 2.50 y 2.51, las cuales fueron tomadas del código ASME sección VIII división 2.

$$\sigma_1 = 0.5(\sigma_{\theta m} + \sigma_{sm} + \sqrt{(\sigma_{\theta m} - \sigma_{sm})^2 + 4\tau^2}) \quad (2.49)$$

$$\sigma_2 = 0.5(\sigma_{\theta m} + \sigma_{sm} - \sqrt{(\sigma_{\theta m} - \sigma_{sm})^2 + 4\tau^2}) \quad (2.50)$$

$$\sigma_3 = \sigma_r - 0.5P \quad (2.51)$$

Dónde:

σ_1 : Esfuerzo principal en la dirección 1 [Mpa]

σ_2 : Esfuerzo principal en la dirección 2 [Mpa]

σ_3 : Esfuerzo principal en la dirección 3 [Mpa]

σ_r : Esfuerzo radial igual a $-P$ [Mpa]

Esfuerzo Von Mises

Para el cálculo del esfuerzo Von Mises se hizo uso de la ecuación 2.52 que fue tomada del código ASME sección VIII división 2.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{0.5} \quad (2.52)$$

Dónde:

σ_e : Esfuerzo Von Mises [Mpa]

A continuación, en la figura 2.18 podemos observar los esfuerzos membranales que actúan sobre la sección cilíndrica del tanque de almacenamiento.

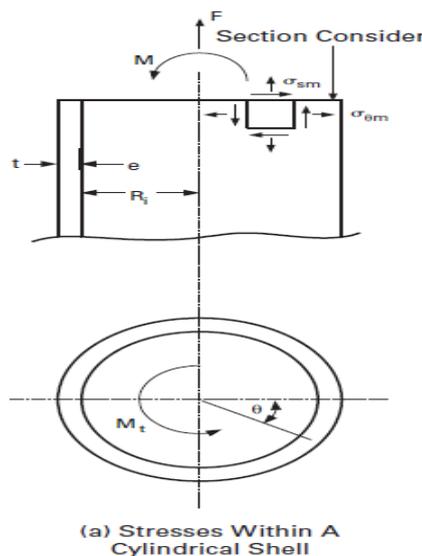


Figura 2.18 Diagrama de esfuerzos membranales en la sección cilíndrica. [Fuente: (Boiler, A. S. M. E., & Code, P. V., 2010)].

2.4.2 Instalación del tanque en terraza

El tanque de almacenamiento de GLP tiene como volumen $0,97 m^3$, resultado obtenido en base a los días de autonomía, por tal motivo, al depósito se lo clasificó según la norma NTE INEN 2 260, como A-A, esta clasificación indica las distancias mínimas de seguridad divididas por referencias que debe tener el depósito como se muestra en la tabla 2.9, y se mide desde la válvula de alivio del tanque como se observa en la figura 2.19.

Tabla 2.9 Distancias mínimas de seguridad A-A.
[Fuente:(INEN, 2010)].

Distancias mínimas de seguridad		
Clasificación	A-A	
Distancias (S o S1)	S [m]	S1 [m]
Referencia 4	3	-
Referencia 5	6	-
Referencia 6	3	-

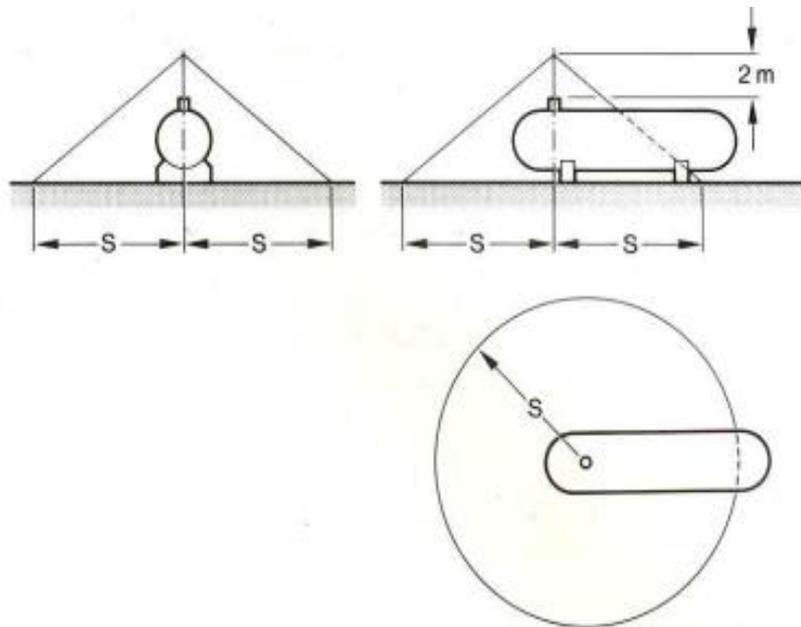


Figura 2.19 Distancias mínimas de seguridad.
[Fuente: (INEN, 2010)].

2.4.3 Diseño de Tuberías

Para el diseño de las tuberías se realizó el cálculo del consumo máximo probable de cada vivienda. Se empleó la siguiente ecuación 2.53:

$$C_i = \frac{Q_{sc}}{\#de\ viviendas} \quad (2.53)$$

Dónde:

C_i : Consumo individual [kg/h]

Q_{sc} : Caudal de simultaneidad de la instalación $\left[\frac{kg}{h}\right]$

Posteriormente se realizó el trazado de las tuberías que van a transportar el GLP hacia cada una de las viviendas, dicho recorrido parte desde el tanque de almacenamiento de GLP, esto se efectuó con la finalidad de conocer la longitud de los tramos de tuberías existentes entre cada uno de los departamentos y el tanque de almacenamiento de GLP. En la instalación se emplean diferentes accesorios que influyen en las pérdidas de carga, estas pérdidas serán reducidas por el equivalente a metros de tubería, como se muestra en la siguiente ecuación 2.54:

$$L_E = 1.20 \times L \quad (2.54)$$

Dónde:

L_E : longitud equivalente [m]

L : Longitud real [m]

Con la finalidad de garantizar una correcta alimentación de GLP a cada uno de los aparatos de consumo, se aplicaron las fórmulas de RENOARD para encontrar el diámetro de las tuberías.

Para presiones de media que van de 0.05 bar hasta 4 bar se emplea la siguiente ecuación 2.55:

$$P_a^2 - P_b^2 = 48.6 \times d \times L_e \times \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}} \quad (2.55)$$

Dónde:

P_a : Presión absoluta inicial [bar]

P_b : Presión absoluta final [bar]

d : Densidad corregida, 1.62 para el GLP.

L_e : Longitud equivalente [m]

Q : Caudal [m^3/h]

D : Diámetro interior de la tubería [mm]

Para presiones de baja menores de 0.05 bar se emplea la siguiente ecuación 2.56:

$$P_a - P_b = 232000 \times d \times L_e \times \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}} \quad (2.56)$$

Dónde:

$P_a - P_b$: pérdida de presión [mm. c. a.]

Para instalaciones que trabajen con baja presión, la pérdida máxima admisible debe ser menor a 5%, y para media presión debe ser menor a 10%. (Sopeña, 2001)

Las fórmulas de RENOARD solo se aplicarán para el cálculo si previamente se cumplen las siguientes condiciones:

- La relación entre el caudal y el diámetro seleccionado debe ser menor a 150.

$$\frac{Q}{D} < 150$$

- El número de Reynolds debe ser menor o igual a 2×10^6 , el número de Reynolds se calcula mediante la siguiente ecuación 2.57:

$$R = T \left(\frac{Q}{D} \right) \quad (2.57)$$

Dónde:

T : Factor característico de la familia de los hidrocarburos.

Para el caso del GLP el factor T toma un valor de 55200, dicho valor es experimental. (LORENZO, 1989)

En este tipo de instalación de GLP se recomienda que la velocidad en las tuberías no exceda los 20 m/s y 10m/s para presiones de media y baja respectivamente, con la finalidad de mitigar ruidos y turbulencias. Para determinar la velocidad se utiliza la siguiente ecuación 2.58:

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi \times D_t^2}{4} \times 3600} \quad (2.58)$$

Dónde:

v : Velocidad [m/s]

D_t : Diámetro interior de la tubería [m]

2.4.4 Selección del material para las tuberías

Se seleccionó una tubería de acero negro sin costura cédula 40 según las especificaciones ASTM A53 grado B, de diámetro de 3/4" para la tubería de transporte de GLP en estado gaseoso. En el apéndice B se muestra la figura B.2 con las propiedades mecánicas y las especificaciones generales de las tuberías sin costura.

2.4.5 Selección de reguladores de GLP

Se trabajó con un sistema de regulación de dos etapas, en la primera etapa se seleccionó un regulador de presión de entrada de 250 psig (17.24 bar) y salida de 10 psig (0.69 bar), este regulador fue instalado a la salida del tanque de almacenamiento de GLP. Para la segunda etapa se seleccionó un regulador de presión de entrada de 10 psig (0.69 bar) y salida de 0.54 psig (37 mbar), este regulador se instaló antes de cada contador, como lo indica la norma INEN 2260, en las figuras B.4 y B.3 del apéndice B se muestra la especificación técnica de cada regulador.

2.4.6 Instalación de válvulas

Se empleó el catálogo Lapesa para instalar las válvulas que van en el tanque, como se muestra en la figura 2.20, son distancias y diámetros recomendadas por el catálogo en base al volumen de nuestro diseño. También se muestra un listado de las válvulas que van instaladas por seguridad a lo largo de las tuberías, según la norma la norma INEN 2260:

- la válvula de corte se instaló antes de cada regulador.
- la válvula de alivio, regulador limitador o válvula de cierre automático se instaló a la salida de cada regulador para controlar la sobrepresión.
- La válvula de acometida se instaló a la salida del regulador de primera etapa.

- La válvula de edificio se instaló a la entrada del armario, permite cortar el servicio de GLP.
- la válvula de contador se instaló antes del contador, funciona como válvula de usuario.
- La válvula de conexión de aparato se instaló antes de cada aparato de consumo de GLP.
- La llave de vivienda se instaló a la entrada de la unidad familiar, sirve para cortar el suministro de GLP a todos los aparatos de consumo.

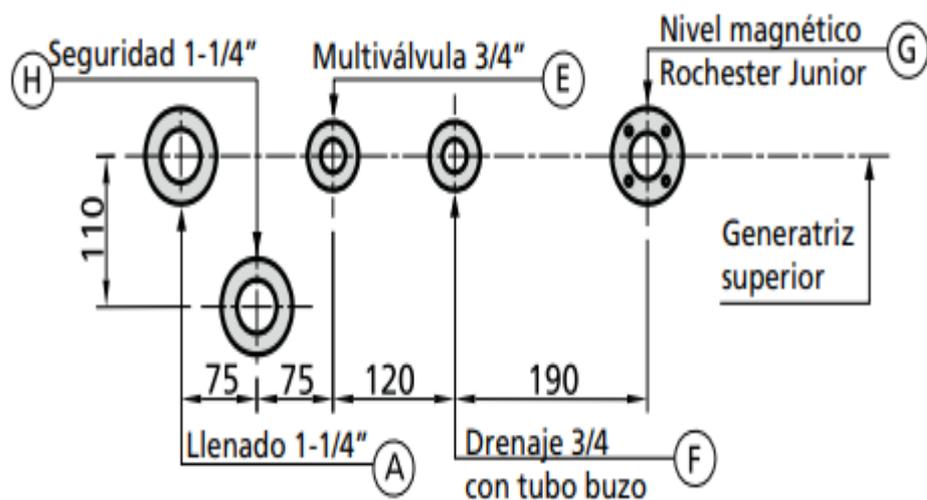


Figura 2.20 Distancias para depósito de 1 m³.
[Fuente:(Lapesa, 2020)].

2.4.7 Equipo de trasvase

Se seleccionó una tubería de acero negro sin costura cédula 40 según las especificaciones ASTM A53 grado B, de diámetro de 1 ½". Y además una boca de carga a distancia de 1 ½" a la entrada de la vivienda.

2.4.8 Sistema contra incendio

Para extinguir el fuego provocado por los GLP, la materia extintora adecuada para la instalación es el polvo químico seco, el cual está compuesto por diferentes bicarbonatos que son aplicados a presión. Para la instalación del presente proyecto se seleccionó un extintor de 9 kg como sistema de protección contra el fuego según lo recomendado por la norma NTE INEN 2 260, para depósitos de GLP clasificados como A-A.

2.4.9 Proceso de soldadura

El tipo de soldadura recomendada por la norma INEN 2260 para la construcción del tanque de almacenamiento de GLP es la soldadura TIG, ya que la unión de los materiales será acero-acero. Se recomienda que el proceso de soldadura se lo realice a una temperatura ambiente superior a 5°C y además de que las piezas que serán unidas no se encuentren húmedas porque eso podría ser causa de tener como resultado una soldadura deficiente.

2.4.10 Pintura

Se removió todo tipo de material que haya quedado en el proceso de soldadura para preparar la superficie del tanque. La limpieza se realizó con granalla mineral siguiendo los lineamientos de la SSPC manuales de pintura. Se empleó un sistema de pintura de 3 capas utilizando la maquina "airless", la primera capa aplicada contó con un espesor de 3 mils de pintura zinc silicato inorgánico, la segunda capa con un espesor de 7 mils de pintura epóxica y la tercera capa con un espesor de 4 mils de pintura tipo poliuretano.(Castro Mosquera, 2015)

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Diseño tanque de almacenamiento

Luego de realizarse el diseño del tanque de almacenamiento mediante la utilización del código ASME sección VIII división 1, se obtuvieron resultados tanto de las dimensiones de los equipos que intervienen en la instalación y los esfuerzos que actúan sobre ellos.

3.1.1 Casquete elíptico

Para el tanque de almacenamiento se diseñó un casquete elíptico que será construido con el acero estructural ASTM A36 y considerando el esfuerzo de fluencia del material se obtuvo que el espesor de pared del casquete es de 7.67 mm, pero en el medio local encontramos planchas con espesores 8mm por lo tanto este último espesor fue considerado para el diseño, el procedimiento de cálculo se lo puede observar en el apéndice A. En la figura 3.1 podemos observar las dimensiones finales del casquete elíptico.

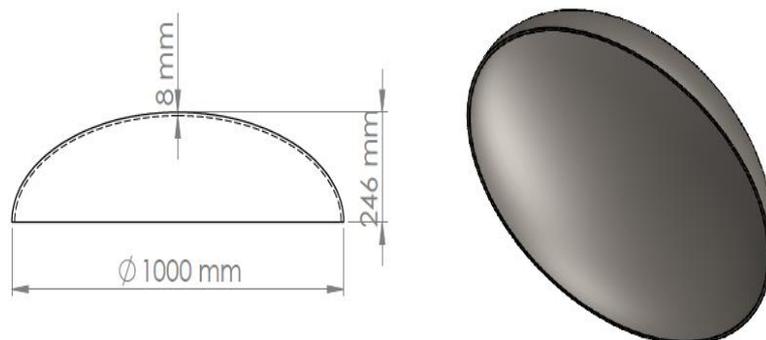


Figura 3.1 Dimensiones del casquete.

[Fuente: Elaboración propia].

El esfuerzo máximo que actúa sobre el casquete se da en la unión con la sección cilíndrica del tanque debido a un concentrador de esfuerzo que se genera en dicha intersección. El esfuerzo máximo no excede el límite de

fluencia del material, esto se lo puede observar en la figura 3.2, donde se obtuvo como resultado que el esfuerzo máximo fue de 153 [Mpa] aproximadamente.

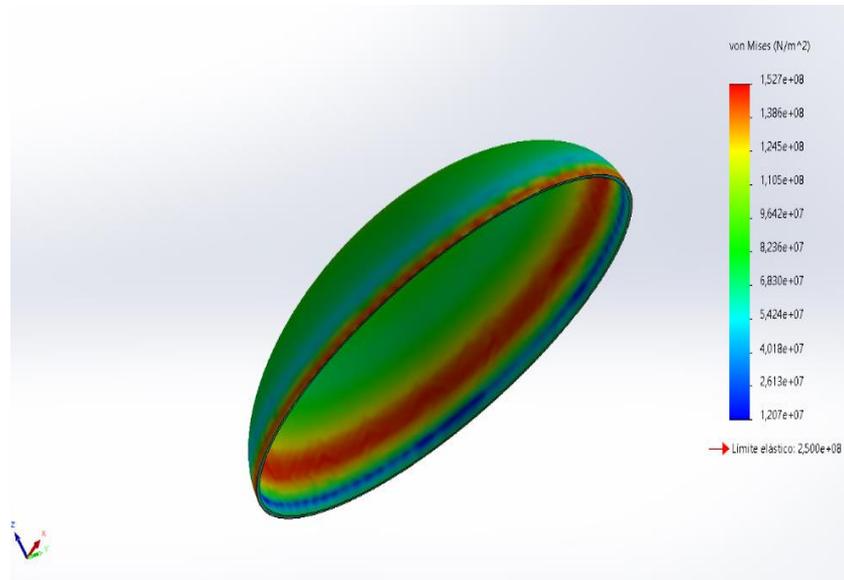


Figura 3.2 Análisis de tensión del casquete.
[Fuente: Elaboración propia].

La deformación máxima que experimentó el casquete se presenta la parte superior como podemos observar en la figura 3.3 y el valor fue de 0.8 mm aproximadamente.

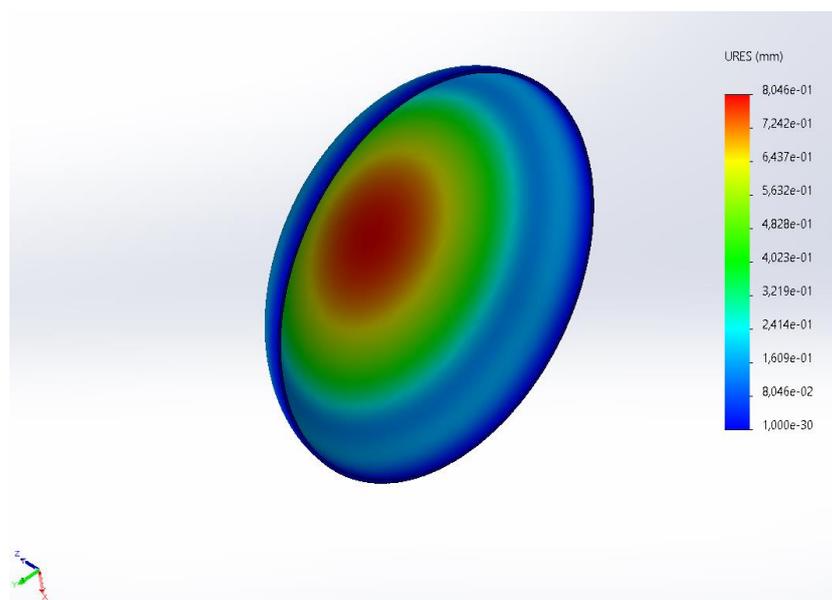


Figura 3.3 Deformación del casquete.
[Fuente: Elaboración propia].

El diseño del casquete elíptico desarrollado para el presente proyecto demostró tener alta confiabilidad al observar que las excelentes propiedades mecánicas del material con el que fue construido, permitió que los esfuerzos obtenidos en los resultados del análisis de tensión sean menores al esfuerzo de fluencia del material, lo que con lleva a precisar que el diseño del casquete cumplirá eficientemente para la aplicación en la que se lo va a usar. Para el diseño es poco deseable que en los cambios de secciones los esfuerzos se eleven exageradamente porque esto con lleva a que el casquete tenga que construirse con un mayor espesor de pared, que traerá consigo incremento en el peso y el costo de fabricación será más elevado.

3.1.2 Cuerpo cilíndrico

Se diseñó el cuerpo cilíndrico del tanque de almacenamiento que será construido con el acero estructural ASTM A36, obteniendo como resultado un espesor de pared de 7.61 mm, pero a nivel local este espesor no es posible conseguirlo por lo cual se utilizó un espesor comercial y el inmediato superior fue de 8mm. El procedimiento de cálculo se lo puede observar en el apéndice A. En la figura 3.4 podemos observar las dimensiones del cuerpo cilíndrico.

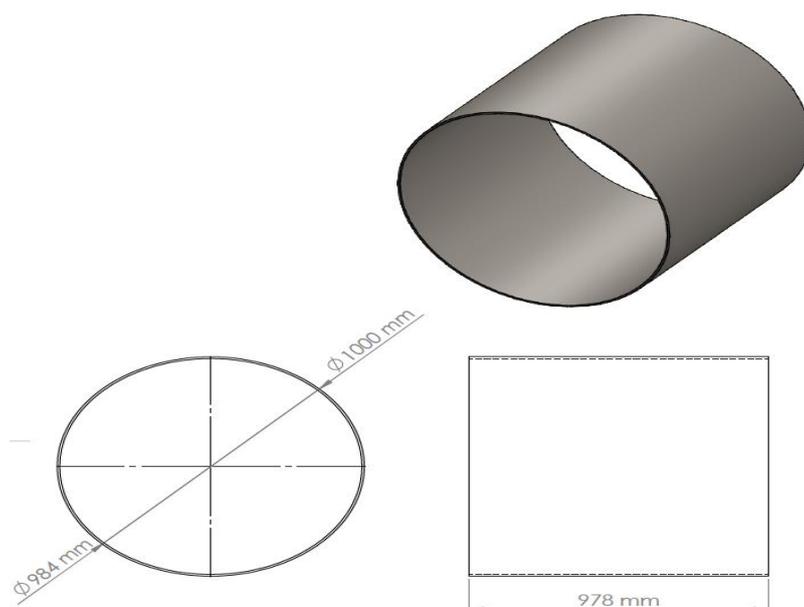


Figura 3.4 Dimensiones del cuerpo.

[Fuente: Elaboración propia].

El esfuerzo máximo que actúa sobre cuerpo cilíndrico es de 94.4 [Mpa], el procedimiento de cálculo se lo puede observar en el apéndice A. Se efectuó un análisis de tensión mediante la ayuda de un software, como podemos observar en la figura 3.5 el esfuerzo máximo que se presentó en el cuerpo cilíndrico fue de 94.6 [Mpa], lo que nos permitió corroborar que el esfuerzo máximo que fue calculado previamente es correcto. Podemos señalar que el diseño del cuerpo cilíndrico es el adecuado para la aplicación del presente proyecto, ya que al aplicarle una presión interna de 250 [psi] el material con el que fue construido el tanque no empezara a fluir debido a que el esfuerzo máximo que se genera en esta sección del tanque es menor al límite de fluencia del material.

