



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Diseño y Construcción de una Instalación Canalizada de Gas  
Licuado de Petróleo para una Urbanización.”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIEROS MECÁNICOS**

Presentada por:

Ramón Arturo Segovia Loaiza

Mariom Andrea Carrasco Morán

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2011

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres por ayudarnos en el transcurso de la carrera, por dedicar gran parte de sus vidas a nuestra formación y crecimiento como personas de bien.

A nuestros hermanos a quienes les agradecemos su apoyo y por ser parte nuestra en la búsqueda permanente de un futuro mejor.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarnos a lo largo de nuestras vidas, y sobre todo en los momentos más difíciles.

A nuestros padres por su apoyo incondicional en todo momento, siendo un pilar fundamental.

Al Ing. Martínez y al Ing. Zabala por su constante apoyo en el desarrollo de este proyecto.

## **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

Ing. Gustavo Guerrero M.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Ernesto Martínez L.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Gonzalo Zavala O.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

---

Mariom Andrea Carrasco Moran

---

Ramón Arturo Segovia Loiza

## RESUMEN

En las afueras del norte de Guayaquil se está construyendo una urbanización privada de 480 viviendas, cada una de las cuales va a poseer cocina, horno y secadora que funcionan a partir de gas licuado de petróleo o GLP (cocina, horno y secadora de ropa a gas). Por lo que se necesitó una correcta instalación de gas para abastecer los equipos antes mencionados a lo largo de toda la urbanización.

Cada equipo deberá tener su propio cilindro de 15kg y debe cambiarlo cada mes aproximadamente de acuerdo al número de habitantes de la residencia. Pero debido a que la urbanización se encuentra distante de cualquier centro de abastecimiento de GLP (locales comerciales para adquirir tanques de 15 kg de GLP) hace que esta labor sea difícil para sus habitantes. Por último en el proceso de traslado de los cilindros estos pueden golpearse o deteriorarse continuamente poniendo en un estado

inseguro a las personas que los transportan como también a los consumidores.

Por este motivo se ofrece la alternativa de construir una red segura subterránea canalizada para transportar GLP que abastezca todas las villas, y que su fuente se encuentre centralizada en un tanque en la entrada de la ciudadela.

Por medio de un contrato con una comercializadora de GLP abastecer de gas el tanque estacionario brindando una autonomía continua a la urbanización y facilitando así a los residentes por el continuo abastecimiento del gas

Esta tesis consistió en el diseño y construcción de una instalación canalizada de gas licuado de petróleo para una urbanización. Como restricciones se considera que el recorrido de la red será bajo las veredas de la urbanización, se seleccionó la capacidad del tanque estacionario, los reguladores y diámetros de tubería apropiados mediante cálculos de las caídas de presión etc.

Una vez diseñada la red se procedió a realizar el presupuesto de la instalación bajo la norma INEN 2260:2010; La obra se realizó mediante un cronograma preestablecido, con días y fechas de cumplimiento, con un presupuesto completo de la obra. El presupuesto está desglosado en varios rubros como por ejemplo: precios de materiales, costo de mano de obra y los equipos necesarios para realizar la instalación.

Al final del proyecto se instaló toda la obra la cual abastece continuamente de gas GLP a todas las villas de la urbanización mediante una red centralizada segura. Se realizarán pruebas de fugas en toda la instalación antes de entregar la obra.



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII

	Pág.
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>3</b>
1 ANTECEDENTES.....	3
1.1 Propiedades del GLP.....	3
1.2 Utilización del GLP .....	6
1.3 Descripción del problema .....	11
1.4 Requerimientos.....	13
1.5 Solución propuesta .....	14
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>16</b>

2	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.....	16
2.1	Alcance, limitaciones y restricciones del proyecto.....	17
2.2	Normas a aplicar en el diseño e instalación.....	21
2.3	Diseño y descripción de la capacidad del tanque de almacenamiento de GLP.....	22
2.3.1	Diseño y selección de tanques por vaporización mínima requerida. .	30
2.3.2	Diseño y selección de tanques por autonomía requerida en la instalación.....	36
2.3.3	Ubicación del tanque estacionario de GLP.....	40
2.4	Diseño de tuberías.....	42
2.4.1	Selección del material de las tuberías.....	43
2.4.2	Diseño de tuberías.....	44
2.5	Selección de reguladores de gas GLP.....	61
2.6	Válvulas de cierre rápido.....	64
	<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>76</b>
3	PRESUPUESTO DE OBRA.....	76
3.1	Lista de materiales y precios.....	76
3.2	Lista de maquinarias y equipos a utilizar.....	77