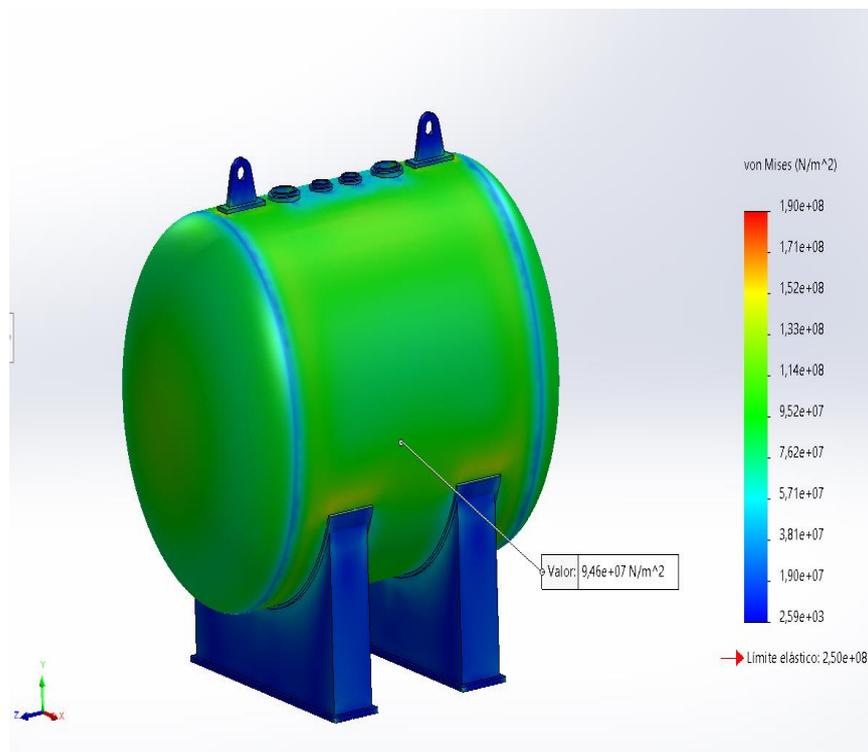


Figura 3.5 Análisis de tensión del cuerpo.

[Fuente: Elaboración propia].

La deformación máxima que experimentó el cuerpo cilíndrico como podemos observar en la figura 3.6 fue de 0.6 mm aproximadamente. Lo que nos lleva a corroborar que el material escogido para la fabricación del tanque fue el adecuado y que las excelentes propiedades mecánicas favorecen a que el material no fluya, lo cual no es deseable para el diseño.

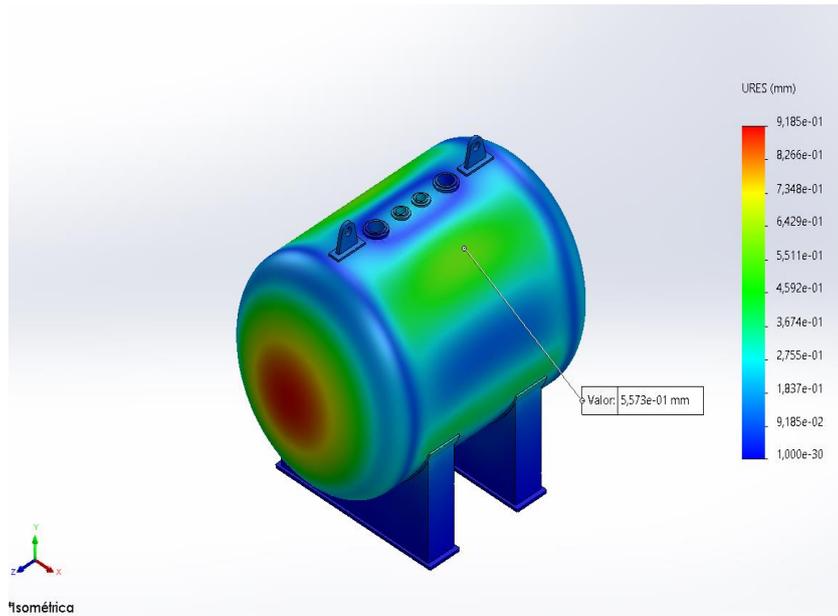


Figura 3.6 Deformación del cuerpo cilíndrico.
[Fuente: Elaboración propia].

3.1.3 Apoyos del tanque de almacenamiento

El apoyo seleccionado para el tanque de almacenamiento fue en base a lo que sugiere el Código ASME sección VIII división 1. El apoyo se lo seleccionó según el diámetro del tanque de almacenamiento y el peso que debe soportar, a continuación, lo podemos observar en la figura 3.7 donde se muestran sus dimensiones.

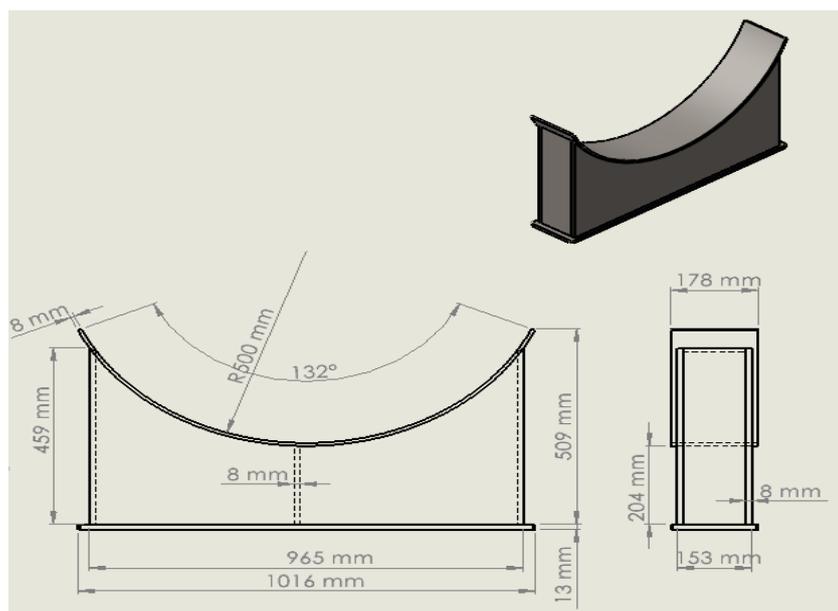


Figura 3.7 Dimensiones del apoyo.
[Fuente: Elaboración propia].

Se efectuó el cálculo de los esfuerzos que se presentan en los apoyos tales como el esfuerzo longitudinal por flexión, esfuerzo cortante tangencial, esfuerzo de flexión circunferencial y los resultados se muestran en el apéndice A.

Tabla 3.1 Esfuerzos en apoyos.

[Fuente: Elaboración propia].

Esfuerzo longitudinal por flexión	54 Mpa
Esfuerzo cortante tangencial	75,334.60 Pa
Esfuerzo de flexión circunferencial	459,857.45 Pa

Se realizó un análisis de esfuerzo mediante la utilización de un software, los resultados que se obtuvieron afianzó la confiabilidad que tiene el diseño de los apoyos. En la figura 3.8 podemos observar que el esfuerzo Von Mises que actúa en los apoyos es de aproximadamente 57 [Mpa] y no supera el límite de fluencia del material. Los esfuerzos mostrados en la tabla 3.1 no exceden ese esfuerzo que obtuvimos en la simulación, lo que nos lleva a concluir que el dimensionamiento de los apoyos fue el correcto para resistir el peso del tanque de almacenamiento.

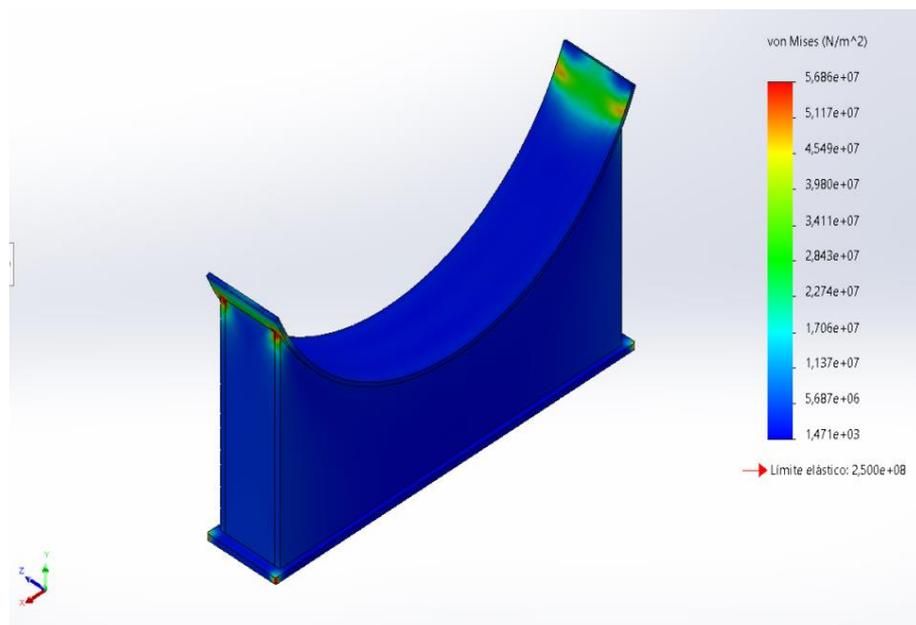


Figura 3.8 Análisis de tensión de los apoyos.

[Fuente: Elaboración propia].

La deformación máxima que experimentó el apoyo fue de aproximadamente 0.2 mm, como lo podemos observar en la figura 3.9. Se concluye que el apoyo seleccionado para resistir el peso del tanque de almacenamiento y del fluido interior, cumple con los requerimientos de seguridad para que el tanque de almacenamiento no sufra una caída ante un posible fallo del apoyo.

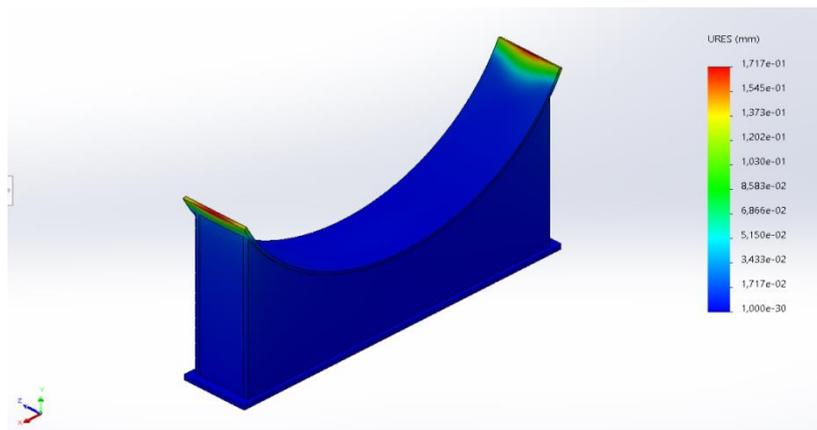


Figura 3.9 Deformación de los apoyos.
[Fuente: Elaboración propia].

3.1.4 Dimensionamiento orejas de izaje

La selección de la oreja de izaje para el tanque de almacenamiento fue mediante la utilización de la figura 2.15 descrita en el capítulo 2, que según la norma API 650 las dimensiones de la oreja de izaje varía dependiendo de la carga que vaya a soportar. En la figura 3.10 podemos observar la oreja de izaje con sus dimensiones, las cuales son para una carga máxima de 2000 kg.

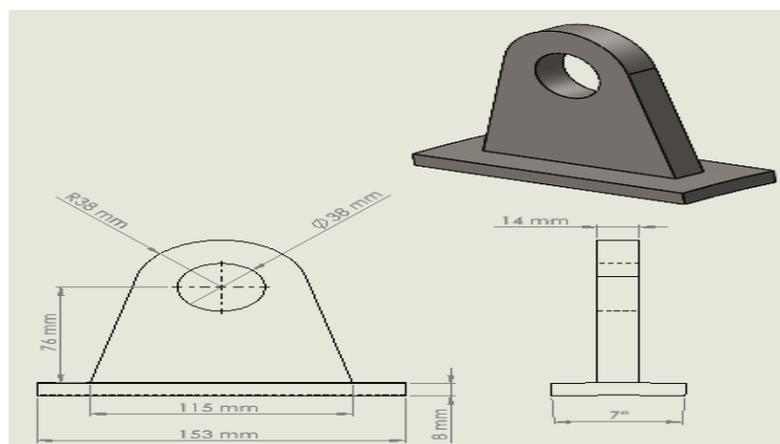


Figura 3.10 Dimensiones de la oreja de izaje.
[Fuente: Elaboración propia].

Se realizó un análisis de esfuerzo mediante la utilización de un software para corroborar que la oreja de izaje esta correctamente dimensionada. En la figura 3.11 podemos observar que el esfuerzo máximo que experimenta la oreja de izaje es de 11[Mpa] aproximadamente, el cual está muy por debajo del esfuerzo de fluencia del material que es de 250 [Mpa]. Por lo tanto, se puede concluir que las dimensiones de la oreja de izaje son adecuadas, y que proporciona un alto grado de confiabilidad al momento de transportar el tanque de un lugar a otro. La deformación máxima que experimenta la oreja de izaje es de aproximadamente 0.003 [mm], como lo podemos observar en la figura 3.12.

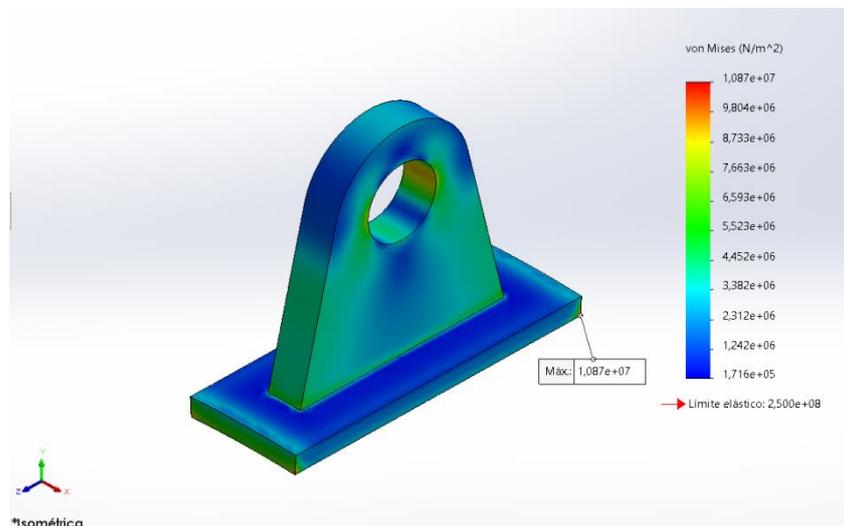


Figura 3.11 Análisis de tensión oreja de izaje.
[Fuente: Elaboración propia].

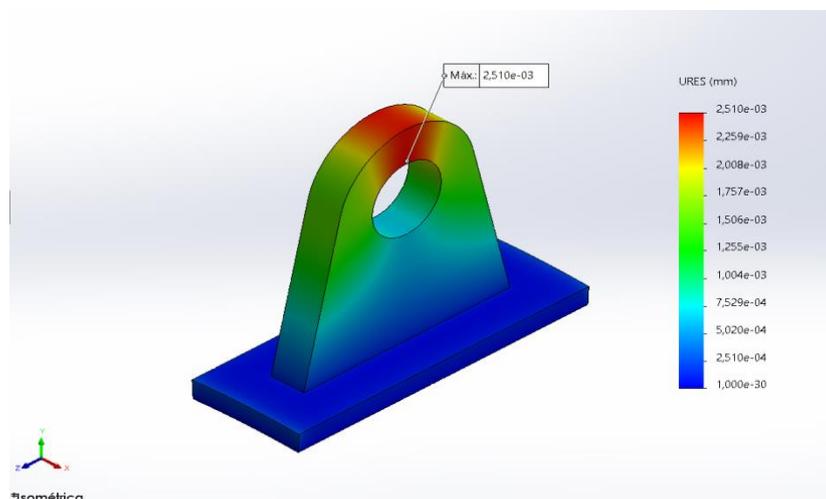


Figura 3.12 Deformación de las orejas de izaje.
[Fuente: Elaboración propia].

3.1.5 Diseño de las boquillas

Se efectuó el diseño de las boquillas y se obtuvieron las dimensiones del espesor de pared de la boquilla y del refuerzo, como podemos observar en la figura 3.13. El diámetro interior de 23.21 mm fue utilizado en base a la información de un catálogo de TEESING sobre la dimensión de la rosca NPT hembra de $\frac{3}{4}$ ", en el apéndice B mostramos el catálogo. La altura de 44 mm se la calculó en base al espesor de pared y radio interior de la boquilla, además se comprobó que los esfuerzos membranales no superen la resistencia del acero ASTM A36, como se muestra en el apéndice A. Inicialmente se trabajó con una boquilla sin refuerzo de espesor de 8mm, pero falló debido al elevado concentrador de esfuerzo que se produce en la intersección de la pared de la boquilla con el tanque. Posteriormente, se colocó un refuerzo de almohadilla en la boquilla sin cambiar el espesor, con lo cual el material no falló.

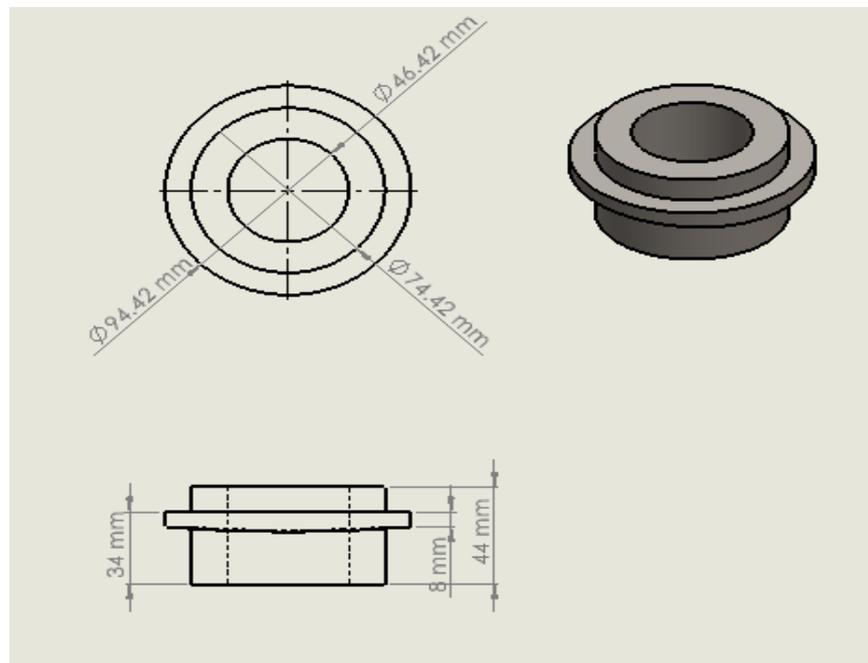


Figura 3.13 Dimensiones de la boquilla $\frac{3}{4}$ NPT.

[Fuente: Elaboración propia].

Las dimensiones de la boquilla $1 \frac{1}{4}$ " se muestran en la figura 3.4. Se diseñó siguiendo el mismo proceso descrito anteriormente, pero con un diámetro interior de 37,87 mm según TEESING.

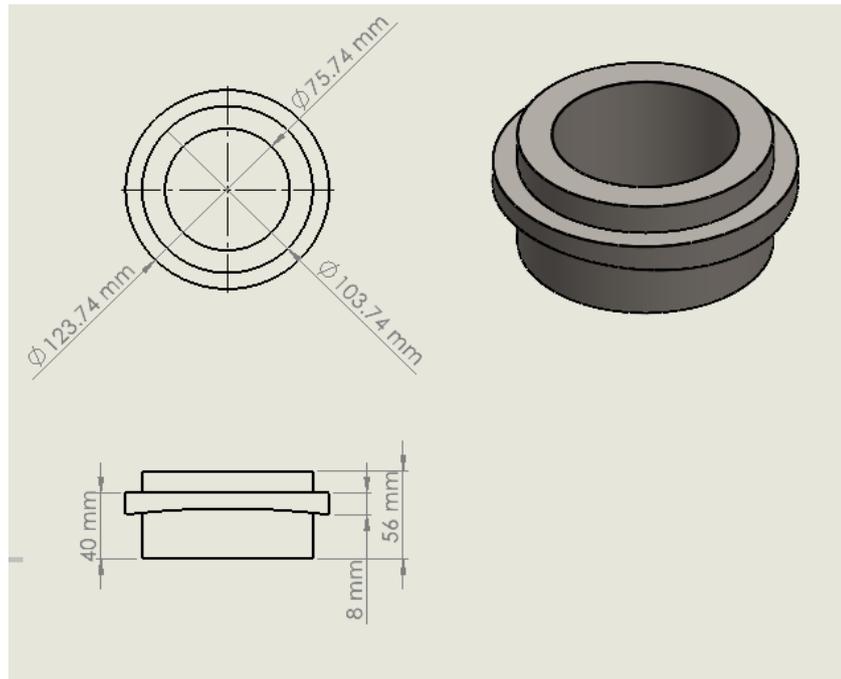


Figura 3.14 Dimensiones de la boquilla 1 ¼ NPT.
 [Fuente: Elaboración propia].

3.2 Simulación de flujo

3.2.1 Análisis del flujo en la tubería de media presión perteneciente a la línea secundaria

Se realizó la simulación del fluido en la tubería de media presión de 3/4" que conecta el tanque con las demás tuberías en el armario de contadores. En la figura 3.15 se muestra la distribución de presión absoluta a lo largo de toda la trayectoria.

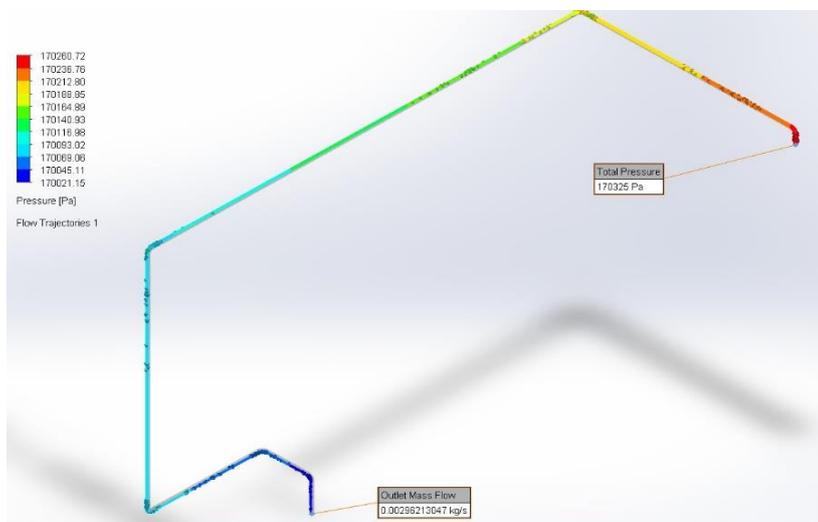


Figura 3.15 Distribución de presión en la tubería de media presión. [Fuente: Elaboración propia].

En la figura 3.16 observamos el leve cambio de presión que experimentó el fluido a la entrada de la tubería, teóricamente la presión absoluta de entrada debió ser de 170325 [Pa] ajustada por el regulador de segunda etapa, sin embargo, se muestra en la simulación una presión absoluta de 170260 [Pa] que disminuyó a 170236 [Pa] aproximadamente debido a la pérdida causada por el codo.