3.3	Cotización de mano de obra y servicios prestados.....	78
3.4	Cronograma de trabajo para la construcción de la red .....	81
3.5	Presupuesto de la red interna de GLP en una villa modelo .....	82
3.6	Presupuesto de la obra.....	84
<b>CAPÍTULO 4</b>	.....	<b>85</b>
4	INSTALACIÓN .....	85
4.1	Instalación de la red.....	86
<b>CAPÍTULO 5</b>	.....	<b>135</b>
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	135
APÉNDICES		
BIBLIOGRAFÍA		

## ABREVIATURAS

GLP	Gas Licuado de Petróleo
BCBG	Benemérito de Cuerpo de Bomberos del Guayas
C	Grados Celsius
Kg	Kilogramo
m	Metro lineal
	Metro cuadrado
	Metro cubico
s/u	Sin Unidades
MJ	Mega Joule
BTU	British Thermal Unit
Gpm	Galón por minuto
Lpm	litro por minuto
	Máxima potencia teórica
QSC	Consumo máximo probable
	Factor de simultaneidad

## SIMBOLOGÍA

A	Área
L	Longitud
$\phi$	Diámetro
s/u	Sin Unidades
S/E	Sin Escala

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1:	TANQUES SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO.....	41
FIGURA 2:	ÁREA DE COBERTURA DE UN SPRINKLER NORMALIZADO..	
	.....	70
FIGURA 3:	CARACTERÍSTICAS DE LOS ROCIADORES.....	72
FIGURA 4:	TABULACIÓN DE TUBERÍAS PARA RIESGO LEVE .....	73
FIGURA 5:	CORTE DE UNA TUBERÍA DE POLIETILENO ENTERRADA	
	SEGÚN LA NORMA INEN 2260:2010.....	88
FIGURA 6:	EXCAVACIÓN DE LA ZANJA .....	89
FIGURA 7:	PRIMERA CAPA BASE DE ARENA DE 10 cm. DE ESPESOR	90
FIGURA 8:	APLICACIÓN DE SEGUNDA CAPA DE ARENA DE 20 cm.....	91
FIGURA 9:	TUBERÍA ENTERRADA Y COMPACTADA .....	92
FIGURA 10:	PLANCHA CALENTADORA CON TERMÓMETRO ADAPTADO	
	.....	96
FIGURA 11:	CALENTAMIENTO DE LA SILLETA Y LA TUBERÍA .....	97
FIGURA 12:	INSTALACIÓN DE LA SILLETA EN LA TUBERÍA .....	98
FIGURA 13:	PERFORACIÓN DE ORIFICIO PARA ACOMETIDA .....	99
FIGURA 14:	ALINEACIÓN DE LOS TUBOS DE POLIETILENO EN EL	
	CARRO GUÍA.....	101
FIGURA 15:	REFRENTADO DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO.....	102
FIGURA 16:	PLANCHA CALENTADORA CON TERMÓMETRO Y	
	RECUBIERTA DE TEFLÓN .....	103

FIGURA 17:	CALENTAMIENTO DE AMBOS EXTREMOS DE LOS TUBOS CON LA PLANCHA .....	104
FIGURA 18 :	INSPECCIÓN DE LA UNIÓN POR TERMOFUSIÓN A TOPE .....	106
FIGURA 19:	CALENTAMIENTO DE ACCESORIOS CON SOCKET .....	108
FIGURA 20:	UNION DE LAS PIEZAS POR TERMOFUSIÓN CON MANGUITOS .....	109
FIGURA 21:	TIPO DE JUNTA.....	110
FIGURA 22 :	TREN DE REGULACION DE PRIMERA ETAPA .....	116
FIGURA 23:	UBICACIÓN DEL CONTADOR EN UNA CASA MODELO....	117
FIGURA 24:	DIMENSIONES DE LA CAJA DEL CONTADOR.....	118
FIGURA 25:	TREN DE REGULACIÓN DE SEGUNDA ETAPA .....	119
FIGURA 26:	CONTADOR DE GLP .....	120
FIGURA 27:	PRUEBA DE PRESIÓN REALIZADA POR LA INSTALADORA... .....	124
FIGURA 28:	PERFORACIÓN DE LA TUBERÍA EN LA INSTALACIÓN DE UN POSTE DE ALUMBRADO PÚBLICO .....	126
FIGURA 29:	DAÑOS Y REPARACIONES EN LA LÍNEA DE POLIETILENO ... .....	127
FIGURA 30:	DAÑOS Y REPARACIONES DE POLIVÁLVULAS .....	128
FIGURA 31:	TUBERÍA DE POLIETILENO ALMACENADA A LA INTERPERIE .....	130
FIGURA 32:	DAÑOS EN LOS ACCESORIOS Y CAJAS DE CONTADORES.. .....	131