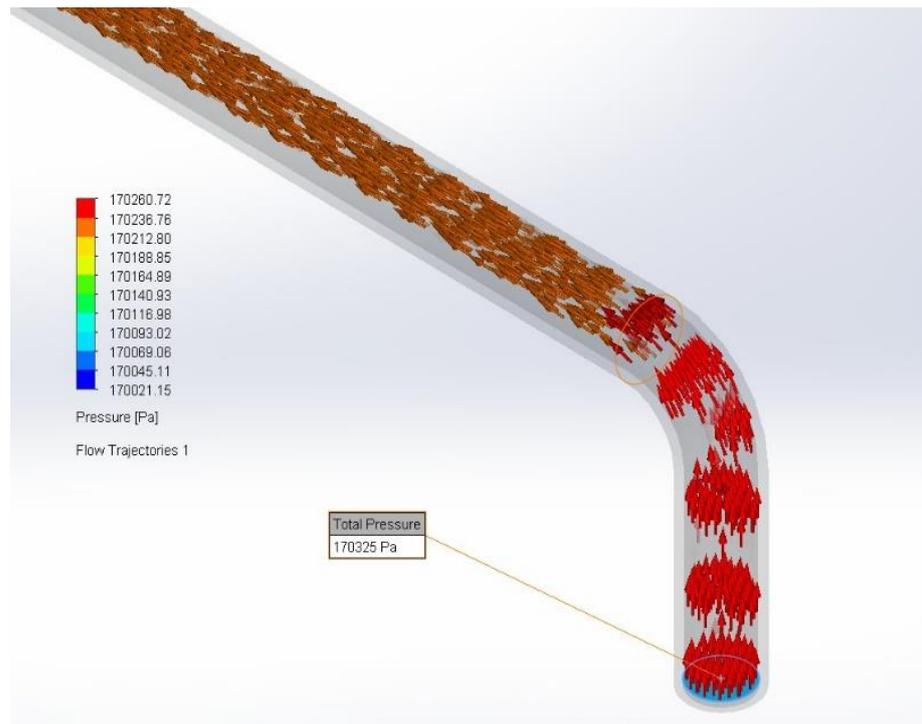


Figura 3.16 Presión de entrada en la tubería media.
[Fuente: Elaboración propia].

En la figura 3.17 se observa el cambio de presión que experimentó el fluido a la salida de la tubería. En la simulación se obtuvo una presión de 170047 [Pa], este resultado se aproxima al valor teórico obtenido de 170140 [Pa]. En cuanto a la caída de presión, ambos valores no superan el 10% de caída de presión permisible como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Resultados de máxima caída de presión.
[Fuente: Elaboración propia].

	Caída de presión [%]
Simulación	0.14
Teórico	0.10

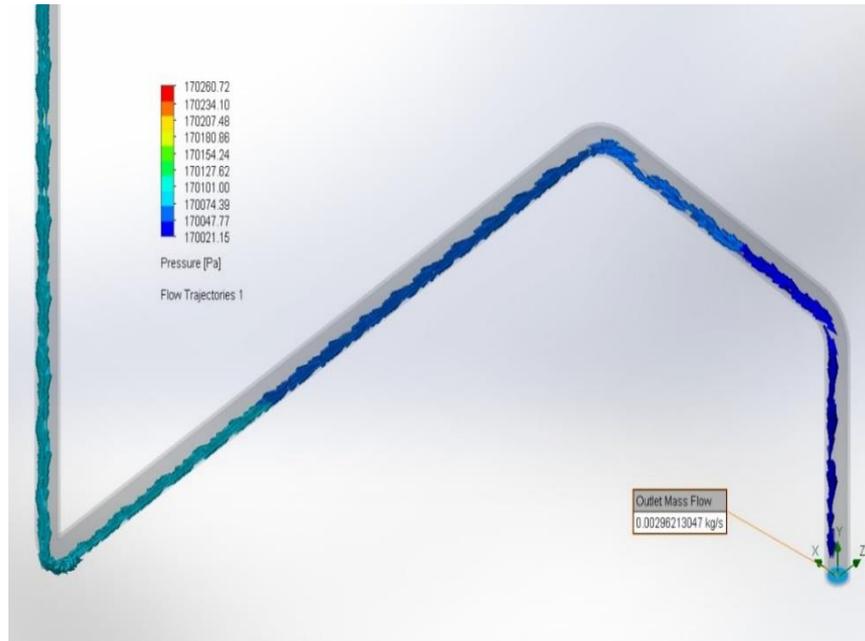


Figura 3.17 Presión de salida en la tubería de media presión. [Fuente: Elaboración propia].

En la figura 3.18 se muestran los cambios de velocidad del fluido a lo largo de la tubería de media presión. Se observó que la velocidad disminuyó en los codos por la pérdida de energía causada por el cambio de dirección del flujo.

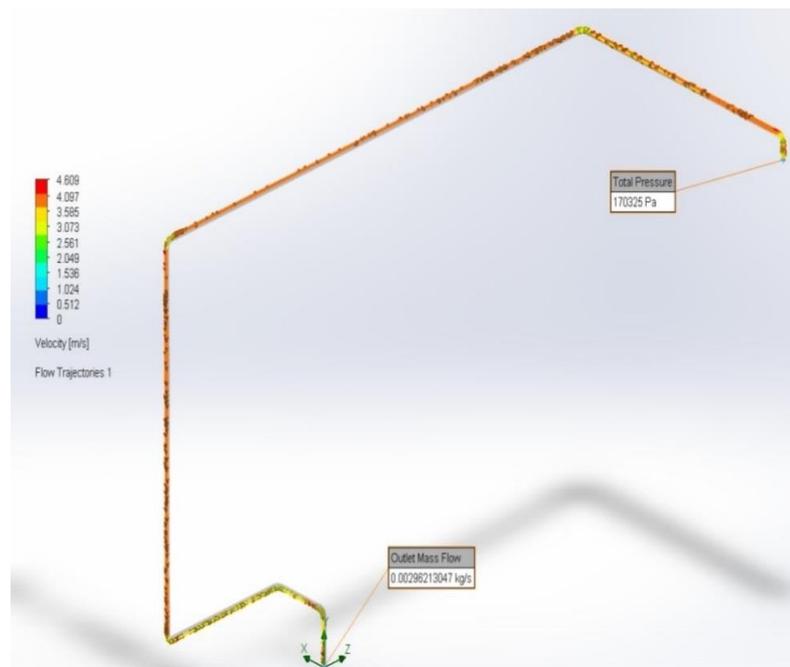


Figura 3.18 Distribución de la velocidad en la tubería de media presión. [Fuente: Elaboración propia].

En la figura 3.19 y 3.20 se observa que la velocidad de entrada y salida fue de 3.58 [m/s] aproximadamente, además se presentó una velocidad mínima en los codos de 2.56 [m/s] y una velocidad máxima en la trayectoria recta de la tubería de 4.10 [m/s], este valor coincidió con el valor teórico calculado como se muestra en la tabla 3.1 correspondiente al tramo A-B.

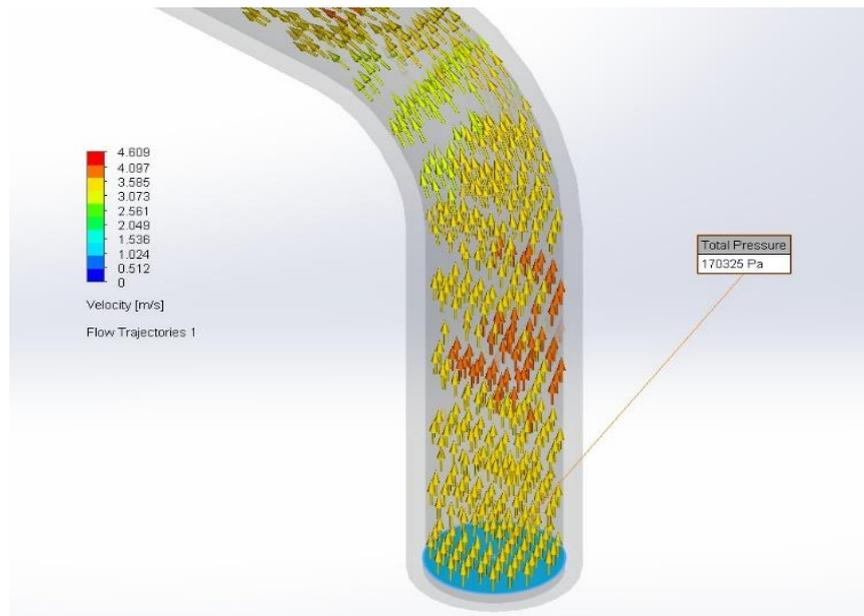


Figura 3.19 Velocidad de entrada tubería de media presión. [Fuente: Elaboración propia].

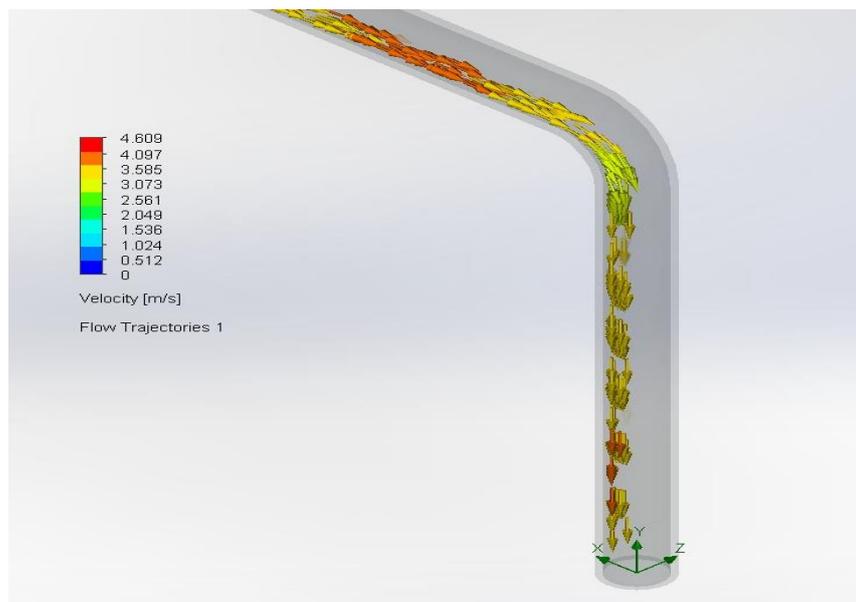


Figura 3.20 Velocidad de salida tubería media presión. [Fuente: Elaboración propia].

3.2.2 Análisis del flujo en la tubería de baja presión perteneciente a la línea individual

Se realizó una simulación del fluido en la tubería de baja presión perteneciente a la primera unidad familiar dado que representa la trayectoria más larga y por ende más desfavorable. En la figura 3.21 se observa la distribución de la presión absoluta obtenida a lo largo de toda la tubería. Se obtuvo una presión mínima de 104945 [Pa] en el tramo horizontal más extenso. Este valor no supera el 5% de caída de presión permisible.

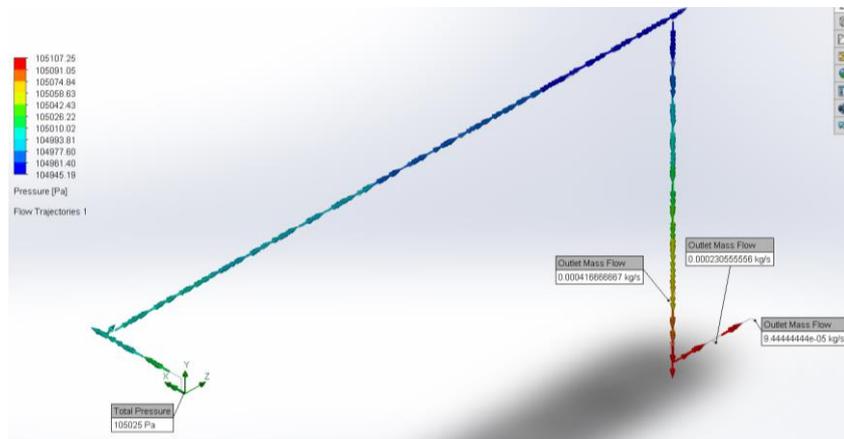


Figura 3.21 Distribución de presión en la tubería de baja presión. [Fuente: Elaboración propia].

En la figura 3.22 se muestran las líneas de presión a la entrada de la tubería. Se trabajó con una presión de 105025 [Pa] como condición de entrada. Se observó líneas de presión uniforme y sin turbulencia dado que el número de Reynolds es 13401, menor a 2×10^6 .

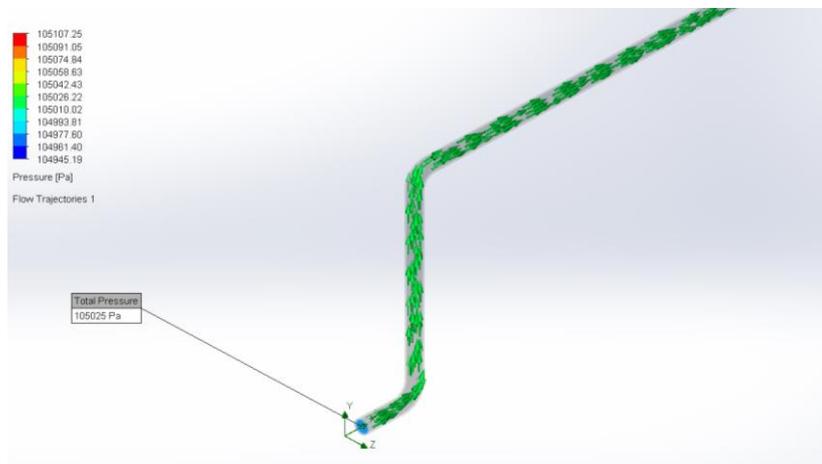


Figura 3.22 Presión del fluido a la entrada de la tubería. [Fuente: Elaboración propia].

En la figura 3.23 se muestran las líneas de presión a la salida de la tubería. Se ingresó como condición de salida el consumo nominal de cada equipo mostrado en la tabla 2.4. En la simulación se observó que la presión aumento de 104961 [Pa] a 105107 [Pa] debido a la presión hidrostática en el trayecto vertical.

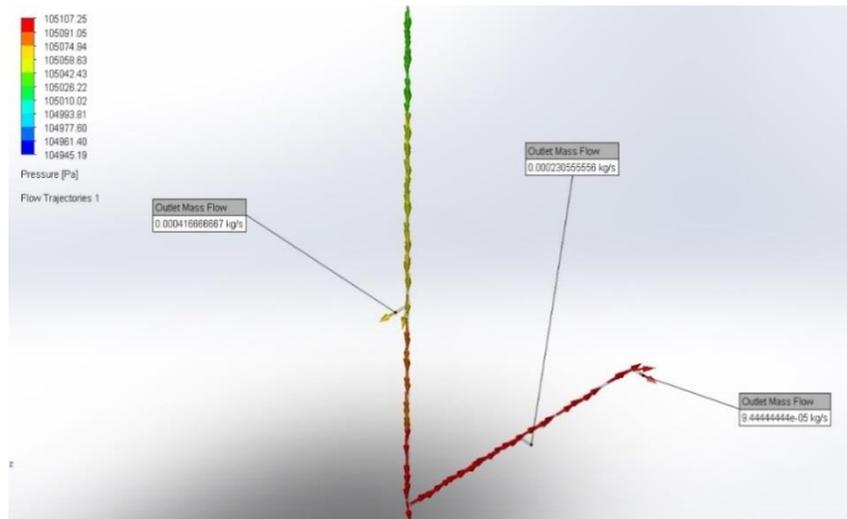


Figura 3.23 Presión del fluido a la salida de la tubería
[Fuente: Elaboración propia].

En la figura 3.24 se muestra la velocidad del fluido en la tubería de baja presión. La velocidad varia de 0.185 [m/s] a 1.85 [m/s]. El rango de velocidad está dentro de la velocidad admisible, cuyo valor es de 10 [m/s]. por otra parte, se observó un aumento de la velocidad en el trayecto vertical y una disminución en los codos.

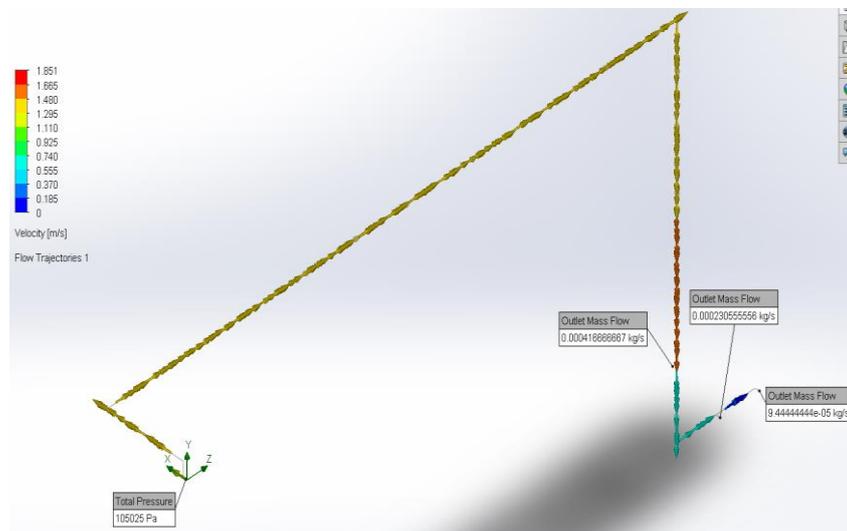


Figura 3.24 Distribución de la velocidad en la tubería de baja presión. [Fuente: Elaboración propia].

En la figura 3.25 se muestra la velocidad de entrada, cuyo valor es alrededor de 1.29 [m/s]. Se observó que en los codos la velocidad disminuía a 1.12 [m/s] debido a la resistencia al flujo que genera este accesorio.

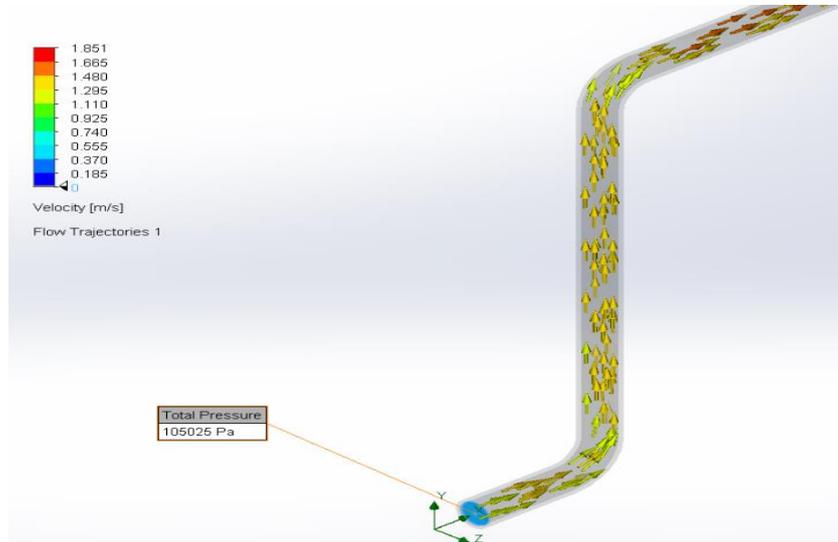


Figura 3.25 Velocidad de entrada tubería baja presión
[Fuente: Elaboración propia].

En la figura 3.26 y 3.27 se muestran la velocidad de salida hacia los aparatos de consumo. La velocidad de salida hacia el calefón resultó estar entre 0.74 [m/s] y 0.92 [m/s]. La velocidad de salida hacia la cocina resultó de 0.56 [m/s] y hacia la secadora de 0.18 [m/s]. Estos resultados nos indican que el transporte del gas por la tubería será sin ruidos dado que las velocidades son menores a la velocidad admisible.

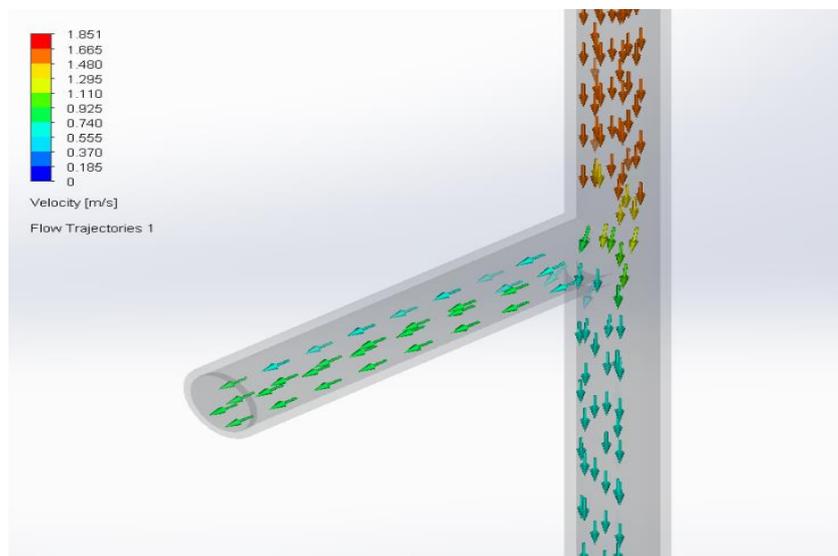


Figura 3.26 Velocidad de salida hacia el calefón
[Fuente: Elaboración propia].

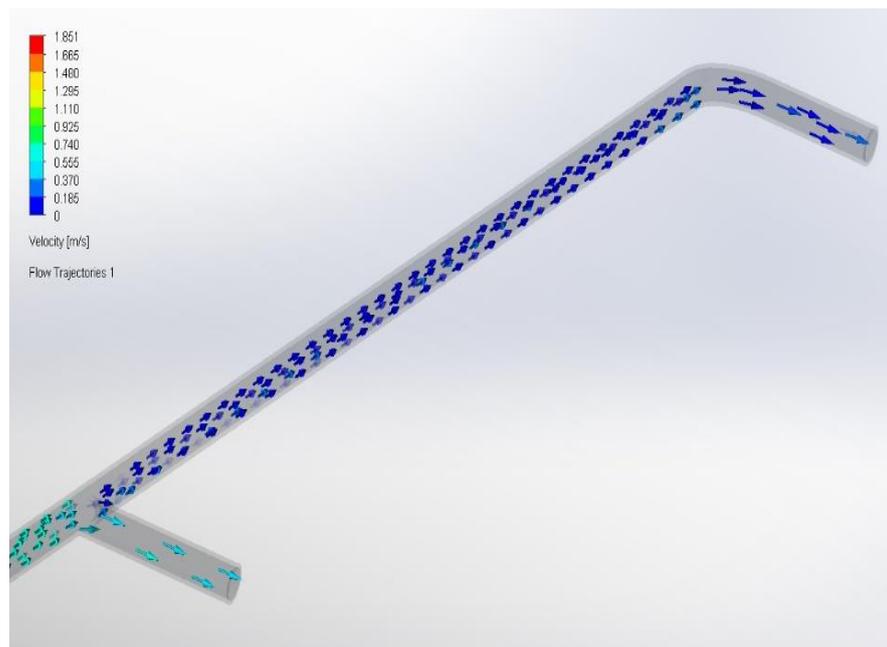


Figura 3.27 Velocidad de salida hacia la cocina y secadora. [Fuente: Elaboración propia].

En la tabla 3.3 se muestran los resultados de las condiciones de Renouard que se deben de cumplir para seleccionar el diámetro interior de las tuberías. El tramo A-B corresponde a la tubería que une el tanque con el armario de contadores. La presión de operación de este tramo fue de 0.69 [bar], por lo tanto, se trabajó con la fórmula y las condiciones de Renouard para media presión a diferencia de los demás tramos correspondientes a cada unidad familiar donde la presión de operación fue de 0.037 [bar] y se trabajó con las condiciones para baja presión.

Tabla 3.3 Resultados obtenidos de diámetro interior de las tuberías. [Fuente: Elaboración propia].