## ÍNDICE DE TABLA

		Pág.
Tabla 1.-	CONSTANTES FÍSICAS DEL GLP .....	5
Tabla 2.-	CONSUMO TEÓRICO DE LOS EQUIPOS .....	23
Tabla 3.-	FACTOR DE SIMULTANEIDAD .....	26
Tabla 4.-	TANQUES PARA ALMACENAMIENTO DE GLP MARCA TRINITY .....	35
Tabla 5.-	VALORES DEL FACTOR T .....	48
Tabla 6.-	TUBERÍA DE POLIETILENO COMERCIAL.....	56
Tabla 7.-	TUBERÍA DE POLIETILENO A UTILIZAR.....	61
Tabla 8.-	ESPECIFICACIÓN DEL REGULADOR DE PRIMERA ETAPA ....	63
Tabla 9.-	ESPECIFICACIÓN DEL REGULADOR SEGUNDA ETAPA.....	64
Tabla 12.-	TABLA DE MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR .....	77
Tabla 13.-	COSTO DE MANO DE OBRA .....	79
Tabla 14.-	TABLA DE LISTA DE MATERIALES .....	82

## INTRODUCCIÓN

Actualmente en Ecuador las instalaciones domesticas de GLP no se encuentran regularizadas permitiendo así que personal no calificado las realice. Esto conlleva a instalaciones inseguras que son potencialmente peligrosas y causantes de incendios.

La construcción de las urbanizaciones privadas está en auge en el país y la mayoría de ellas ofrece el servicio de la canalización del GLP. Esta instalación en las ciudadelas logrará mejorar la logística que se venía aplicando para el abastecimiento de este servicio básico, que consistía en utilizar cilindros de 15 Kg.

El uso de estos cilindros no brinda una autonomía constante al usuario, tomándolo de imprevisto cuando ha hecho uso de todo su contenido dejándolo sin el servicio el tiempo que él mismo tome en reabastecerse.

Los diseños se realizan en su mayoría para suministrar el servicio a equipos como: cocina a gas, horno a gas y una secadora de ropa a gas.

Para llevar a cabo la instalación de la canalización del GLP, el sistema debe cumplir con las normas vigentes en el Ecuador acerca del manejo de combustibles en áreas residenciales.

Por medio de esta canalización del GLP, además de brindar mayor seguridad y confort a los usuarios, gozarán de un ahorro económico, debido a que el 20% del contenido de GLP de los cilindros básicos de 15 kg no se los puede consumir y retorna a la envasadora, pero este porcentaje anterior lo paga el consumidor aunque no lo use. Por lo tanto con la construcción de la canalización se cancelará el GLP consumido exactamente, el cual será facturado mediante un contador que será instalado en cada vivienda.

El abastecimiento del GLP para la urbanización será directamente mediante la comercializadora terminando así con la especulación que existe en el mercado por los distribuidores.

El presente trabajo trata del “Diseño y Construcción de una Instalación Canalizada para Gas Licuado de Petróleo para una Urbanización”, la cual contiene 480 viviendas y se cubrirá las necesidades de los equipos que comúnmente utilizan los usuarios en nuestro medio.

# CAPÍTULO 1

## 1 ANTECEDENTES

El gas licuado de petróleo o GLP usado en el Ecuador es importado y está formado por mezclas de los hidrocarburos: Propano 60% y Butano 40%, el cual es almacenado y distribuido en estado líquido en recipientes herméticos a presión.

### 1.1 Propiedades del GLP

El GLP posee las siguientes propiedades:

- **Es incoloro:** no posee color en las fases líquida y gaseosa. Sólo se hace visible cuando el gas líquido es liberado en

forma muy rápida en un medio saturado de humedad por las gotas de agua en suspensión.

- **Es inodoro:** Para su comercialización se lo mezcla con algunos sulfuros y/o mercaptanos, estas sustancias le dan olor y permiten que en caso de fuga de GLP esta pueda ser fácilmente detectada.
- **Es más denso que el aire:** El vapor de GLP es casi dos veces más denso que el aire, por tal razón cuando existe una fuga o es liberado al ambiente, este tiende a asentarse y en caso de no existir corrientes de aire, permanecerá inmóvil, con una gran probabilidad de ser el causante de una deflagración.
- **Menos denso que el agua:** En estado líquido o gaseoso si es liberado dentro de un recipiente con agua, asciende y puede vaporizarse y si está abierto a la atmosfera con una gran probabilidad de ser el causante de una deflagración.
- **Poder disolvente:** El GLP en estado líquido es disolvente de pinturas, aceites, grasas, caucho natural, etc. mismo poder que disminuye en estado gaseoso. Esta propiedad hay que

tener en cuenta a la hora de seleccionar los materiales que estarán en contacto directo con el gas.