Tramo	Diámetro interior	Presión de salida	Caída de presión	Funcionalidad		
	[mm]	Para media presión: [bar] Para baja presión: [mm.c.a.]	%	Q/D <150	U<20 para media presión U<10 para baja presión	Reynolds <2X10 ⁶
A-B	20,96	1,7015	0,10	0,24	4,10	13401
B-C	20,96	10496,43	0,06	0,06	1,02	3350
B-D	20,96	10497,93	0,04	0,06	1,02	3350
B-E	20,96	10494,96	0,07	0,06	1,02	3350
B-F	20,96	10492,09	0,10	0,06	1,02	3350

3.3 Armario de contadores

En la figura 3.28 se muestran las dimensiones del armario de contadores. Se construyó con una plancha de acero galvanizado de 0.35 mm de espesor. Las especificaciones generales de la plancha se muestran en la figura B.3.

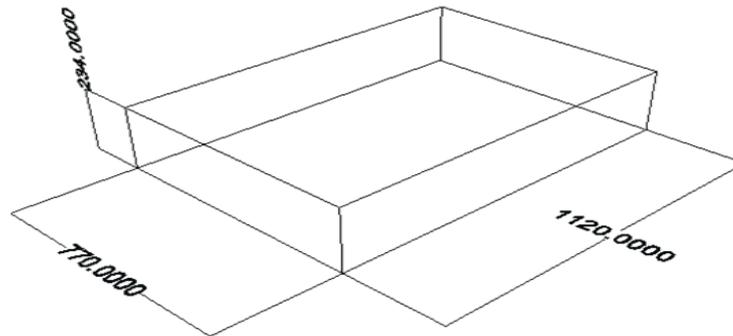


Figura 3.28 Dimensión del armario [mm]

[Fuente: Elaboración propia].

3.4 Análisis de costos

A continuación, en la tabla 3.4 se muestran los materiales y accesorios para la construcción de la central de alimentación de GLP para las cuatro unidades familiares.

Tabla 3.4 Costo de materiales y accesorios

[Fuente: Elaboración propia].

Accesorios y materiales para la instalación	unidad	cantidad	costo unitario	costo total
Regulador de alta presión tipo 988 HP de primera etapa	u	1	\$ 56,16	\$ 56,16
Limitador de presión de 1,75 bar	u	1	\$ 39,97	\$ 39,97
Regulador de media presión con seguridad UPSO/OPSO tipo 998 de segunda etapa	u	4	\$ 20,52	\$ 82,08
Tubería sin costura ASTM A 53 GRB de 3/4 cedula 40	m	126	\$ 2,81	\$ 354,06
Tubería sin costura ASTM A 53 GRB 1 1/2 cedula 40	m	55	\$ 4,81	\$ 264,55
Medidor LAO G4	u	4	\$ 45,00	\$ 180,00
Plancha de acero galvanizado de espesor 0,35 mm (4 pies x 8 pies)	u	1	\$ 15,06	\$ 15,06
Válvula de llenado combinada SFL7647 1 1/4" NPT	u	1	\$ 67,00	\$ 67,00
Multivalvula 7556R 3/4" NPT	u	1	\$ 120,00	\$ 120,00
Válvula Chek-Lok de drenaje con tubo 7590U 3/4" NPT	u	1	\$ 32,00	\$ 32,00
Adaptador 7590U-10	u	1	\$ 20,68	\$ 20,68
Válvula de purga y extracción de líquido	u	1	\$ 67,91	\$ 67,91
Válvula de seguridad RS3131+CD31 1 1/4" NPT	u	1	\$ 105,68	\$ 105,68

Codo 90 grados 3/4" SCH 40 ASTM A234 WPB ASME B16.9	u	37	\$ 2,66	\$ 98,42
TEE 3/4" SCH 40 ASTM A234 WPB ASME B16.9	u	11	\$ 2,05	\$ 22,55
Válvula de corte 3/4"	u	27	\$ 6,00	\$ 162,00
Acople manguera 3/4"x 1/2"	u	12	\$ 1,65	\$ 19,80
Manguera flexible para GLP 1/2"	m	12	\$ 1,10	\$ 13,20
Boca de carga 1 1/2"	u	1	\$ 678,78	\$ 678,78
Abrazadera para tubería de fijación	u	168	\$ 0,60	\$ 100,80
Abrazadera para tubería flexible	u	24	\$ 0,56	\$ 13,44
Manómetro 0-300 psi 1/4 NPT	u	5	\$ 11,20	\$ 56,00
Total				\$ 2.570,14

La estimación del costo para construcción del tanque, transporte e instalación de todo el sistema se muestra a continuación en la tabla 3.5. El costo de construcción para el tanque con sus respectivas certificaciones que avalan su diseño fue cotizado en el mercado local y se obtuvo un precio de \$4.473,5. Se consideró el costo que genera el transporte del tanque, los materiales y accesorios mediante una grúa pluma y el costo aproximado es de \$600,00. La instalación estará a cargo de un técnico de gas y cuatro ayudantes, donde el tiempo estimado para culminar la instalación es de 80 horas y el costo por mano de obra es de \$1.400,00. Finalmente se consideró un 5% como costo por el diseño, con lo cual obtuvimos un costo total del proyecto de \$9.495,82.

Tabla 3.5 Costo del proyecto

[Fuente: Elaboración propia].

Costos	Total
Accesorios y materiales	\$ 2.570,14
Fabricación del tanque	\$ 4.473,50
Transporte	\$ 600,00
Mano de obra instalación	\$ 1.400,00
Subtotal	\$ 9.043,64
Costo de diseño (5%)	\$ 452,18
Total	\$9.495,82

En el apéndice A se muestra un análisis del tiempo de retorno de la inversión. Se comparó el uso de cilindros de GLP de 15 kg con nuestra central de alimentación de GLP dado el problema del remanente que queda en los cilindros y por el cual el cliente paga sin ser consumido. Se obtuvo un ahorro de \$37,30 mensuales lo cual pagaría la inversión inicial de nuestro proyecto en 251 meses.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se diseñó un sistema de alimentación centralizado de GLP para una vivienda multifamiliar, siguiendo la NTE INEN 2260 que rige el uso de GLP para el sector residencial. El sistema abastecerá continuamente de GLP a la vivienda durante el lapso de 1 mes, por lo cual se eliminó el riesgo que causaba el transporte inadecuado de cilindros de 15 kg y además de lograr que el usuario pague por lo que consume de GLP al mes.
- La selección de la tubería de acero sin costura ASTM A 53 de diámetro interior 3/4" permitirá distribuir el combustible por toda la vivienda de manera segura y eficiente. La velocidad con la que se trabajó asegurará una conducción libre de ruido y turbulencia. Al mismo tiempo con una caída de presión permisible se garantizará una correcta alimentación de GLP a cada aparato de consumo.
- El costo final del presente proyecto fue contrastado con el costo por el servicio que prestan empresas del medio local que están dedicadas a la instalación de sistemas centralizados de GLP, cuyo valor ronda los \$11.000,00 aproximadamente. El usuario interesado en el presente proyecto tendrá un ahorro aproximado del 14% con respecto al costo que facturan las empresas dedicadas a brindar este servicio. Tener un costo ligeramente menor a las demás empresas, pero sin dejar de garantizar la seguridad que conlleva este tipo de instalaciones, es un factor influyente para que el usuario se decline por nuestra propuesta.

4.2 Recomendaciones

- Para la construcción de las partes que intervienen en la instalación se debe utilizar materiales que cumplan con las normas internacionales tales como ASTM, DIN, AISI, JIS. Trabajar con materiales homologados por estas normas le darán al sistema confiabilidad y disminuirán los riesgos de fallas por fluencia en el material.

- Para el diseño y construcción del tanque de almacenamiento se recomienda hacer uso del acero ASTM A516 el cual tiene un esfuerzo de fluencia, pero a nivel local no se tiene a disposición este material por lo cual se debería realizar una importación. El uso de este material traería como resultado la disminución del peso del tanque y el espesor de pared sería menor lo que con lleva a tener un proceso de construcción menos tedioso.
- Socializar el uso de este tipo de instalaciones a los ciudadanos y mencionarles los beneficios que traen tanto en el aspecto de salud y lo económico. Debido que al realizar un convenio directo y sin intermediarios con la distribuidora de GLP, se evita la especulación de precio y paga por el consumo de exacto de GLP. Para una vivienda multifamiliar que consta de 4 departamentos el ahorro estaría bordeando los 38 dólares mensuales, si el consumo de GLP es similar al que se tiene en el presente proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- 2260, N. I. (2010). *Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos*. Quito.
- 650, A. S. (2017). *Welded Tanks for Oil Storage*. Washington, D.C.: API Publishing Services.
- APQ, S. (2020). *Contadores de Membrana*. Obtenido de https://www.construmatica.com/archivos/27943/listado_de_capitulos/capitulo_10/contadores_de_gas_de_membrana/contadores_gas_de_membrana.pdf
- Becco, J. L. (1992). *Los G.L.P. Los gases licuados del petróleo*. Madrid: Repsol-Butano.
- Cango, A. J. (2018). *Detección de fugas de GLP mediante modelos paramétricos*. Quito: Escuela Politécnica Nacional .
- Code, A. B. (2013). *Rules for Construction of Pressure Vessels Sections VIII Division 1*. New York.
- DIPAC. (2016). *Tubería sin costura cédula 40*. Obtenido de <http://www.dipacmanta.com/tuberia-sin-costura/tubo-cedula-40>
- Fonseca, V. J. (2001). *Diseño, e inspección de recipientes a presión y ficha técnica*. CARTAGO: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Group, C. (2016). *Reguladores, Válvulas y Equipo para GLP*. Obtenido de <http://www.tigas.com.co/newsite/wp-content/uploads/2019/05/Cavagna-Group-GLP-2016.pdf>
- IMOPAC. (s.f.). *ADAPTADORES ROSCADOS Standard fittings*. Obtenido de <https://rodavigo.net/datos/articulos/062/adaptador-roscado-serie-ad-imopac.pdf>
- lapesa. (2020). *Depósitos para GLP*. Zaragoza .
- Lesspiro. (s.f.). *Extintor Portatil*. Obtenido de <https://www.lesspiro.com/documentos/extintoresllenos/819-LES009PQS.pdf>
- Mosquera, S. C. (2015). *“Estudio del diseño para la construcción de un tanque aéreo normado para almacenamiento de GLP líquido de 8m³ de capacidad*. Guayaquil : Escuela Superior Politécnica del litoral.

MultiAceros. (2014). *FITTINGS ACERO CARBONO*. Obtenido de https://multiaceros.cl/acero/wp-content/uploads/2014/08/fittings_acero_carbono.pdf

Nápoles, O. M. (1952). *Produccion y distribucion de gas licuado de petroleo*. México .

PEGLER. (2020). *Chromium plated brass full bore ball valve*. Obtenido de https://www.peglerYorkshire.co.uk/EN/Brands/Pegler/Ball_Valves/Threaded_Ball_valves/product/PB700_Chromium_Plated_Brass_Full_Bore_Ball_Valve_Yellow_Lever_Handle_PN40

PRIMAGAS. (Septiembre de 2018). *PRIMAGAS COMERCIALIZACIÓN*. Obtenido de http://primagascomercializacion.es/files/colaboradores/info_tecnica.pdf

REGO. (s.f.). *Catálogo L-102SV Equipos de Gas LP & Amoniaco Anhidro*. Obtenido de <http://www.regoproducts.com/PDFs/L-102SV.pdf>

Sopeña, J. E. (2001). Manual de Instalaciones de GLP. *CEPSA*.

TEESING. (Agosto de 2015). *Types of thread*. Obtenido de <https://www.teeing.com/files/en/brochures/Teeing-type-of-thread.pdf>

APÉNDICES

APÉNDICE A: CÁLCULOS DEMOSTRATIVOS

Caudal individual de simultaneidad

Se realizó un cálculo demostrativo del caudal individual de simultaneidad para una unidad familiar donde se hará uso de la ecuación 2.1. De la tabla 2.4 se obtiene los caudales nominales de los aparatos que se consideran serán alimentados de GLP en la vivienda teniendo los siguientes datos:

Tabla A1. Caudales nominales equipos

Equipos	Caudal [kg/h]
Cocina con horno	0.83
Calefón 10 l/min	1.50
Secadora	0.34
Consumo total nominal	2.67

Reemplazando los caudales en la ecuación 2.1 tenemos:

$$Q_{si} = 1,50 + 0,83 + \frac{0,34}{2}$$
$$Q_{si} = 2.4 \text{ [Kg/h]}$$

Caudal de simultaneidad de la instalación de GLP

Se realiza el cálculo del caudal de simultaneidad de la instalación mediante el uso de la ecuación 2.2. Se tiene que el factor de simultaneidad es de 0,40 y el factor de uso 0,3.

$$Q_{sc} = 4 * 2.4 * 0.4 * 0.3$$
$$Q_{sc} = 1.13 \text{ [Kg/h]}$$

Vaporización requerida

Para el cálculo de la vaporización requerida para que cubra la demanda de las 4 unidades familiares, se hará uso de la ecuación 2.3.

$$Q = a . s . k \frac{(T_e - T_i)}{q}$$

Donde el caudal de vaporización requerida Q debe ser igual al Q_{sc} para de esta forma poder cubrir la demanda de la instalación. Por lo cual tenemos que calcular la superficie de vaporización del depósito S necesaria para cubrir con la demanda, entonces:

$$s = \frac{1.13 * 94}{0.336 * 12 * (20 - (-20))}$$

$$s = 0.7 \text{ m}^2$$

Volumen total del tanque de almacenamiento

Para el cálculo del volumen del tanque de almacenamiento necesario para la instalación, es necesario conocer la capacidad útil de almacenamiento mediante la ecuación 2.4. Donde como ya se mencionó los días de autonomía A son 28 y debemos considerar una estimación de las horas de funcionamiento y el número de los equipos por unidad familiar que se detallan en la tabla A2 y tabla A3, entonces tenemos que:

Tabla A2. Horas de funcionamiento

aparato	horas de funcionamiento
cocina	1.5
calefón	1
Secador	0.5

Tabla A3. Cantidad de equipos

Equipo	Cantidad
Cocina	1
calefón	1
Secador	1

$$C_u = 4 * [28 * ((1.5 * 1 * 0.83) + (1 * 1 * 1.50) + (0.5 * 1 * 0.34))]$$

$$C_u = 326.3 \text{ [Kg]}$$

Una vez obtenido la capacidad útil de almacenamiento tenemos que el volumen del tanque de almacenamiento viene dado por la ecuación 2.5

$$V_{tanque} = \frac{326.3 \text{ [kg]}}{331.5 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}$$

$$V_{tanque} = 0.98 \text{ [m}^3\text{]}$$

Espesor del cilindro

Se realizó el cálculo del espesor requerido en la sección cilíndrica del tanque de almacenamiento mediante el uso de la ecuación 2.6 descrita en la sección 2.4.1.

$$e_{cilindro} = \frac{P R}{(S E) - 0.6P}$$

Donde:

$$P: 1.73 [Mpa]$$

$$R: 0.5 [m]$$

$$S: 114 [Mpa]$$

$$E: 1$$

$$e_{cilindro} = \frac{1.73 \times 0.50}{(114 \times 1) - (0.60 \times 1.73)}$$

$$e_{cilindro} = 0.00765 [m]$$

$$e_{cilindro} = 7.65 + 0.016$$

$$e_{cilindro} = 7.67 [mm]$$

Espesor del casquete

Se realizó el cálculo del espesor requerido para el casquete del tanque de almacenamiento mediante el uso de la ecuación 2.8 descrita en la sección 2.4.1.

$$e = \frac{P D}{2SE - 0.2P}$$

Donde:

$$P: 1.73 [Mpa]$$

$$R: 1 [m]$$

$$S: 114 [Mpa]$$

$$E: 1$$

$$e = \frac{1.73 \times 1}{(2 \times 114 \times 1) - (0.20 \times 1.73)}$$

$$e = 0.00759 [m]$$

$$e_{cilindro} = 7.59 + 0.016$$

$$e_{cilindro} = 7.61$$

Calculo peso del cilindro

Para el cálculo del peso de la sección cilíndrica del tanque de almacenamiento se hizo uso de la ecuación 2.9 y 2.10 que fueron descritas en la sección 2.4.1.

$$V_{cilindro} = \frac{\pi(D_{exterior}^2 - D_{interior}^2)L_{cilindro}}{4}$$

Dónde:

$$D_{exterior}: 1 [m]$$

$$D_{interior}: 0.984 [m]$$

$$L_{cilindro}: 0.978[m]$$

$$V_{cilindro} = \frac{\pi(1^2 - 0.984^2)0.978}{4}$$

$$V_{cilindro} = 0.0244 m^3$$

Entonces:

$$W_{cilindro} = \rho_{material} \times V_{cilindro}$$

Dónde:

$$\rho_{material}: 7850 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$W_{cilindro} = 7850 \times 0.0244$$

$$W_{cilindro} = 191.41 [kg]$$

Calculo peso del casquete

El cálculo para el peso del casquete del tanque de almacenamiento se hizo uso de la ecuación 2.11 que fue descrita en la sección 2.4.1.

$$W_{casquetes} = 2 \left[\rho_{material} \times \left((0.08089 \times D_{exterior}^3) - (0.08089 \times D_{interior}^3) \right) \right]$$

$$W_{casquetes} = 2 \left[7850 \times \left((0.08089 \times 1^3) - (0.08089 \times 0.984^3) \right) \right]$$

$$W_{casquetes} = 59.98 [kg]$$

Cálculo peso del tanque de almacenamiento

El cálculo para el peso del tanque de almacenamiento se hizo uso de la ecuación 2.12 que fue descrita en la sección 2.4.1.

$$W_{tanque} = W_{cilindro} + W_{casquete} + (0,85 V_{tanque} \times \rho_{GLP})$$

Dónde:

$$V_{tanque}: 1[m^3]$$

$$\rho_{GLP}: 510 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$W_{tanque} = 191.41 + 59.98 + (0,85 \times 1 \times 510)$$

$$W_{tanque} = 684.90 [kg]$$

Cálculo de los esfuerzos en los soportes

Esfuerzo longitudinal por flexión

Para el cálculo del esfuerzo longitudinal de flexión que se presenta en los soportes se hizo uso de la ecuación 2.13 descrita en la sección 2.4.1.

$$\sigma_{flexion} = \frac{Q \times A \times \left[1 - \frac{1 - \frac{A}{L_{cilindro}} + \frac{R^2 - h^2}{2 A L_{cilindro}}}{1 + \frac{4 h}{3 L_{cilindro}}} \right]}{K_1 R^2 e}$$

Dónde:

Q : 342.43 [kg]

A : 0.195 [m]

$L_{cilindro}$: 0.978 [m]

R : 0.500 [m]

h : 0.246 [m]

K_1 : 0.335

e : 0.008 [m]

$$\sigma_{flexion} = \frac{342.43 \times 0.195 \times \left[1 - \frac{1 - \frac{0.195}{0.978} + \frac{0.500^2 - 0.246^2}{2 \times 0.195 \times 0.978}}{1 + \frac{4 \times 0.246}{3 \times 0.978}} \right]}{0.335 \times 0.500^2 \times 0.008}$$

$$\sigma_{flexion} = 2834.47 [pa]$$

Para el cálculo del esfuerzo longitudinal por flexión que se presenta en el centro del tanque de almacenamiento se hizo uso de la ecuación 2.14 descrita en la sección 2.4.1.

$$\sigma_{flexion}' = \frac{\frac{Q \times L_{cilindro}}{4} \times \left[\frac{1 + \frac{2(R^2 - h^2)}{L_{cilindro}^2}}{1 + \frac{4 h}{3 L_{cilindro}}} + \frac{4 A}{L_{cilindro}} \right]}{\pi R^2 e}$$

$$\sigma_{flexion}' = \frac{\frac{342.43 \times 0.978}{4} \times \left[\frac{1 + \frac{2(0.500^2 - 0.246^2)}{0.978^2}}{1 + \frac{4 \times 0.246}{3 \times 0.978}} + \frac{4 \times 0.195}{0.978} \right]}{\pi \times 0.500^2 \times 0.008}$$

$$\sigma_{flexion}' = 24559.50 [pa]$$

Para que el tanque soporte estos esfuerzos longitudinales por flexión se debe cumplir la siguiente desigualdad

$$(\sigma_{flexion} + \sigma_{flexion}') + \frac{P \times R}{2 e} \leq S \times E$$

$$(2834.47 + 24559.50) + \frac{(1.73 \times 10^6) \times 0.500}{2 \times 0.008} \leq (248 \times 10^6) \times 1$$

$$54.09 [Mpa] \leq 248 [Mpa]$$

Esfuerzo cortante tangencial

Para el cálculo del esfuerzo cortante tangencial que se presenta en los soportes se hizo uso de la ecuación 2.15 descrita en la sección 2.4.1.

$$\tau_{cortante} = \frac{K_2 \times Q}{R \times e}$$

Dónde:

$$K_2: 0.88$$

$$\tau_{cortante} = \frac{0.88 \times 342.43}{0.500 \times 0.008}$$

$$\tau_{cortante} = 75334.60 [pa]$$

Se debe cumplir con la siguiente desigualdad para que el taque de almacenamiento soporte el esfuerzo cortante

$$\tau_{cortante} < 0.8 S$$

$$75334.60 < 0.8 (248 \times 10^6)$$

$$75334.60 < 198.4 \times 10^6$$

El esfuerzo adicional en el casquete del tanque de almacenamiento se lo cálculo mediante la ecuación 2.16 descrita en la sección 2.4.1.

$$\sigma_{adicional} = \frac{K_3 \times Q}{R \times e}$$

Dónde:

$$K_3: 0.401$$

$$\sigma_{adicional} = \frac{0.401 \times 342.43}{0.500 \times 0.008}$$

$$\sigma_{adicional} = 34328.61 [pa]$$

Para que el casquete soporte este esfuerzo adicional se debe cumplir la siguiente desigualdad

$$\sigma_{adicional} + \frac{P \times R}{2 e} \leq 1.25 S$$

$$34328.61 + \frac{(1.73 \times 10^6) \times 0.500}{2 \times 0.008} \leq 1.25 (248 \times 10^6)$$

$$54.09 \times 10^6 \leq 310 \times 10^6$$

Esfuerzo de flexión horizontal

Para el cálculo del esfuerzo de flexión circunferencial que se presenta en los soportes se hizo uso de la ecuación 2.17 descrita en la sección 2.4.1.

$$\sigma_{circunferencial} = \left(-\frac{Q}{4 e x (b + 1.56 \sqrt{R e})} \right) - \left(\frac{12 K_4 Q}{2 e^2} \right)$$

Dónde:

$$K_4 = 0.013$$

$$b = 0.153$$

$$\sigma_{circunferencial} = \left(-\frac{342.43}{4 \times 0.008 \times (0.153 + 1.56 \sqrt{0.500 \times 0.008})} \right) - \left(\frac{12 \times 0.013 \times 342.43}{2 \times 0.008^2} \right)$$

$$\sigma_{circunferencial} = -459857.45 [pa]$$

Se deberá cumplir con la siguiente desigualdad para que el tanque de almacenamiento soporte el esfuerzo circunferencial

$$|\sigma_{circunferencial}| \leq 1.5 S$$

$$|-459857.45| \leq 1.5 (248 \times 10^6)$$

$$459857.45 \leq 372 \times 10^6$$

Para el esfuerzo circunferencial que se presenta en la parte inferior del cuerpo se hizo uso de la ecuación 2.18 descrita en la sección 2.4.1.

$$\sigma_{circunferencial}' = \left(-\frac{Q K_5}{e (b + 1.56 \sqrt{R e})} \right)$$

Dónde:

$$K_5 = 0.760$$

$$\sigma_{circunferencial}' = \left(-\frac{342.43 \times 0.760}{0.008 (0.153 + 1.56 \sqrt{0.500 \times 0.008})} \right)$$

$$\sigma_{circunferencial}' = -129263.51 [pa]$$

Se debe cumplir con la siguiente desigualdad para que se soporte este esfuerzo en la parte inferior del cuerpo.

$$|\sigma_{circunferencial}'| \leq 0.5 S$$

$$|-129263.51| \leq 0.5 (248 \times 10^6)$$

$$129263.51 \leq 124 \times 10^6$$

En el apoyo estará actuando una fuerza horizontal que se la obtuvo mediante la ecuación 2.19.

$$F = K Q$$

Dónde:

$$K = 0.204$$

$$F = 0.204 \times 342.43$$

$$F = 69.85 [N]$$

El área efectiva donde estará aplicada esta fuerza se la obtuvo mediante la ecuación 2.20.

$$A_{apoyo} = \frac{R \times e}{3}$$

$$A_{apoyo} = \frac{0.500 \times 0.008}{3}$$

$$A_{apoyo} = 0.001 [m^2]$$

Finalmente, para que el diseño del apoyo sea el correcto se debe cumplir con la siguiente desigualdad

$$\frac{F}{A_{apoyo}} \leq \frac{2 \times S}{3}$$

$$\frac{69.85}{0.001} \leq \frac{2 \times (24.8 \times 10^6)}{3}$$

$$69850 [pa] \leq 165.33 \times 10^6 [pa]$$

Cálculo de los esfuerzos combinados en el cilindro

Primero se calculan los esfuerzos membranales circunferencial y longitudinal.

$$\sigma_{\theta m} = \frac{(1.73 \times 10^6)(0.984)}{(1)(1 - 0.984)} = 106.4 \times 10^6 [Pa]$$

$$\sigma_{sm} = \frac{1}{(1)} \left(\frac{(1.73 \times 10^6)(0.984)^2}{1^2 - 0.984^2} \right) = 52.8 \times 10^6 [Pa]$$

El esfuerzo cortante es cero debido a que no hay un momento de torsión que actúe en el cilindro.