- **No es tóxico:** En estado gaseoso puede producir asfixia cuando la persona se encuentra expuesta en un lugar cerrado que contenga una atmósfera altamente concentrada de GLP, donde no exista oxígeno.

**Tabla 1.- CONSTANTES FÍSICAS DEL GLP**

<b>PROPIEDADES</b>	<b>GLP</b>	<b>Unidad</b>
<b>Auto inflamabilidad</b>	>400	C
<b>Densidad absoluta del gas a 15° C y 1013 mbar</b>	510	[kg/m <sup>3</sup> ]
<b>Densidad relativa</b>	1,27	s/u
<b>Poder calorífico superior másico</b>	49,77	[MJ/kg]
	47.222	[BTU/kg]
<b>Poder calorífico superior volumétrico a 15°C y 1013 mbar</b>	104,41	[MJ/m <sup>3</sup> ]
	98.963,64	[BTU/m <sup>3</sup> ]

\*Fuente: Catalogo Comercial: especificaciones técnicas del GLP

(Repsol-Ecuador).

## 1.2 Utilización del GLP

Se emplea principalmente como gas combustible doméstico, comercial, agrícola e industrial, en algunos procesos químico-industriales y como combustibles para motores.

El consumo de GLP constituyen ventajas como:

- Combustión completa sin dejar residuos o cenizas.
- Limpieza de la llama, no produce hollín.
- Producción directa de la llama sin transformación del combustible.
- Accesorios de poco costo de mantenimiento.
- Alta eficiencia calorífica.
- Facilidad de montaje de las instalaciones.
- Calor constante de la llama.

En la actualidad algunos equipos domésticos e industriales utilizan el GLP como materia prima para operar, por ejemplo: cocina a gas, calefón a gas, secadora a gas, calentador de piscina, fogata a gas,

etc, mientras que en el área industrial se tiene secadoras de cacao, secadoras de tabaco, quemadores, etc, por lo que el uso del GLP cada día se vuelve más común y necesario en la vida diaria.

Desde el punto de vista del sector residencial, en una vivienda pueden existir varios equipos que funcionen a gas, los mismos que pueden estar separados a diversas distancias a lo largo de la vivienda, tomando en consideración la necesidad de un cilindro independiente para cada equipo (consumidor) o caso contrario de un sistema centralizado que canalice una sola fuente localizada de gas a cada uno de los equipos.

Por lo tanto, que surge la necesidad de diseñar un sistema centralizado de gas por tubería, el cual abastezca a todos los equipos desde una sola fuente localizada.

Este sistema puede ser un colector o batería de cilindros de 15 kg o un tanque estacionario el cual brinde una autonomía necesaria al sistema.

La utilización de cilindros básicos de 15 kg no resulta la mejor opción en la actualidad para el consumidor ya que nunca se puede consumir todo el producto que contiene el cilindro, siempre va a existir un remanente del 20% de GLP en el fondo que no se podrá consumir debido a que nunca se llega a vaporizar todo el GLP del tanque; sin embargo el cliente paga por los 15 kg que posee el contenedor de gas y al intercambiarlo con la comercializadora devolverá el remanente que será de aproximadamente 3 kg. En síntesis, el cliente paga por una cantidad de GLP que no utiliza y devuelve a la comercializadora.

Otra de las razones por la cual no es conveniente el uso de tanques de 15 kg es porque el colector de cilindros necesita estar cambiando de tanques constantemente. Se necesita una persona que retire el tanque vacío de la vivienda y lo lleve a una comercializadora de GLP para intercambiarlo por uno lleno; lo que conlleva a un gasto de tiempo y dinero para realizar esta operación.

Estos cilindros generalmente a nivel nacional se los intercambia una vez al mes, pero con la carga de trabajo en la actualidad el hombre

no puede desperdiciar tiempo en el transporte de estos cilindros hasta cada una de las residencias. Si se evalúa este gasto por el número de viviendas en una ciudad daría como resultado una importante suma de dinero desperdiciado. Si se tratase de una instalación con un reservorio estacionario fuera de las residencias, la comercializadora de GLP llenaría constantemente el mismo y el residente de cada vivienda no deberá preocuparse por adquirir los cilindros individuales, ahorrando tiempo y dinero.