Luego calculamos los esfuerzos principales.

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 0.5 \left(106.4 \times 10^6 + 52.8 \times 10^6 + \sqrt{(106.4 \times 10^6 - 52.8 \times 10^6)^2 + 4(0)^2} \right) \\ &= 106.4 \times 10^6 \text{ [Pa]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_2 &= 0.5 \left(106.4 \times 10^6 + 52.8 \times 10^6 - \sqrt{(106.4 \times 10^6 - 52.8 \times 10^6)^2 + 4(0)^2} \right) \\ &= 52.8 \times 10^6 \text{ [Pa]}\end{aligned}$$

$$\sigma_3 = -1.73 \times 10^6 - 0.5(1.73 \times 10^6) = 2.6 \times 10^6 \text{ [Pa]}$$

Por último, calculamos el esfuerzo von Mises y comprobamos que sea menor al límite de fluencia del acero A36.

$$\begin{aligned}\sigma_e &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left[(106.4 \times 10^6 - 52.8 \times 10^6)^2 + (52.8 \times 10^6 - 2.6 \times 10^6)^2 \right. \\ &\quad \left. + (2.6 \times 10^6 - 106.4 \times 10^6)^2 \right]^{0.5} = 89.9 \times 10^6 \text{ [Pa]} \\ 89.9 \times 10^6 &\leq 250 \times 10^6\end{aligned}$$

Diseño de las boquillas radiales en el cilindro

A continuación, se muestra el procedimiento para diseñar una boquilla radial sometida a una carga de presión. Primero realizamos el cálculo para la boquilla de diámetro $\frac{3}{4}$ NPT.

- 1) Cálculo del radio efectivo del cilindro.

$$R_{eff} = 0.5(0.984) = 0.492 \text{ [m]}$$

- 2) Cálculo del límite del refuerzo a lo largo de la pared del cilindro.

$$L_R = 2(0.02321) = 0.04642 \text{ [m]}$$

- 3) Cálculo de la longitud de la pared de la boquilla que se proyecta fuera del cilindro.

$$L_H = 0.008 + \sqrt{(0.02321)(0.014)} = 0.026 \text{ [m]}$$

- 4) Cálculo de la longitud de la pared de la boquilla que se proyecta dentro del recipiente.

$$L_I = \sqrt{(0.02321)(0.014)} = 0.018 \text{ [m]}$$

- 5) Cálculo del área total disponible cerca de la abertura de la boquilla.

$$A_T = 3.71 \times 10^{-4} + (1)(3.64 \times 10^{-4} + 2.52 \times 10^{-4}) + 9.8 \times 10^{-5} + 3.2 \times 10^{-5} + 9.8 \times 10^{-5} \\ + (1)(8 \times 10^{-5}) = 1.295 \times 10^{-3} [m^2]$$

$$f_{rn} = 1$$

$$f_{rp} = 1$$

$$A_1 = ((0.008)(0.04642)) * \max \left[\left(\frac{0.62}{5} \right)^{0.85}, 1 \right] = 3.71 \times 10^{-4} [m^2]$$

$$\lambda = \min \left[\left(\frac{2(0.02321) + 0.014}{\sqrt{(0.984 + 9.72 \times 10^{-3})9.72 \times 10^{-3}}} \right), 12 \right] = 0.62$$

$$t_{eff} = 0.008 + \left(\frac{(8 \times 10^{-5})(1)}{(0.04642)} \right) = 9.72 \times 10^{-3} [m]$$

$$A_2 = (0.014)(0.026) = 3.64 \times 10^{-4} [m^2]$$

$$A_3 = (0.014)(0.018) = 2.52 \times 10^{-4} [m^2]$$

$$A_{41} = 0.5(0.014)^2 = 9.8 \times 10^{-5} [m^2]$$

$$A_{42} = 0.5(0.008)^2 = 3.2 \times 10^{-5} [m^2]$$

$$A_{43} = 0.5(0.014)^2 = 9.8 \times 10^{-5} [m^2]$$

$$A_5 = \min[(0.010)(0.008), (0.04642)(0.008)] = 8 \times 10^{-5} [m^2]$$

6) Cálculo de las fuerzas aplicadas.

$$f_N = (1.73 \times 10^6)(0.02966)(0.026) = 1334.2 [N]$$

$$f_s = (1.73 \times 10^6)(0.4968)(0.04642 + 0.014) = 51928.8 [N]$$

$$f_Y = (1.73 \times 10^6)(0.4968)(0.02321) = 19948.2 [N]$$

$$R_{xs} = \frac{9.72 \times 10^{-3}}{\ln \left[1 + \frac{9.72 \times 10^{-3}}{0.492} \right]} = 0.4968 [m]$$

$$R_{xn} = \frac{0.014}{\ln \left[1 + \frac{0.014}{0.02321} \right]} = 0.02966 [m]$$

7) Cálculo del esfuerzo promedio local de la membrana primaria y esfuerzo general de la membrana primaria en la intersección de la boquilla.

$$\sigma_{avg} = \frac{(1334.2 + 51928.8 + 19948.2)}{1.295 \times 10^{-3}} = 56.53 \times 10^6 [Pa]$$

$$\sigma_{circ} = \frac{(1.73 \times 10^6)(0.4968)}{9.72 \times 10^{-3}} = 88.4 \times 10^6 [Pa]$$

8) Cálculo del esfuerzo máximo de membrana primaria en la intersección de la boquilla.

$$P_L = \max[(2(56.53 \times 10^6) - 88.4 \times 10^6), 88.4 \times 10^6] = 88.4 \times 10^6$$

9) Por último, se debe satisfacer lo siguiente:

$$P_L \leq s_{allow}$$

Donde, para boquilla sujeta a presión interna, el esfuerzo permisible se calcula con la siguiente ecuación:

$$s_{allow} = 1.5(114 \times 10^6)(1) = 171 \times 10^6 [Pa]$$

$$88.4 \times 10^6 \leq 171 \times 10^6$$

Luego repetimos el procedimiento para el cálculo de la boquilla de diámetro 1 1/4 NPT:

$$L_R = 2(0.03787) = 0.07574 [m]$$

$$L_H = 0.008 + \sqrt{(0.03787)(0.014)} = 0.03103 [m]$$

$$L_I = \sqrt{(0.03787)(0.014)} = 0.02303 [m]$$

Para hacer el diseño redondeamos la longitud al número superior:

$$L_H = 0.032 [m]$$

$$L_I = 0.024 [m]$$

$$A_T = 6.06 \times 10^{-4} + (1)(4.344 \times 10^{-4} + 3.22 \times 10^{-4}) + 9.8 \times 10^{-5} + 3.2 \times 10^{-5} + 9.8 \times 10^{-5} \\ + (1)(8 \times 10^{-5}) = 1.67 \times 10^{-3} [m^2]$$

$$f_{rn} = 1$$

$$f_{rp} = 1$$

$$A_1 = ((0.008)(0.07574)) * \max \left[\left(\frac{0.9461}{5} \right)^{0.85}, 1 \right] = 6.06 \times 10^{-4} [m^2]$$

$$\lambda = \min \left[\left(\frac{2(0.03787) + 0.014}{\sqrt{(0.984 + 9.06 \times 10^{-3})9.06 \times 10^{-3}}} \right), 12 \right] = 0.9461$$

$$t_{eff} = 0.008 + \left(\frac{(8 \times 10^{-5})(1)}{(0.07574)} \right) = 9.06 \times 10^{-3} [m]$$

$$A_2 = (0.014)(0.03103) = 4.344 \times 10^{-4} [m^2]$$

$$A_3 = (0.014)(0.02303) = 3.22 \times 10^{-4} [m^2]$$

$$A_{41} = 0.5(0.014)^2 = 9.8 \times 10^{-5} [m^2]$$

$$A_{42} = 0.5(0.008)^2 = 3.2 \times 10^{-5} [m^2]$$

$$A_{43} = 0.5(0.014)^2 = 9.8 \times 10^{-5} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_5 = \min[(0.010)(0.008), (0.07574)(0.008)] = 8 \times 10^{-5} \text{ [m}^2\text{]}$$

Cálculo de las fuerzas aplicadas:

$$f_N = (1.73 \times 10^6)(0.0445)(0.03103) = 2388.84 \text{ [N]}$$

$$f_S = (1.73 \times 10^6)(0.4965)(0.07574 + 0.014) = 77112.77 \text{ [N]}$$

$$f_Y = (1.73 \times 10^6)(0.4965)(0.03787) = 32528.25 \text{ [N]}$$

$$R_{xs} = \frac{9.06 \times 10^{-3}}{\ln \left[1 + \frac{9.06 \times 10^{-3}}{0.492} \right]} = 0.4965 \text{ [m]}$$

$$R_{xn} = \frac{0.014}{\ln \left[1 + \frac{0.014}{0.03787} \right]} = 0.0445 \text{ [m]}$$

Cálculo del esfuerzo promedio local de la membrana primaria y esfuerzo general de la membrana primaria en la intersección de la boquilla:

$$\sigma_{avg} = \frac{(2388.84 + 77112.77 + 32528.25)}{1.67 \times 10^{-3}} = 67.084 \times 10^6 \text{ [Pa]}$$

$$\sigma_{circ} = \frac{(1.73 \times 10^6)(0.4965)}{9.06 \times 10^{-3}} = 94.81 \times 10^6 \text{ [Pa]}$$

Cálculo del esfuerzo máximo de membrana primaria en la intersección de la boquilla con el cilindro:

$$P_L = \max[(2(67.084 \times 10^6) - 94.81 \times 10^6), 94.81 \times 10^6] = 94.81 \times 10^6$$

$$94.81 \times 10^6 \leq 171 \times 10^6$$

Diseño de tuberías

A continuación, se muestra el cálculo del diámetro interior de las tuberías para presiones medias y bajas perteneciente a la línea secundaria e individual respectivamente. En la tabla A.1 se registraron los datos de entrada que se requieren para realizar el cálculo.

Tabla A.4 Datos de entrada

[Fuente: Elaboración propia]

			Caudal	Potencia requerida	Presión de ingreso		Longitud
	Tramo	# de viviendas	[m ³ /h]	[kg/h]	Manométrica [bar]	Absoluta [bar]	[m]
Tanque-armario	A-B	4	5,1	10,7	0,69	1,7033	7,7
Tercer piso	B-C	1	1,3	2,7	0,037	1,05025	20,3

Cuarto piso	B-D	1	1,3	2,7	0,037	1,05025	15,3
Segundo piso	B-E	1	1,3	2,7	0,037	1,05025	25,3
Primer piso	B-F	1	1,3	2,7	0,037	1,05025	34,8

Para la tubería de presión media comenzamos calculando el caudal, conociendo el poder calorífico superior volumétrico y másico del GLP, $98963.64 \left[\frac{BTU}{m^3} \right]$ y $47222 \left[\frac{BTU}{kg} \right]$ respectivamente.

Para el caudal de la línea secundaria se requiere conocer la potencia o consumo total nominal de toda la vivienda conformada por cuatro unidades familiares:

$$Q_t = 4 * (0.83 + 1.50 + 0.34) = 10.7 \left[\frac{Kg}{h} \right]$$

Entonces, el caudal de la línea secundaria es:

$$Q = \frac{10.7 * 47222}{98963.64} = 5.10 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Luego, conociendo la longitud real de la instalación, se realizó el cálculo de la longitud equivalente empleando un factor de 1.20 por pérdidas:

$$L_E = 1.20 * 7.7 = 9.24 [m]$$

Se empleó la fórmula 2.31 de RENOARD para encontrar el diámetro de la tubería de media presión. Sabiendo que la presión absoluta de entrada a la tubería es de 1.7033 bar, y escogiendo una tubería de 1/2", cuyo diámetro interior es 15.76 mm mostrado en la figura B.2, empezamos a iterar hasta que se cumpla que la caída de presión sea menor al 10%, además que la razón entre el Q/Dt sea menor a 150, también que la velocidad del gas sea menor a 20 m/s, y el número de Reynolds sea menor a 2×10^6 .

$$P_b = \sqrt{1.7033^2 - 48.6 \times 1.62 \times 9.24 \times \frac{5.10^{1.82}}{15.76^{4.82}}} = 1.6963 [bar]$$

Comprobamos el porcentaje de caída de presión:

$$\% \text{ caída de presión} = \frac{1.7033 - 1.6963}{1.7033} * 100 = 0.41\%$$

Comprobamos la razón de Q/Dt:

$$\frac{Q}{Dt} = \frac{5.10}{15.76} = 0.33 < 150$$

Comprobamos la velocidad del gas:

$$v = \frac{5.10}{\frac{\pi \times \left(\frac{15.76}{1000}\right)^2}{4} \times 3600} = 7.26 \left[\frac{m}{s}\right] < 20$$

Comprobamos el número de Reynolds mediante la fórmula 2.33, donde el factor T es 55200 para esta familia de hidrocarburo:

$$R = 55200 \left(\frac{5.10}{15.76}\right) = 17863 < 2 \times 10^6$$

Observamos que se cumplen todas las condiciones, sin embargo, recalculamos con una tubería de 3/4", cuyo diámetro interior es de 20.96 mm, dado que uno de los requerimientos del cliente es instalar un aparato de consumo adicional más adelante.

$$P_b = \sqrt{1.7033^2 - 48.6 \times 1.62 \times 9.24 \times \frac{5.10^{1.82}}{20.96^{4.82}}} = 1.7014 \text{ [bar]} \approx 170140 \text{ [Pa]}$$

$$\% \text{ caída de presión} = \frac{1.7033 - 1.7014}{1.7033} * 100 = 0.11\%$$

$$\frac{Q}{Dt} = \frac{5.10}{20.96} = 0.24 < 150$$

$$v = \frac{5.10}{\frac{\pi \times \left(\frac{20.96}{1000}\right)^2}{4} \times 3600} = 4.10 \left[\frac{m}{s}\right] < 20$$

$$R = 55200 \left(\frac{5.10}{20.96}\right) = 13431 < 2 \times 10^6$$

Luego se realizó el cálculo del diámetro interior para la tubería de la línea individual de longitud más extensa ya que representa la tubería crítica en nuestro análisis.

Empezamos calculando la potencia total o consumo nominal de una unidad familiar.

Posterior se calculó el caudal de operación y también la longitud equivalente.

$$Q_{t \text{ primer piso}} = 0.83 + 1.50 + 0.34 = 2.7 \left[\frac{Kg}{h}\right]$$

$$Q = \frac{2.7 * 47222}{98963.64} = 1.28 \left[\frac{m^3}{h}\right]$$

$$L_E = 1.20 * 34.8 = 41.76 \text{ [m]}$$

Se empleó la fórmula 2.32 de RENOARD para encontrar el diámetro interior de la tubería de baja presión. En esta fórmula se trabaja con presión absoluta en milímetros de columna de agua, por consiguiente, la presión a la entrada de la tubería es 10502.5

mm.c.a.(0.037 mbar). Empezamos con un diámetro interior de 15.76 mm (1/2") mostrado en la figura B.2, iteramos hasta que se cumpla que la caída de presión sea menor al 5%, además que la razón entre el Q/Dt sea menor a 150, también que la velocidad del gas sea menor a 10 m/s y el número de Reynolds sea menor a 2×10^6 .

$$P_b = 10502.5 - 232000 * 1.62 * 41.76 * \frac{1.28^{1.82}}{15.76^{4.82}} = 10461 \text{ [mm. c. a.]}$$

$$\% \text{ caída de presión} = \frac{10502.5 - 10461}{10502.5} * 100 = 0.4\% < 5\%$$

$$\frac{Q}{Dt} = \frac{1.3}{15.76} = 0.08 < 150$$

$$v = \frac{1.28}{\frac{\pi * \left(\frac{15.76}{1000}\right)^2}{4} * 3600} = 1.82 \left[\frac{m}{s}\right] < 10$$

$$R = 55200 \left(\frac{1.28}{15.76}\right) = 4483 < 2 \times 10^6$$

Se cumplen todas las condiciones, pero recalculamos con un diámetro interior de 20.96 mm (3/4") dado el requerimiento del cliente de dejar la opción para instalar otro aparato de consumo.

$$P_b = 10502.5 - 232000 * 1.62 * 41.76 * \frac{1.28^{1.82}}{20.96^{4.82}} = 10492 \text{ [mm. c. a.]}$$

$$\% \text{ caída de presión} = \frac{10502.5 - 10492}{10502.5} * 100 = 0.10\% < 5\%$$

$$\frac{Q}{Dt} = \frac{1.3}{20.96} = 0.06 < 150$$

$$v = \frac{1.28}{\frac{\pi * \left(\frac{20.96}{1000}\right)^2}{4} * 3600} = 1.03 \left[\frac{m}{s}\right] < 10$$

$$R = 55200 \left(\frac{1.28}{20.96}\right) = 3371 < 2 \times 10^6$$

Dimensión del armario de contadores

Para calcular el largo del armario se empleó la ecuación 2.35 donde el número de filas de contadores es 2.

$$A_l = 560(2) = 1120 \text{ [mm]}$$

Para calcular la altura del armario se empleó la fórmula 2.36 donde el número de columnas de contadores es 2.

$$B = 310(2) + 150 = 770 \text{ [mm]}$$

Y para calcular el ancho del armario se empleó la fórmula 2.37 donde el ancho del contador es de 164 [mm] según la figura B.6.

$$E = 164 + 70 = 234 \text{ [mm]}$$

Retorno de la inversión al optar por un sistema centralizado de GLP

Para calcular el tiempo de retorno de la inversión se analizó el costo de un sistema con 15kg de GLP. Este sistema devuelve a la comercializadora alrededor del 20%, por lo tanto, la capacidad de almacenamiento de GLP al mes de este tipo de sistema es:

$$324.3 \text{ kg} \frac{\text{GLP}}{\text{mes}} * 1.20 = 391.56 \text{ kg} \frac{\text{GLP}}{\text{mes}}$$

Luego se calculó el costo por kg de cada cilindro:

$$\frac{\$2.5}{15\text{kg}} = 0.166/\text{kg}$$

Con lo cual nos da un costo de:

$$\frac{0.166}{\text{kg}} * 391.56 \text{ kg} \frac{\text{GLP}}{\text{mes}} = \$ 64.99/\text{mes}$$

También se analizó el costo de instalación de cada cilindro, dado que debe existir una persona enviada por la comercializadora para que realice el recargo mensualmente. Se estima el costo por hora del operador asumiendo que gana el salario básico unificado:

$$\frac{\$400}{240\text{h}} = \$ 1.66/\text{h}$$

Luego se calculó el costo mensual del operador para las cuatro unidades familiares:

$$\frac{\$ 1.66}{\text{h}} * 4 = \$ \frac{6.66}{\text{mes}}$$

Por lo tanto, el costo total de abastecimiento de GLP mensual de este sistema es:

$$\$ 64.99/\text{mes} + \$6.66/\text{mes} = \$71.66$$

Se comparó este costo con el de un sistema centralizado de GLP. El precio de GLP al granel es de \$ 0.106 /kg y con una capacidad útil de almacenamiento de 324.3 kg se obtuvo un costo mensual de \$34.37. Seguidamente se calculó el ahorro, restando el costo mensual de cada sistema:

$$\$71.66 - \$34.7 = \$37.30$$

Por último, se calculó el tiempo de retorno de la inversión:

$$\frac{\$ 9373.30}{\$37.30} = 252 \text{ meses, aproximadamente 21 años}$$

APÉNDICE B: Catálogos

TUBERÍA SIN COSTURA CÉDULA 40



Especificaciones Generales:

ASTM A 53 GRB: Conducción fluidos y gases en minería, petroquímica, pesca y en general.

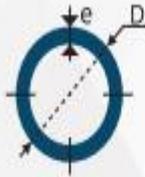
API 5L: Tubos para industria petrolera

ASTM A 106: Tubos para servicio a altas temperaturas

Recubrimiento: Negro o galvanizado

Largo normal: 6.00 mts.

Acabado: Acero negro



PROPIEDADES MECÁNICAS				
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Mín
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi	
42.2	60000	24.6	35000	30 - 35

COMPOSICIÓN QUÍMICA %			
C Max	Mn	P Max	S Max
0.1	1.2	0.05	0.06

DIÁMETRO			PROPIEDADES				
INTERIOR	EXTERIOR (D)		ESPESOR (e)		PRESIÓN/PRUEBA		PESO
pulg	mm	pulg	mm	pulg	kg/cm ²	lb/pulg ²	kg/mts
1/2"	21.30	0.84	2.77	0.10	49	700	1.27
3/4"	26.70	1.05	2.87	0.11	49	700	1.68
1"	33.40	1.31	3.38	0.13	49	700	2.50
1 1/4"	42.20	1.66	3.56	0.14	91	1300	3.38
1 1/2"	48.30	1.90	3.68	0.14	91	1300	4.05
2"	60.30	2.37	3.91	0.15	176	2500	5.44
2 1/2"	73.00	2.87	5.16	0.20	176	2500	8.62
3"	88.90	3.50	5.49	0.21	176	2500	11.29
4"	114.30	4.50	6.02	0.23	155	2210	16.07
5"	141.30	5.56	6.55	0.25	137	1960	21.78
6"	168.30	6.82	7.11	0.28	125	1780	28.26
8"	219.10	8.62	8.18	0.32	110	1570	42.53
10"	273.00	10.75	9.27	0.36	101	1430	60.29
12"	323.80	12.75	10.31	0.40	94	1340	79.65
14"	355.00	14.00	11.13	0.43	92	1310	94.55

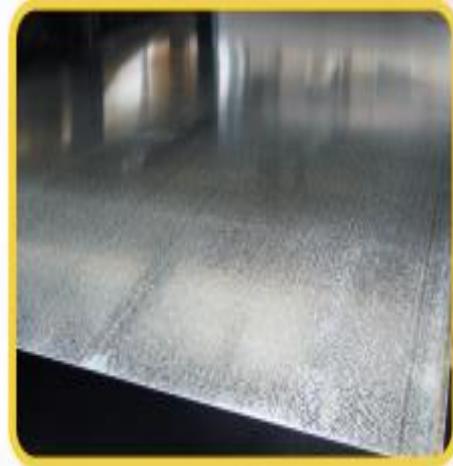
*Otros largos y acabados previa consulta

Figura B.1: Especificaciones generales de tuberías de acero negro sin costura cedula 40. [Fuente: (DIPAC, 2016)].

PLANCHAS GALVANIZADAS

Especificaciones Generales:

Acero Base:	Calidad comercial o según tabla de laminado al frío
Norma:	NTE INEN 115
Espesores:	0.30mm a 2.90mm
Rollos:	X 1219mm y por flejes
Planchas:	4 x 8 pies y medidas especiales
Flor:	Regular, Mínima, Zero



Recubrimiento	(Total ambas caras)	
	Tipo	oz / pie ²
G-40	40	120
G-60	60	180
G-90	90	270

Producto / Mercado	Comercial, Construcción y Edificios	Industrial	Línea Blanca	Automotriz
Lámina Galvanizada	Techos y paredes, perfilera y tubería en general, polines, soportes de cielo falso, ductos de aire, silos para almacenar granos, accesorios para construcción, cortinas metálicas, señalizaciones de carretera, estructuras, techos y soportes de establecimientos.	Aire acondicionado, ventiladores de techo y ventana, tapas, extractores de humo, casas móviles, ductos, bisagras, recipientes, cajas eléctricas, pizarrones electrónicos, motores, lánas, etc.	Respaldo de refrigeradores, estufas y lavadoras, soportes, bases, uniones, esquineros y accesorios de fijación y otras partes no expuestas, etc.	Motors, uniones, soportes, pisos, carter, guantera, portaestéreos, cinchos y otras partes no expuestas, etc.

Figura B.2: Especificaciones generales de planchas de acero galvanizado. [Fuente: (DIPAC, 2016)].

Reguladores de primera etapa

Tipo 984HP



L 4.881 x W 4.33 x H 3.917" - **Peso:** 31.375 oz.

Descripción del Producto

Reguladores de primera etapa para reducir la presión de entrada que viene desde un tanque, a un nivel medio adecuado para alimentar un regulador de segunda etapa. Tanto el tipo 984HP y 998HP están diseñados para instalaciones tipo A e instalaciones tipo C. Estos reguladores deben ser instalados en el exterior y en la posición correcta con el agujero de venteo hacia abajo. En sus versiones estándar, los reguladores 984HP y 998HP son entregados con los agujeros de ventilación en línea con las Conexiones de salida.

Tipo 988HP



L 6.027 x W 4.33 x H 4.94" - **Peso:** 48.75 oz.

Especificaciones Técnicas

Cuerpo y cubierta: Aluminio

Diafragma: Reforzado

Presión de entrada a regulador: 25-250 PSIG

Tornillos del cuerpo superior: Acero Inoxidable

Tornillos conexión de entrada: Acero Inoxidable

Gas: Propano

Presiones

Presión de entrada 100 PSIG,

Presión de salida 10 PSIG

Flujos proporcionados: flujo basado en presión de entrada de 25 psi (1,72 bar) y 20% de caída (en conformidad con el estándar UL144).

984HP & 988HP Configuraciones

Tipo	Potencia (BTU/h) Propano	Conexiones de entrada, inches	Conexión de salida, inches	Presión de entrega PSIG (rango ajustable) (bar)	Presión de entrega ajustada PSIG (bar)
984HP - 04	1,000,000	1/4" NPT	1/2" NPT	No adjustment	10 (0.69)
988HP - 07	2,000,000	1/2" NPT		3/4" NPT	4 to 6 (0.28 to 0.41)
988HP - 08		POL			
988HP - 09	2,250,000	1/2" NPT	1/2" NPT		
988HP - 04	2,100,000		3/4" NPT		
988HP - 01	2,400,000	3/4" NPT	3/4" NPT	8 to 12 (0.55 to 0.83)	10 (0.69)
988HP - 05	2,100,000	POL	1/2" NPT		
988HP - 06	2,250,000		3/4" NPT		

Figura B.3: Especificaciones generales de reguladores de primera etapa. [Fuente: (Cavagna Group, 2016)].

Tipo 468 y 998

Tipo 468



Descripción del Producto

Los reguladores Serie 998 Y 991 han sido diseñados para reducir la presión en instalaciones residenciales y comerciales. El regulador serie 468 ha sido diseñado para reducir la presión en instalaciones industriales ligeras. Los reguladores de las Series 998 y 468 están equipados con dos tipos de sistemas de protección contra sobrepresión, incluyendo válvulas de alivio de presión y válvulas de sobrepresión de cierre (OPSO). Están equipados con un sistema de baja presión (UPSO). Todas las series están protegidos contra la corrosión con un recubrimiento de pintura en polvo.

Tipo 998



Especificaciones Técnicas

Cuerpo y cubierta: Aluminio

Diafragma: Reforzado

Presión de entrada a regulador: 25-250 PSIG

Tornillos del cuerpo superior: Acero Inoxidable

Tornillos conexión de entrada: Acero Inoxidable

Gas: Propano

Presiones Presión de entrada 10 PSIG, 140,000 BTU,
Presión de salida: 11 Inch WC

Tipo 998 y 468 Configuración

Tipo	Presión máxima de trabajo	Conexión de entrada	Conexión de salida	Presión de salida	Rango de temperatura
468	2 bar	1/2" NPT / 3/4" NPT	1" NPT	29 mbar 37 mbar	-40°F / +130°F (-40°C / +55°C)
998	2 bar	1/2" NPT / 3/4" NPT	1/2" NPT / 3/4" NPT	50 mbar 100 mbar	

Figura B.4: Especificaciones generales del regulador de segunda etapa. [Fuente: (Cavagna Group, 2016)].

Dispositivo combinado de protección de llenado y sobrellenado (OPD) Serie SF7647V de bajas emisiones

Esta válvula de llenado combinada y el dispositivo de protección de sobrellenado están diseñados para proporcionar un llenado rápido y protección contra el llenado excesivo de contenedores pequeños de tipo vertical sobre el suelo. La serie SF7647V ofrece buenas tasas de llenado y un dispositivo de prevención de sobrellenado que detendrá * el flujo de producto en el contenedor cuando el nivel de líquido alcance el 80-83% de su capacidad.



SF7647V

Información Para Ordenar Productos

Número de Parte	Líquido de propano capacidad a 20 PSIG de presión diferencial galones / minuto	Líquido de propano capacidad a 30 PSIG de presión diferencial galones / minuto	Líquido de propano capacidad a 50 PSIG de presión diferencial galones / minuto
SF7647V11.0	19	24	50
SF7647V11.1			

Figura B.5 Válvula de llenado combinada SFL7647 1 1/4" NPT
[Fuente: (REGO, s.f.).]

Multivalves® ASME para Extracción de Vapor 7556R

Estas compactas Multivalves® son especialmente apropiadas para extracción de vapor de contenedores ASME en las que es necesario el agrupamiento compacto de componentes. Se requiere de válvulas de llenado y válvulas de alivio de presión aparte.



PT7556R

Multivalvula R PT7556

Especialmente adecuado para la extracción de vapor de contenedores ASME donde se necesitan grupos compactos de componentes. Se requieren válvulas de llenado y válvulas de alivio de presión separadas.

Información Para Ordenar Productos

Número de Parte	Conexión del Contenedor	Conexión de Servicio	Conexión de Ecuilibración de Vapor		Válvula de Ventilación de Nivel de Líquido Fijo	Longitud del Tubo de Profundidad
			Tamaño de Conexión	Flujo de Cierre UL		
7556R12.0	3/4" M. NGT	F. POL (CGA 510)	1 1/4" ACME M.	4200 CFH @ 100 PSIG	Si	12***
PT7556R12.0						

* Dado que estas Multivalves® no tienen válvulas de alivio de presión integrales, se pueden usar en cualquier contenedor ASME con una válvula de alivio suficiente para la capacidad de tanque.

** Otras longitudes de tubo disponibles.

Figura B.6 Multiválvula 3/4" NPT
[Fuente: (REGO, s.f.).]

Válvulas de Exceso de Flujo Chek-Lok® Series 7590U y 7591U

Las Válvulas de Exceso de Flujo Chek-Lok® están diseñadas para proveer medios convenientes para la extracción de líquido de contenedores estacionarios antes de mover el contenedor. La válvula Chek-Lok® permite el uso indistinto de una válvula de paso de transferencia con un adaptador en algunos tanques.

Las válvulas Chek-Lok® 7590U y 7591U también están diseñadas para usarse en instalaciones permanentes, siempre y cuando la válvula de exceso de flujo se dimensione adecuadamente para el sistema y la tubería. NOTA: En algunos casos podría ser necesario el uso de una válvula de exceso de flujo en línea para proteger la tubería aguas abajo. No se recomienda esta válvula para uso como fuente de líquido en bombas.



7590U with Cap

Información Para Ordenar Productos

Número Chek-Lok®	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Llave Hexagonal del Cuerpo	Longitud Efectiva Aproximada	Llave Hexagonal del Tapón	Flujo de Cierre Aproximado, Líquido GPM (Propano)*
7590U	3/4" NPT M.	1 1/8" UNF	1 5/8"	1 1/16"	1 1/8"	20
7591U	1 1/4" NPT M.		1 3/4"	1 11/16"		35

* Con base en la instalación horizontal de la válvula de exceso de flujo. Los flujos son ligeramente mayores cuando las válvulas se instalan con la salida hacia arriba y ligeramente menores cuando se instalan con la salida hacia abajo. Nota: Multiplique el gasto por .94 para determinar el flujo de butano líquido.

Figura B.7 Válvula Chek-Lok de drenaje con tubo 7590U 3/4" NPT
[Fuente: (REGO, s.f.).]

Cómo Conectar la Chek-Lok® 7590U o 7591U

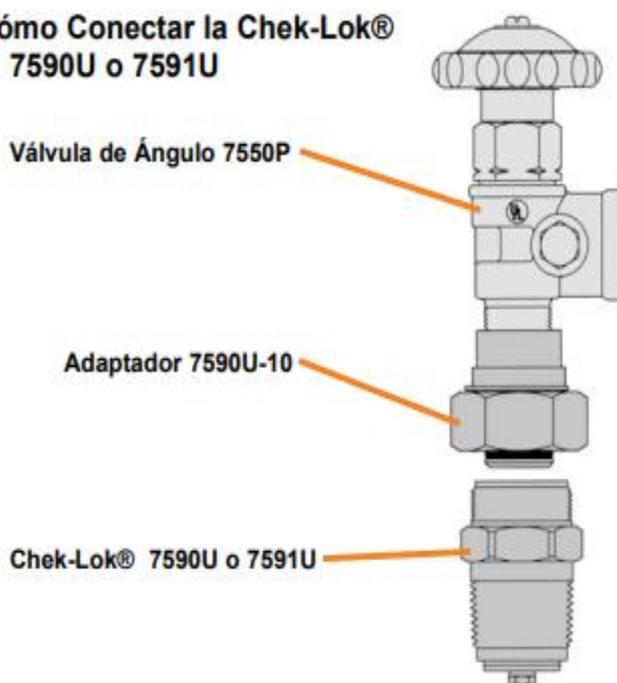


Figura B.8 Conexión de una válvula Chek-lok
[Fuente: (REGO, s.f.)]

Contadores de membrana aptos para medir cualquier tipo de gas no agresivo como: gas natural, GLP, gas manufacturado, hidrógeno, aire, helio, etc.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Precisión legal: ± 3% entre Q min. y 2 Q min.
± 2% entre 2 Q min. y Q máx.

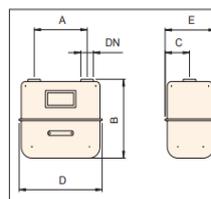
Metrología: Conforme a las recomendaciones OIML y Directivas CEE; aprobados CEE.

Dinámica: 1:150

Modelo	DN	ΔP a Q _{max}		ΔP a Q _{min}		Volumen ciclo	Presión máx. bar	Emisor impulsos	Valor del pulso
G-4	7/8"	Q _{max} = 6m ³ /h	$\Delta P=0,9$ mbar	Q _{min} =0,04m ³ /h	$\Delta P < 0,1$ mbar	1,2 dm ³	0,5	opcional	0,01m ³ /pulso
G-6	1.1/4"	Q _{max} = 10m ³ /h	$\Delta P=0,9$ mbar	Q _{min} =0,06m ³ /h	$\Delta P < 0,1$ mbar	3,5 dm ³	0,5	opcional	0,01m ³ /pulso
G-16	2"	Q _{max} = 25m ³ /h	$\Delta P=1,3$ mbar	Q _{min} =0,16m ³ /h	$\Delta P < 0,1$ mbar	6 dm ³	0,5	opcional	0,1m ³ /pulso
G-25	2.1/2"	Q _{max} = 40m ³ /h	$\Delta P=1,3$ mbar	Q _{min} =0,25m ³ /h	$\Delta P < 0,1$ mbar	12 dm ³	0,5	opcional	0,1m ³ /pulso
G-40	DN65-PN16	Q _{max} = 65m ³ /h	$\Delta P=1,25$ mbar	Q _{min} =0,40m ³ /h	$\Delta P < 0,1$ mbar	30 dm ³	0,5	opcional	0,1m ³ /pulso
G-65	DN80-PN16	Q _{max} = 100m ³ /h	$\Delta P=1,30$ mbar	Q _{min} =0,65m ³ /h	$\Delta P < 0,1$ mbar	60 dm ³	0,5	opcional	0,1m ³ /pulso
G-100	DN100-PN16	Q _{max} = 160m ³ /h	$\Delta P=1,25$ mbar	Q _{min} =1,0m ³ /h	$\Delta P < 0,1$ mbar	120 dm ³	0,5	opcional	1m ³ /pulso

CONTADORES DE MEMBRANA

Código	Artículo
RM.7.04.0000	Contador membrana G-4
RM.7.06.0000	Contador membrana G-6
RM.7.16.0000	Contador membrana G-16
RM.7.25.0000	Contador membrana G-25
RM.7.40.0000	Contador membrana G-40
RM.7.65.0000	Contador membrana G-65
RM.7.99.0000	Contador membrana G-100



NOTA: Las medidas indicadas son orientativas

DIMENSIONES CONTADORES KROMSCHROEDER

Modelo	G-4	G-6	G-16	G-25	G-40	G-65	G-100
A	160	250	280	335	430	640	710
B	234	312	330	398	487	460	990
C	71	85	108	138	180	181	243
D	230	334	405	465	630	840	910
E	164	218	234	289	390	392	497
Kg	1,9/2,1**	4,3	5,7	10	29	32	130

DIM. CONTADORES ACTARIS

Modelo	G-4	G-6	G-16	G-25	G-40	G-65	G-100
A	160	250	250	335	430	500	675
B	224	263	369	443	657	721	885
C	80	71	123	138	185	216	257
D	240	325	396	457	612	700	894
E	156	177	259	289	384	437	532
Kg	1,60	2,70	9,5	13,3	42	65	105

Medidas máximas según UNE

* Ejecución chapa de acero
** Ejecución aluminio inyectado

Figura B.9: Especificaciones generales del contador de membrana. [Fuente:(APQ S.A., s. f.)]

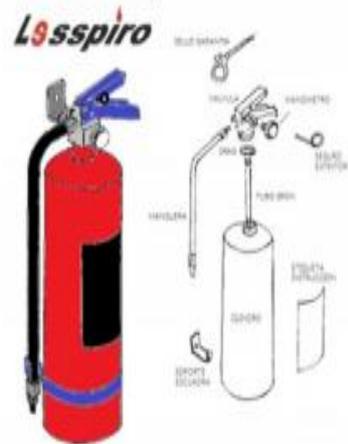
HOJA DE DATOS
EXTINTOR LLENO CAP 9.0 Kg DE POLVO QUIMICO SECO



EXTINTOR PORTATIL DE POLVO QUIMICO SECO
LLENO
MARCA: **LESSPIRO**
PRESION CONTENIDA

DESCRIPCION GENERAL	CARACTERISTICAS	PRESENTACION		
EXTINTOR PORTATIL LLENO DE POLVO QUIMICO SECO; DE ACERO AL CARBON MARCA LESSPIRO DE PRESION CONTENIDA, CON TANQUE, VALVULA Y MANGUERA DE DESCARGA.	AGENTE EXPULSOR:	NITROGENO	CODIGO	819-LES009PQS
	ALCANCE	3 mts MINIMO	Extintor P.Q.S. 9.0 kilo lesspiro plus	
	DIRECCION GENERAL NORMAS:	100-STPS-1994	DESCRIPCION	
		045-SCFI-2000	POLVO CERTIFICADO	ETIQUETA INSTRUCCION
		104-STPS-2001	CAJA	SELLO DE GARANTIA
		154-SCFI-2005	TUBO SIFON	SEGURO PARA EXTINTOR
	CILINDRO:	ACERO CALIBRE 14	VALVULA	MANOMETRO CERTIFICADO
	TAPA Y FONDO:	ACERO CALIBRE 14	CINCHO RETENEDOR	MANGUERA
	MANGUERA	LESSPIRO 1/4"	ENSAMBLE CUERPO	ENSAMBLE MANGUERA
	MANOMETRO	CERTIFICADO	ENSAMBLE VALVULA	CILINDRO
VALVULA:	DURALUMINIO	SOPORTE ESCUADRA	VASTAGO	

DATOS TECNICOS	
CAPACIDAD NOMINAL	9,0 kg
PRESION DE TRABAJO	1.7 mpa
PRESION DE PRUEBA	3.4 mpa
TIPO DE COMPUESTO PARA EXTINTOR	ABC
PESO AL EMPACAR	13.290 kg
PRESION DE FUNCIONAMIENTO	196 PSI
TIEMPO DE DESCARGA	8 A 25 seg
ALCANCE DE DESCARGA	3,00 mts
ALTURA DE LA UNIDAD	53.5 cms
ANCHO DE LA UNIDAD	17.5 cms
PROFUNDIDAD DE LA UNIDAD	46.5 cms



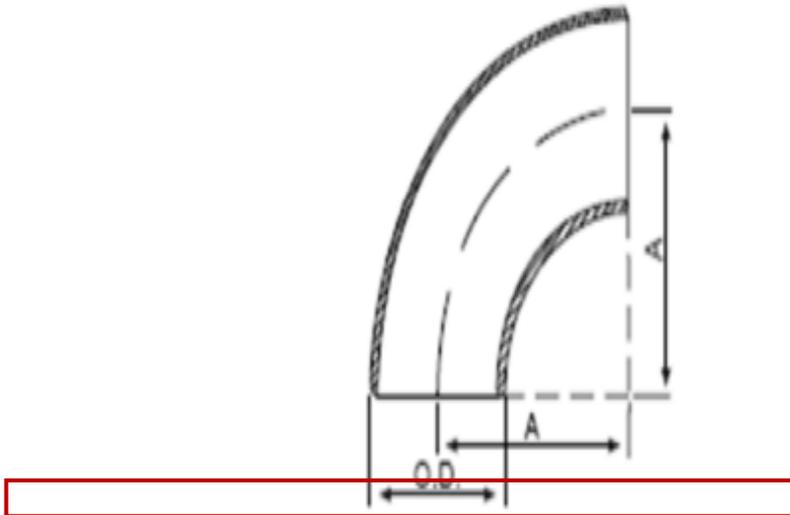
www.lesspiro.com

Se requiere de la prueba hidrostática cada 5 años.
Las medidas e imágenes pueden variar; las que aquí aparecen son aproximadas y de carácter informativo.

Figura B.10: Especificaciones técnicas del extintor de 9 kg. [Fuente: (lesspiro, s.f.).]

ACERO CARBONO ASTM A234 WPB, SIN COSTURA

CODO 90° RADIO LARGO

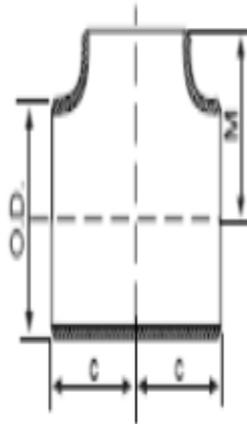


DN pulg.	DIAMETRO EXTERIOR	CENTRO A EXTREMO	ESPESOR DE PARED	
	A BISEL (O.D)	A	SCH 40	SCH 80
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1/2	21,3	38,1	2,77	3,73
3/4	26,7	38,1	2,87	3,91
1	33,4	38,1	3,38	4,55
1 1/4	42,2	47,6	3,56	4,85
1 1/2	48,3	57,1	3,68	5,08
2	60,3	76,2	3,91	5,4
2 1/2	73,0	95,2	5,16	7,01
3	88,9	114,3	5,49	7,62
4	114,3	152,4	6,02	8,56
5	141,3	190,5	6,55	9,53

Figura B.11: Especificaciones generales codo 90°

[Fuente: (Catálogo MultiAceros, 2014)].

TEE RECTA



DN pulg.	DIAMETRO EXTERIOR A BISEL (O.D) (mm)	CENTRO A EXTREMO C (mm)	ESPESOR DE PARED	
			SCH 40/STD (mm)	SCH 80/XS (mm)
1/2	21,3	25,4	2,77	3,73
3/4	26,7	28,4	2,87	3,91
1	33,5	38,1	3,38	4,55
1 1/4	42,2	47,8	3,56	4,85
1 1/2	48,3	57,2	3,68	5,08
2	60,5	63,5	3,91	5,54
2 1/2	73,2	76,2	5,16	7,01
3	88,9	85,9	5,49	7,62
4	114,3	104,6	6,02	8,56
5	141,2	124,0	6,55	9,53
6	168,1	142,7	7,11	10,97
8	218,9	177,8	8,18	12,70
10	273,1	215,9	9,27	12,70
12	323,0	254,0	10,52	12,70

Figura B.12: Especificaciones generales TEE

[Fuente: (Catálogo MultiAceros, 2014)].

PLANCHAS

LAMINADAS AL CALIENTE

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 115
Espesores:	ASTM A36 - SAE J 403 1008
Espesores:	2mm a 12mm
Rollos:	Ancho 1000, 1220, 1500mm
Planchas:	4 x 8 pies y medidas especiales
Acabado:	Acero Negro



Calidad Estructural

Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas				Norma Equivalente
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°	
ASTM A 588M Grado A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min		
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015
JIS G-3101 5541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min		
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e	

Figura B.13: Especificaciones generales planchas de acero laminadas en caliente. [Fuente: (DIPAC, 2016)].

Code	Description	A	B
230001	1/4" PB700 BRASS BALL VALVE FXF YELLOW	48	35
230002	3/8" PB700 BRASS BALL VALVE FXF YELLOW	49	49
230003	1/2" PB700 BRASS BALL VALVE FXF YELLOW	59	39
230004	3/4" PB700 BRASS BALL VALVE FXF YELLOW	68	50
230005	1" PB700 BRASS BALL VALVE FXF YELLOW	80	55
230006	1.1/4" PB700 BRASS BALL VALVE FXF YELLOW	95	62
230007	1.1/2" PB700 BRASS BALL VALVE FXF YELLOW	100	78
230008	2" PB700 BRASS BALL VALVE FXF YELLOW	125	88
230009	2.1/2" PB700 BRASS BALL VALVE FXF YELLOW	150	97
230010	3" PB700 BRASS BALL VALVE FXF YELLOW	177	122
230011	4" PB700 BRASS BALL VALVE FXF YELLOW	214	138

Pegler Yorkshire reserve the right to change specifications

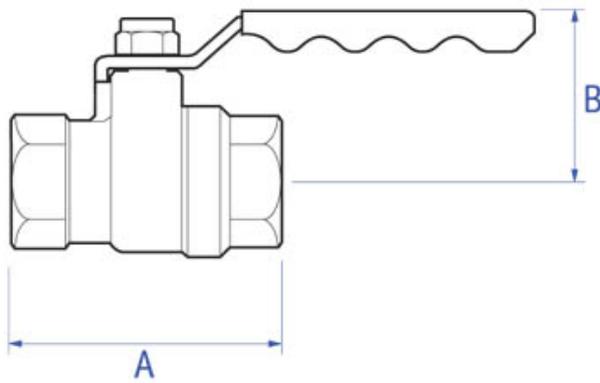


Figura B.14: Dimensiones de la válvula de paso
[Fuente: (PEGLER, 2020)]

ADAPTADOR ROSCA BSPT
NIPPLE BSPT THREAD



ACERO NIQUELADO Nickel-Plated Steel	AISI-303	AISI-316	L	Hx	C1	C2
AD-1M-2M	AD-1M-2M-X	AD-1M-2M-316X	25,5	14	R1/8"	R1/4"
AD-2M-3M	AD-2M-3M-X	AD-2M-3M-316X	29	17	R1/4"	R3/8"
AD-2M-4M	AD-2M-4M-X	AD-2M-4M-316X	33	22	R1/4"	R1/2"
AD-3M-4M	AD-3M-4M-X	AD-3M-4M-316X	34	22	R3/8"	R1/2"
AD-4M-6M	AD-4M-6M-X	AD-4M-6M-316X	43	27	R1/2"	R3/4"

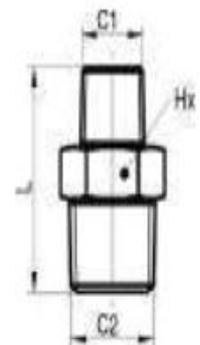


Figura B.15: Dimensiones del adaptador para manguera de rosca macho. [Fuente: (IMOPAC, s.f.)]

ADAPTADOR ROSCA HEMBRA CILÍNDRICA BSPP ESPIGA PARA MANGUERA
FEMALE-BARB CONNECTOR BSPP THREAD

F-1

F-4

F-4

ACERO NIQUELADO Nickel Plated Steel	AISI-303	AISI-316	L	Ex	R	E
AD-1H-E			33,0	12	G1/8"	7,2
AD-2H-E			35,0	17	G1/4"	9,2
AD-3H-E			43,5	22	G3/8"	11,2
AD-4H-E			54,5	27	G1/2"	15,2
AD-6H-E			67,0	32	G3/4"	21,0

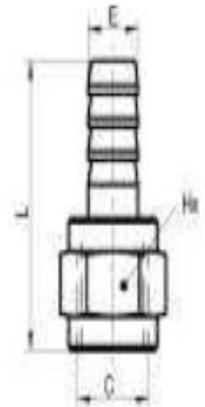


Figura B.16: Dimensiones del adaptador para manguera de rosca hembra. [Fuente: (IMOPAC, s.f.).]

APÉNDICE C: PLANOS

6

5

4

3

2

1

D

D

C

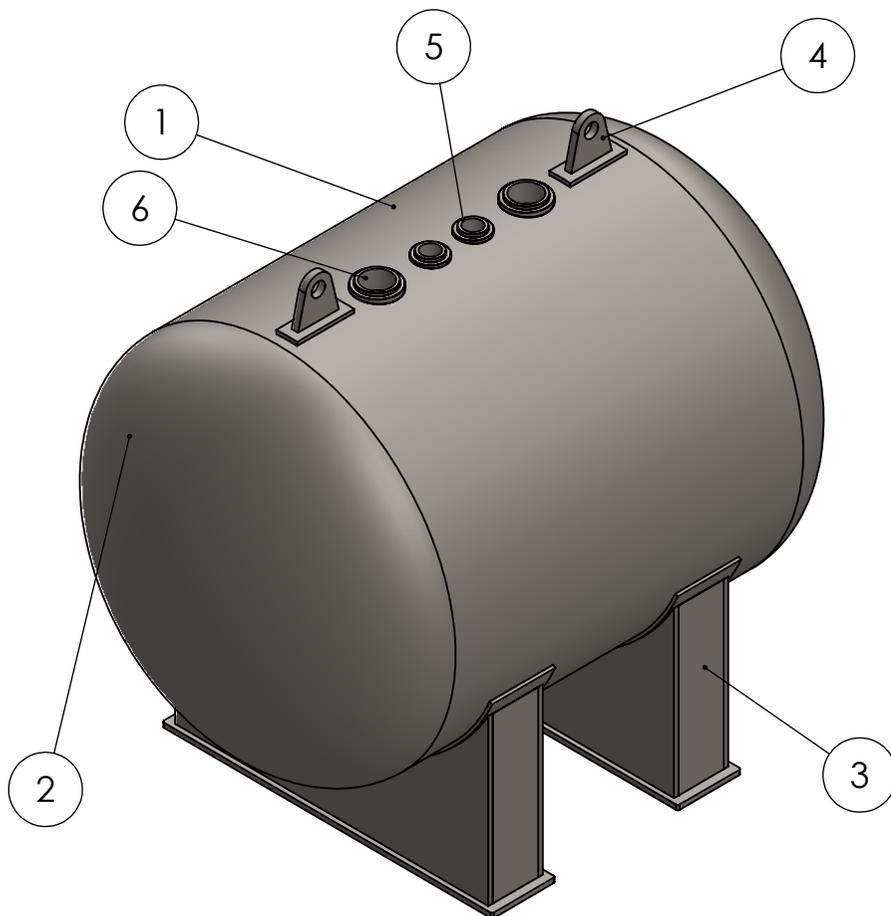
C

B

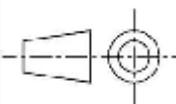
B

A

A



N° de elemento	Cantidad	Descripción
1	1	CUERPO CILINDRICO
2	2	CASQUETE ELÍPTICO
3	2	APOYO DEL TANQUE
4	2	OREJA DE IZAJE
5	2	BOQUILLA NTP 3/4"
6	2	BOQUILLA NTP 1 1/4"

ESPOL**ERMARLO S.A.**

Proyecto

Diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260 de una central de alimentación de GLP a una vivienda de 4 unidades familiares

	NOMBRE	Tolerancia	Contiene:
DIBUJ.	Fiallos J. Garibaldi V.		Partes del tanque de almacenamiento
VERIF.	Ing. Martínez	Unidades	Plano N.º
APROB.	Ing. Martínez	mm	1
Materiales			PESO:
Acero ASTM A-36			342 Kg

Equipo:

Tanque de almacenamiento de GLP

ESCALA:1:15Formato
A4Fecha
24/01/2021HOJA:
1/1

6

5

4

3

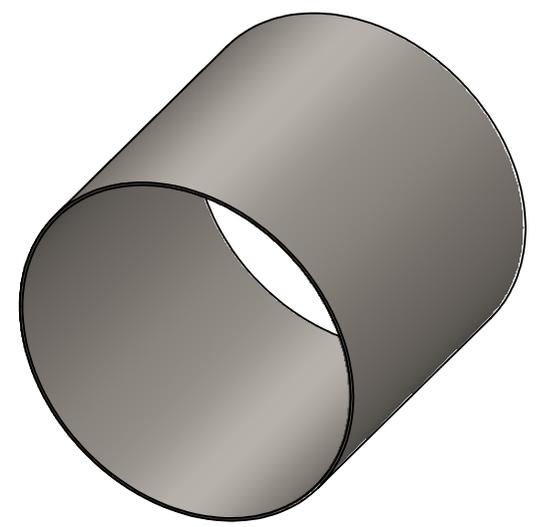
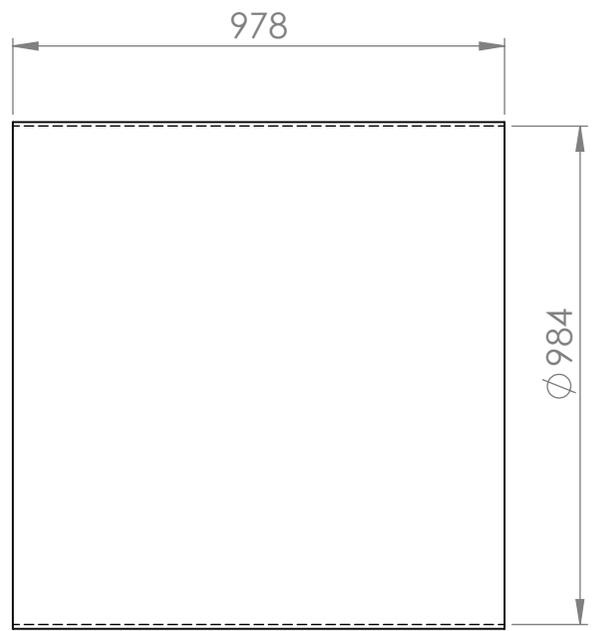
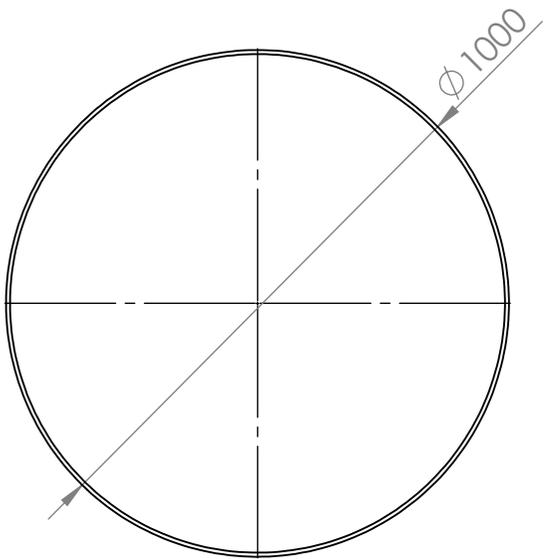
2

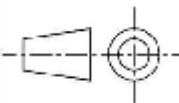
1

6 5 4 3 2 1

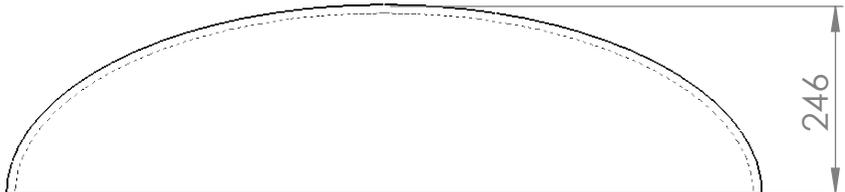
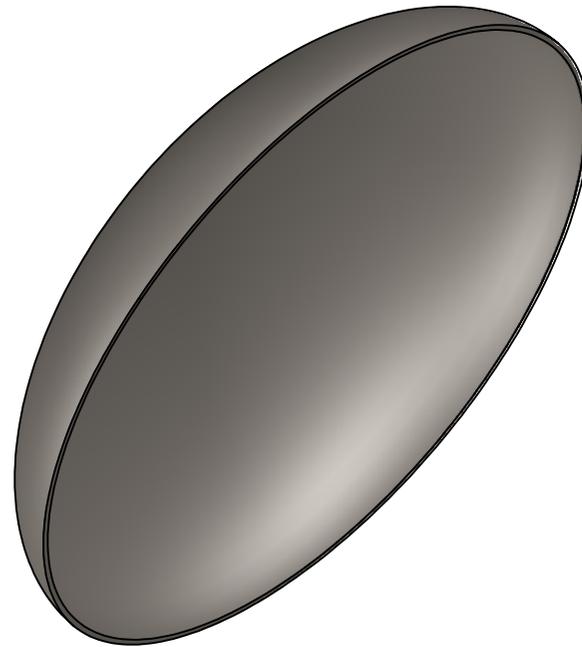
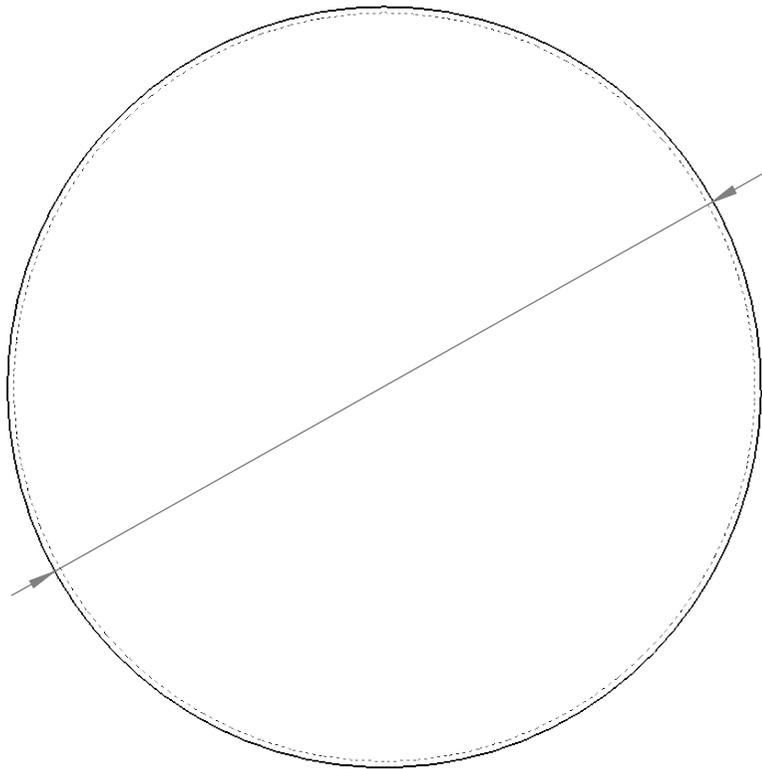
D
C
B
A

D
C
B
A

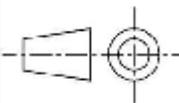


ESPOL				ERMARLO S.A.	Proyecto Diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260 de una central de alimentacion de GLP a una vivienda de 4 unidades familiares
DIBUJ.	NOMBRE Fiallos J. Garibaldi V.	Tolerancia	Contiene: Vistas en proyeccion ortogonal		Equipo: Cuerpo cilíndrico tanque de almacenamiento
VERIF.	Ing. Martínez	Unidades	Plano N.º 2		ESCALA: 1:15
APROB.	Ing. Martínez	mm			
Materiales Acero ASTM A-36			PESO: 192 Kg		Formato A4
					Fecha 24/01/2021
					HOJA: 1/1

6 5 4 3 2 1



ESPOL



ERMARLO S.A.

		Proyecto	
		Diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260 de una central de alimentacion de GLP a una vivienda de 4 unidades familiares	
DIBUJ.		Equipo:	
Fiallos J. Garibaldi V.		Casquete Elíptico	
VERIF.		ESCALA: 1:20	
Ing. Martínez			
APROB.		Formato	
Ing. Martínez		A4	Fecha
Materiales		24/01/2021	HOJA:
Acero ASTM A-36		1/1	
		PESO: 60 Kg	
		Contiene:	
		Vistas en proyeccion ortogonal	
		Plano N.º	
		3	
		Tolerancia	
		Unidades	
		mm	

6

5

4

3

2

1

D

D

C

C

B

B

A

A

6

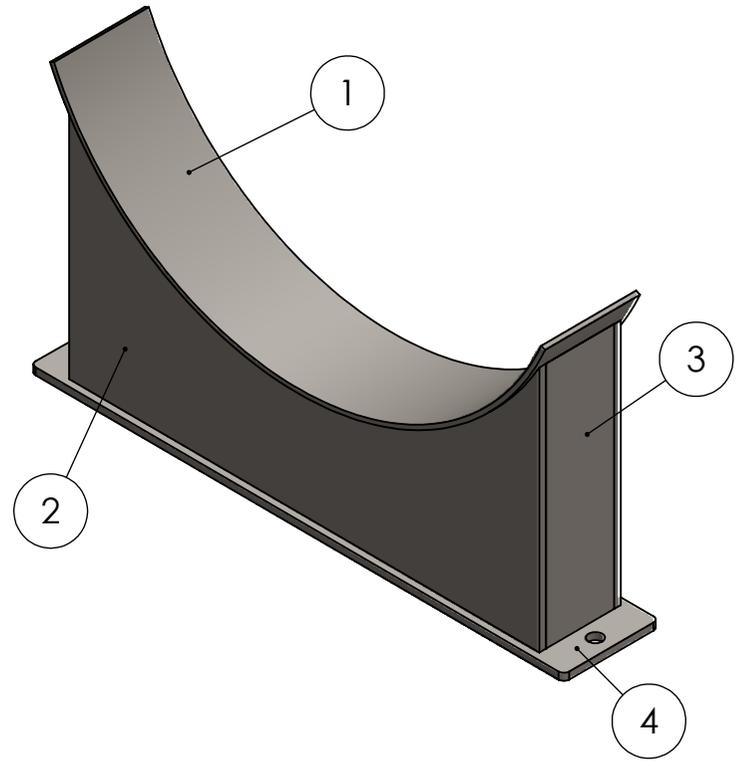
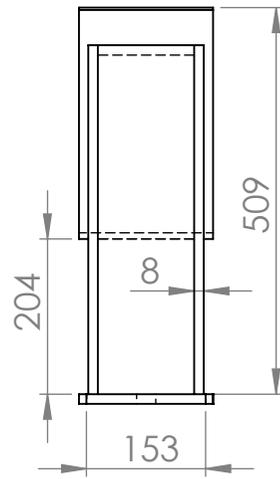
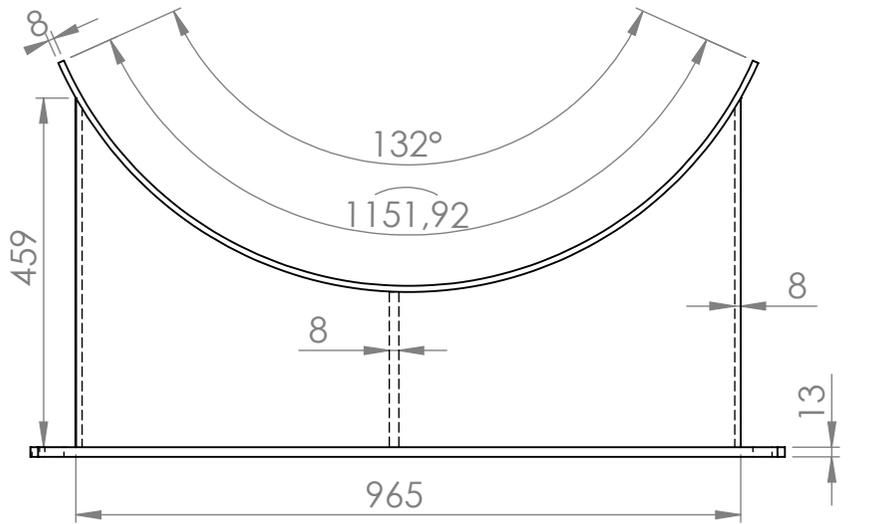
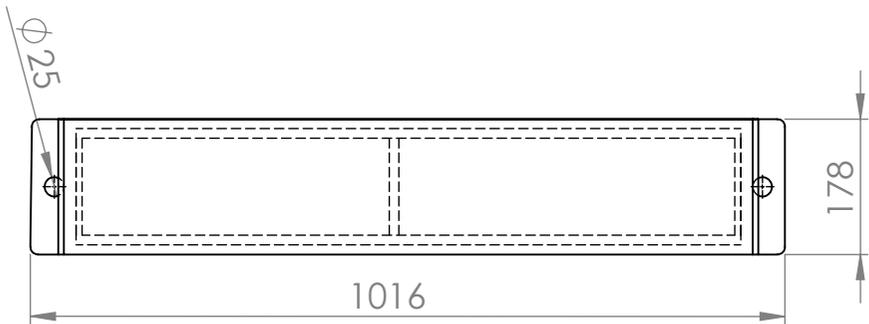
5

4

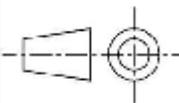
3

2

1



N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CANTIDAD
1	PLACA DE DESGASTE	1
2	ALMA DEL APOYO	2
3	PLACA LATERAL	2
4	PLACA BASE	1

ESPOL 

ERMARLO S.A.

DIBUJ.	NOMBRE	Tolerancia	Contiene:
VERIF.	Fiallos J. Garibaldi V.		Vista en proyección ortogonal
APROB.	Ing. Martínez	Unidades mm	Plano N.º
Materiales			PESO:
Acero ASTM A-36			

Proyecto

Diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260 de una central de alimentación de GLP a una vivienda de 4 unidades familiares

Equipo:

Tanque de almacenamiento de GLP

N.º de dibujo **1**

ESCALA: 1:10

Formato	Fecha	HOJA:
A4	24/01/2021	1/1

6 5 4 3 2 1

D

D

C

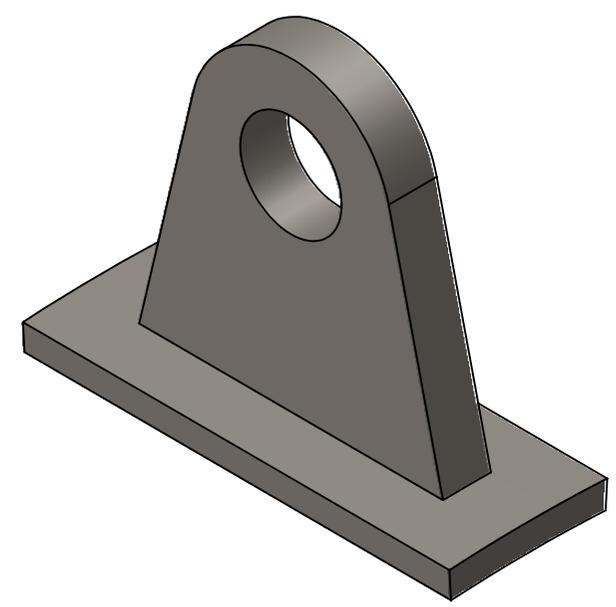
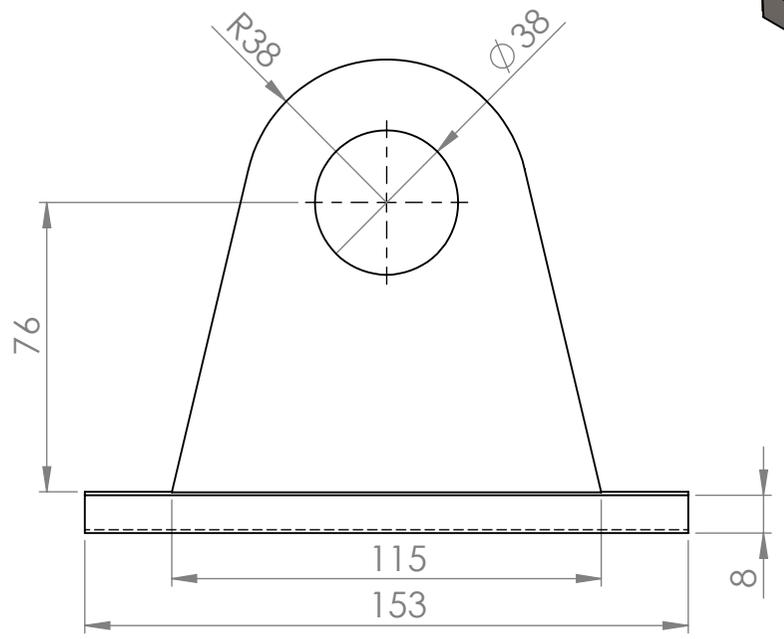
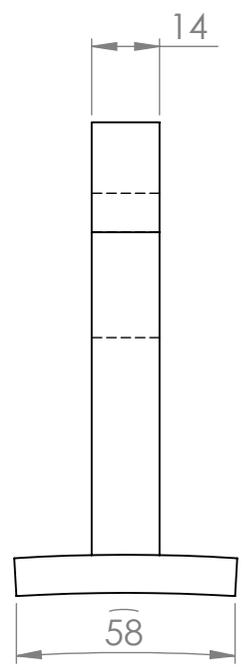
C

B

B

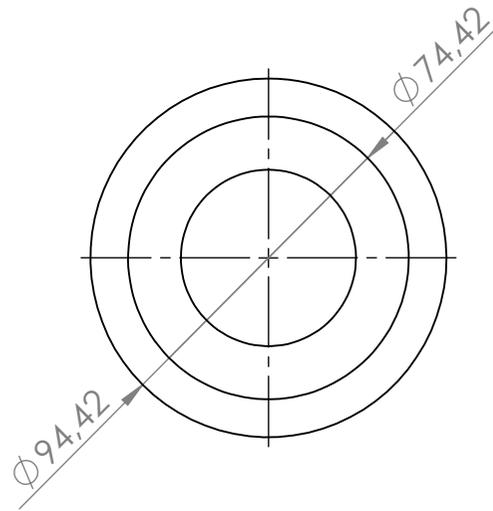
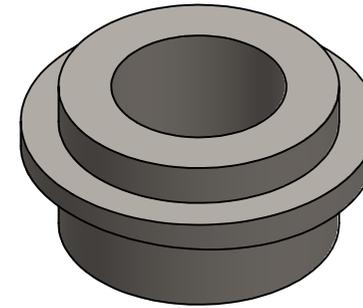
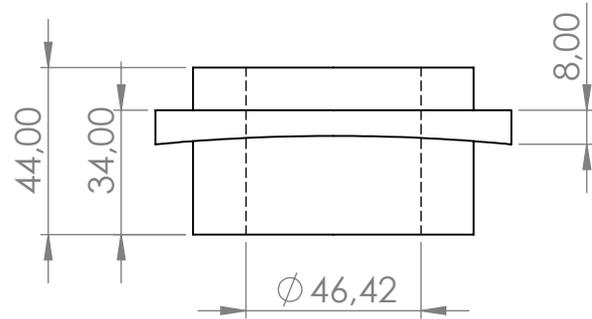
A

A

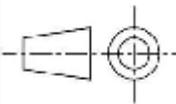


ESPOL			ERMARLO S.A.	Proyecto Diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260 de una central de alimentacion de GLP a una vivienda de 4 unidades familiares	
DIBUJ.	NOMBRE Fiallos J. Garibaldi V.	Tolerancia	Contiene: Vista en proyeccion ortogonal	Equipo: Oreja de Izaje	
VERIF.	Ing. Martínez	Unidades mm	Plano N.º 5	ESCALA: 1:2	
APROB.	Ing. Martínez	Materiales Acero ASTM A-36		Formato A4	Fecha 24/01/2021
			PESO: 2 Kg	HOJA:	1/1

6 5 4 3 2 1



ESPOL



ERMARLO S.A.

Proyecto

Diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260 de una central de alimentación de GLP a una vivienda de 4 unidades familiares

	NOMBRE	Tolerancia	Contiene:
DIBUJ.	Fiallos J. Garibaldi V.		Vistas en proyección ortogonal
VERIF.	Ing. Martínez	Unidades	Plano N.º
APROB.	Ing. Martínez	mm	6

Equipo:

Boquilla NTP 3/4"

Materiales

Acero ASTM A-36

PESO: 1 Kg

ESCALA: 1:2

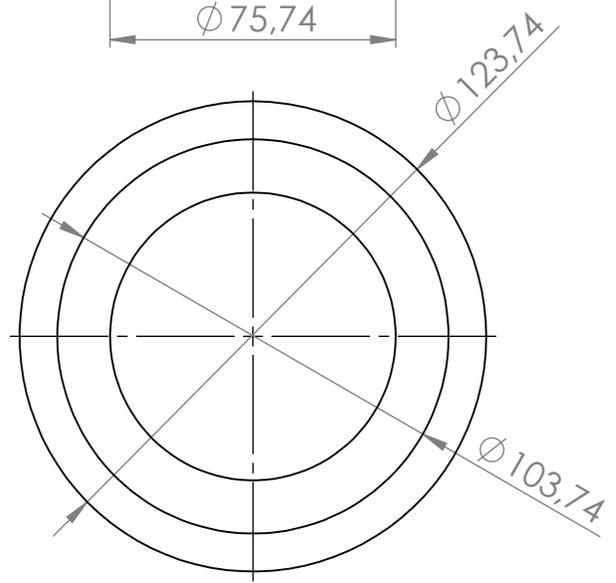
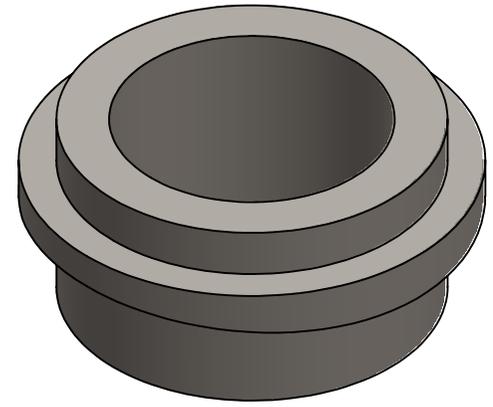
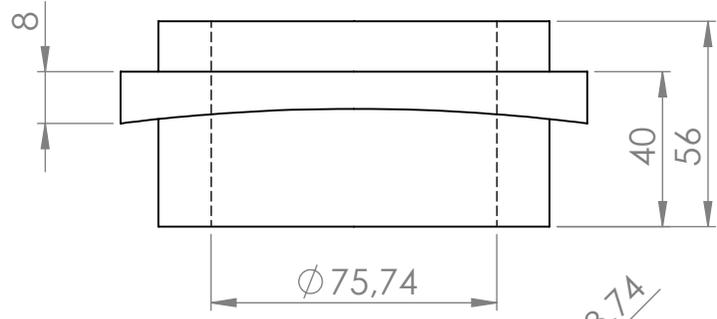
Formato
A4

Fecha
24/01/2021

HOJA:
1/1

6 5 4 3 2 1

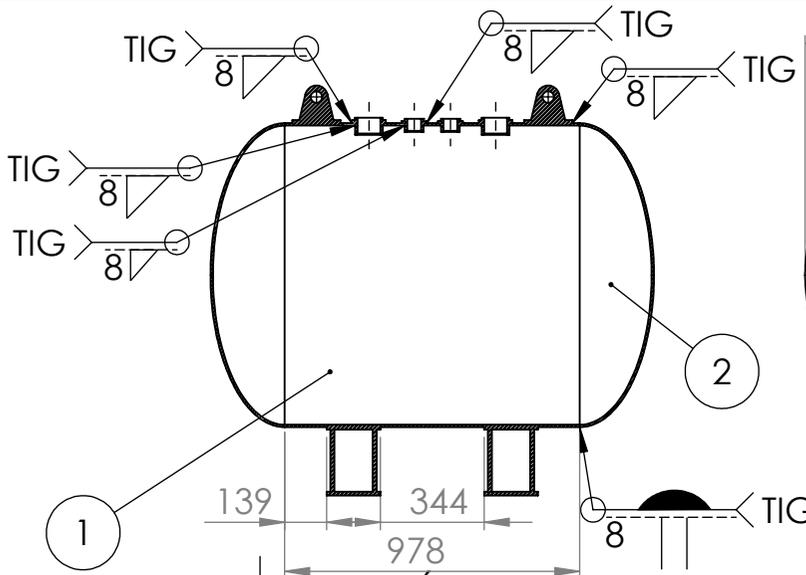
D
C
B
A



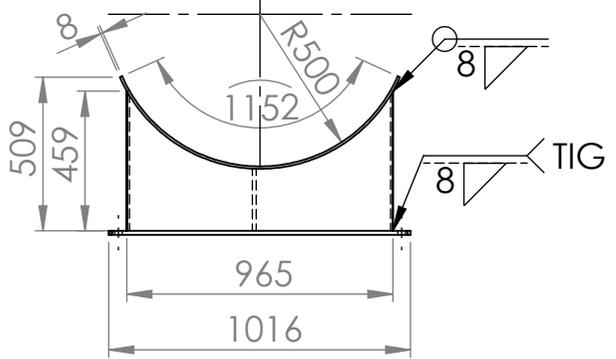
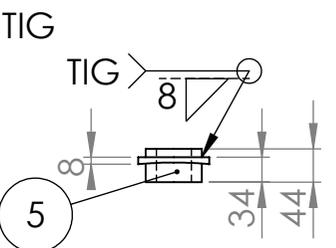
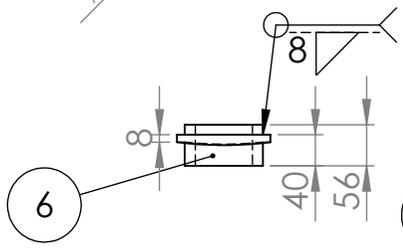
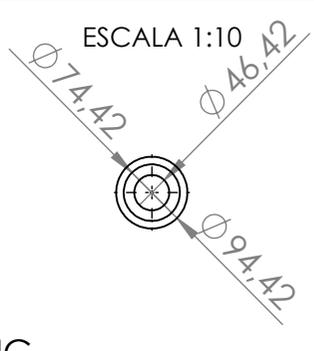
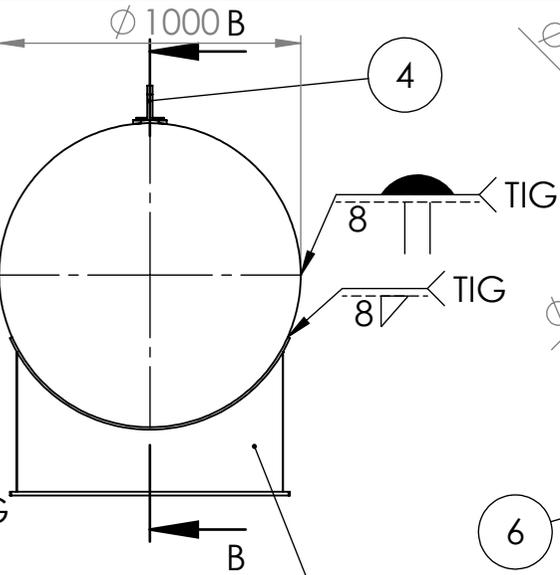
ESPOL				ERMARLO S.A.		Proyecto	
DIBUJ.		Fiallos J. Garibaldi V.		Contiene:		Diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260 de una central de alimentacion de GLP a una vivienda de 4 unidades familiares	
VERIF.		Ing. Martínez		Plano N.º		Equipo:	
APROB.		Ing. Martínez		7		Boquilla NTP 1 1/4"	
Materiales				PESO:		ESCALA: 1:2	
Acero ASTM A-36				2 Kg		Formato	
						A4	
						Fecha	
						24/01/2021	
						HOJA:	
						1/1	

6 5 4 3 2 1

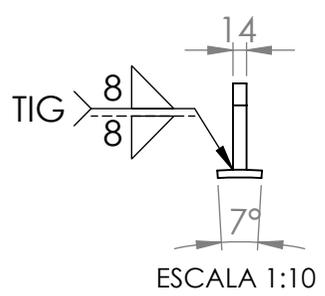
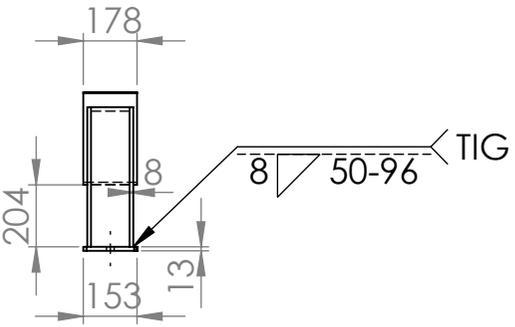
D
C
B
A



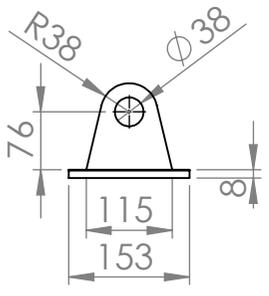
SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 25



ESCALA 1 : 25

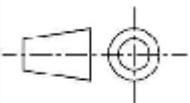


ESCALA 1:10



N° de elemento	Cantidad	Descripción
1	1	CUERPO CILINDRICO
2	2	CASQUETE ELÍPTICO
3	2	APOYO DEL TANQUE
4	2	OREJA DE IZAJE
5	2	BOQUILLA NTP 3/4"
6	2	BOQUILLA NTP 1 1/4"

ESPOL



ERMARLO S.A.

DIBUJ.	NOMBRE	Tolerancia	Contiene:
VERIF.	Fiallos J. Garibaldi V.	Unidades	Plano de construcción
APROB.	Ing. Martínez	mm	Plano N.º
Materiales			8

ACERO ASTM A-36

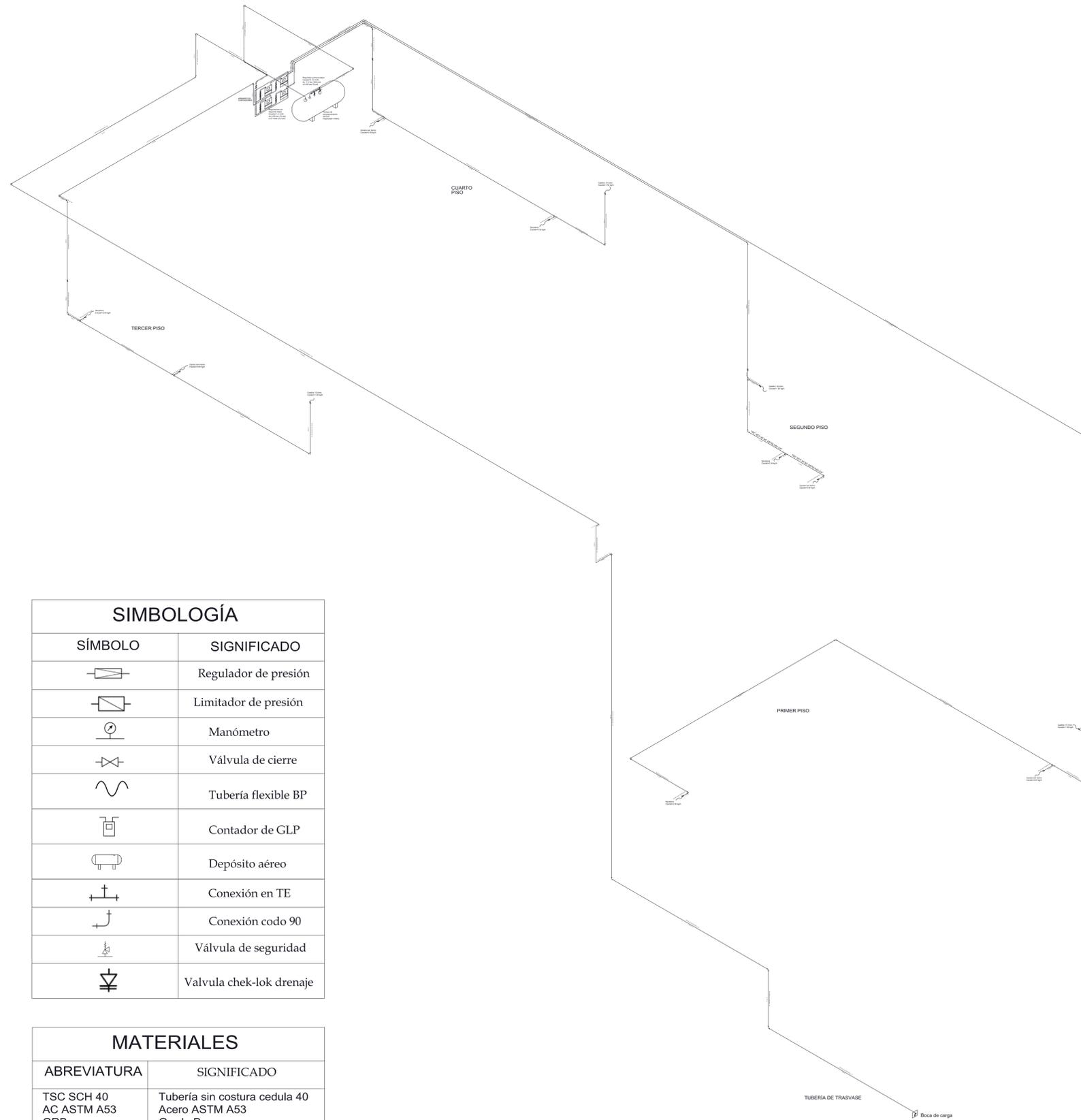
PESO:
342 Kg

Proyecto
Diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260 de una central de alimentación de GLP a una vivienda de 4 unidades familiares

Equipo:
Tanque de almacenamiento de GLP

ESCALA

Formato	Fecha	HOJA:
A4	24/01/2021	1/1



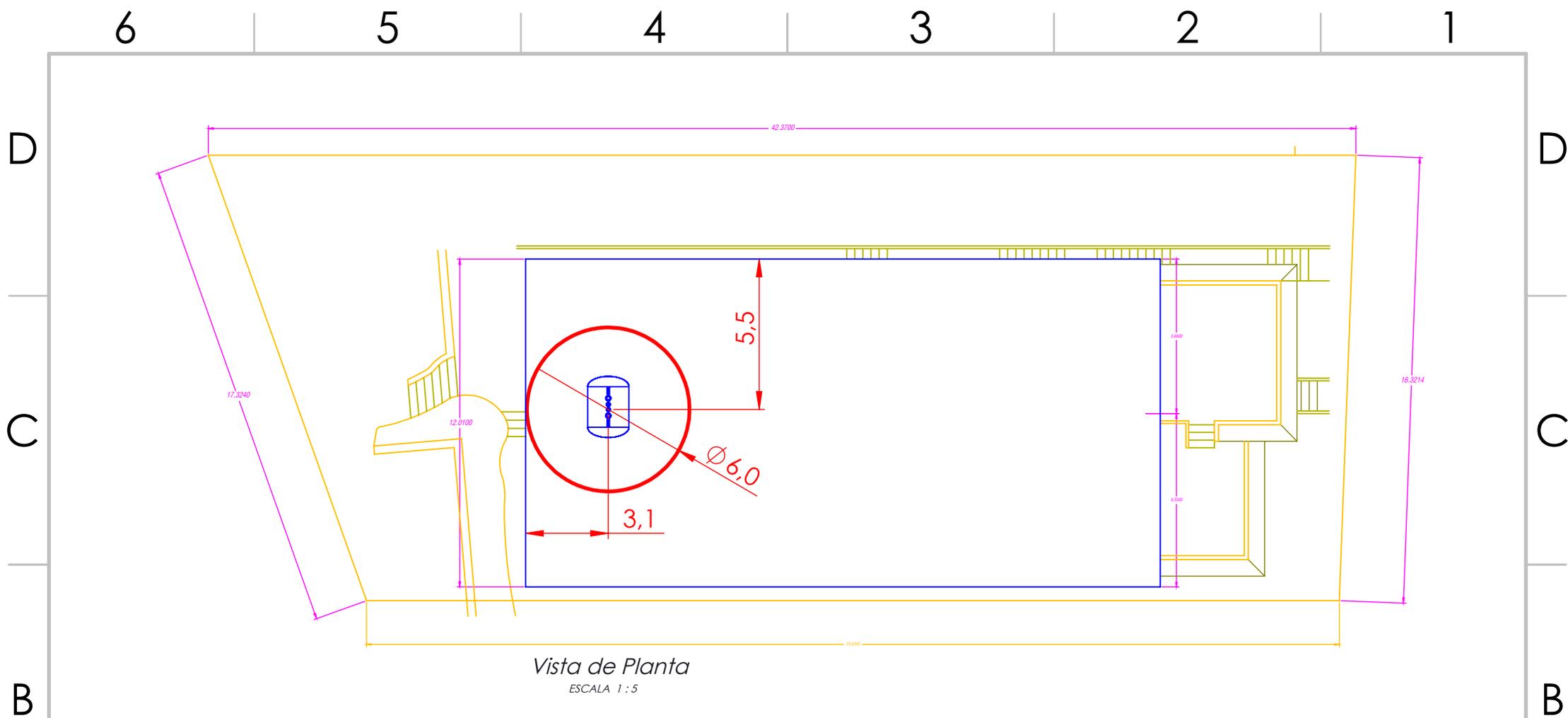
SIMBOLOGÍA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Regulador de presión
	Limitador de presión
	Manómetro
	Válvula de cierre
	Tubería flexible BP
	Contador de GLP
	Depósito aéreo
	Conexión en TE
	Conexión codo 90
	Válvula de seguridad
	Valvula chek-lok drenaje

MATERIALES

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
TSC SCH 40 AC ASTM A53 GRB 3/4" O 1 1/4"	Tubería sin costura cedula 40 Acero ASTM A53 Grado B Diámetro nominal 3/4" O 1 1/4"
CD 90 3/4" O 1 1/4" SCH 40 AC ASTM A234 WPB ASME B16.9	Codo 90 grados de 3/4" O 1 1/4" cedula 40 Acero ASTM A234 WPB ASME B16.9
TE 3/4" O 1 1/4" SCH 40 AC ASTM A234 WPB ASME B16.9	Te de 3/4" O 1 1/4" cedula 40 Acero ASTM A234 WPB ASME B16.9

ESPOL		ERMARLO S.A.		Proyecto: Diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260 de una central de alimentación de GLP a una vivienda de 4 unidades familiares
NOMBRE: Fialos J. Garibola V.	Tolerancia:	Contiene: Plano instalación	Equipo:	Sistema de distribución de tuberías
DBU: Ing. Martínez	Unidades: m	Plano N°: 9		
APROB: Ing. Martínez			Materiales: Acero ASTM A53 GRADO B	
			ESCALA: 20:1	
		Formato: AD	Fecha: 24/01/2021	Hojas: 1/1



ESPOL				ERMARLO S.A.		Proyecto Diseño de acuerdo con la norma NTE INEN 2260 de una central de alimentación de GLP a una vivienda de 4 unidades familiares	
DIBUJ.	NOMBRE Fiallos J. Garibaldi V.	Tolerancia	Contiene: Vista de planta			Equipo: Distancias mínimas de seguridad y ubicación del tanque	
VERIF.	Ing. Martínez	Unidades	Plano N.º			ESCALA: 1:5	
APROB.	Ing. Martínez	m	10				
Materiales N/A			PESO: N/A			Formato A4	Fecha 24/01/2021
						HOJA: 1/1	