Por este motivo ya en países desarrollados, el suministro de GLP es centralizado, transportado desde una sola fuente de almacenamiento hacia todas las edificaciones en una ciudad en donde se necesite abastecer de GLP, tal como es la red de agua potable o energía eléctrica. Para llevar un control del consumo, se instala un medidor de caudal fuera de cada vivienda, que indica los metros cúbicos consumidos por cada residencia; de esta manera se factura solo el combustible utilizado a lo largo del mes y se cobraría lo justo al cliente.

Otro problema que se presenta en el uso de cilindros de 15 kg es la especulación, oficialmente el cilindro de 15 kg tiene un precio de USD 1.70, sin embargo, en el mercado se lo comercializa entre USD 1,8 a USD 2,5 sin importar el sector, afectando económicamente de este modo al consumidor final. Es así que si se utiliza un reservorio estacionario de GLP, cuyo precio al granel es actualmente subsidiado por el estado cuyo valor asciende a \$0.12/Kg. El abastecimiento desde la comercializadora de GLP hacia los consumidores finales sin que intervenga la firma distribuidora, acabará con la especulación.

Es importante aclarar en la actualidad en el Ecuador no existe un organismo que controle la instalación de cilindros de 15 kg de GLP, comúnmente las instalaciones son realizadas por personal no calificado, dejando una instalación insegura con fugas que, según el BCBG, se estima como la segunda mayor causa de incendios residenciales en la ciudad de Guayaquil.

### **1.3 Descripción del problema**

En las afueras de la ciudad se construye una urbanización privada de 480 viviendas, cada una de ellas contará con 3 equipos domésticos que consumen GLP como son: una cocina, un horno y una secadora doméstica.

Estas viviendas tienen un área aproximada de 100 m<sup>2</sup> de construcción, las cuales poseen un pequeño patio y zaguán en el cual no podrá albergar cilindros de 15 kg de GLP mucho menos trasladarlos, por este motivo se necesita centralizar el abastecimiento fuera de la residencia y canalizarlo hacia cada vivienda.

Debido a la considerable distancia de la urbanización al sector comercial, la compra de cilindros de 15 kg de GLP para cada residencia se dificulta. El costo final del producto se vería incrementado debido al traslado de los tanques de gas para cada vivienda.

En el traslado, los cilindros se golpean y presentan hendiduras, o abolladuras en la válvula de control de paso. Todos estos problemas generalmente desencadenan en un daño en la válvula check del tanque provocando una leve fuga casi imperceptible del contenido del mismo, y aun más peligroso si el tanque permanece en un lugar confinado, el cual puede tornarse peligroso. Por los motivos antes mencionados, un colector o batería de cilindros de 15 Kg de GLP no sería solución segura.

Por los motivos antes señalados, este proyecto está destinado al Diseño y Construcción de una Instalación Canalizada de Gas Licuado de Petróleo para una Urbanización. Este es un proyecto cuyo modelo puede ser aplicado a cualquier urbanización independiente del número de viviendas y equipos de GLP en cada una de ellas. Para la instalación se aplicarán normas vigentes en el Ecuador acerca de instalaciones de GLP para uso residencial.

Todos los equipos, procedimientos, materiales, etc. son los utilizados en la mayoría de las instalaciones de GLP a nivel residencial en el Ecuador. Es así que para un nuevo proyecto para

otra urbanización diferente a la mencionada, lo único que se deberá variar es el arreglo y distribución de las viviendas y el número de equipos. La instalación, las normas a aplicar y la metodología de cálculo es la misma.

#### **1.4 Requerimientos**

Para este proyecto, se requiere un sistema seguro de abastecimiento del GLP que cumpla normas de instalación en sectores residenciales en Ecuador. El sistema debe alimentar a 3 equipos en cada una de las 480 viviendas.

El sistema debe tener una autonomía de 15 días mínimo antes del próximo reabastecimiento de combustible. Esta condición viene dada por la comercializadora de GLP de acuerdo a la programación de despacho por parte del departamento de ventas.

Se necesita que el sistema posea un auto bloqueo ante posibles fugas o perforaciones en la línea, con la finalidad de brindar seguridad a lo largo del recorrido de la línea de abastecimiento.

El sistema de cobranza será facturando sólo del GLP consumido por cada domicilio. Esto lo logrará mediante un medidor instalado fuera de la vivienda, tal como es el servicio eléctrico o el de agua potable.

Se requiere que el sistema necesite de poca o ninguna manipulación por parte del residente o personal no calificado para operar estos equipos. Por último, el sistema de abastecimiento debe contar con un constante soporte y asesoría técnica en caso de tener alguna emergencia o contratiempo en la instalación en funcionamiento.

### **1.5 Solución propuesta**

Como solución se presenta un sistema de GLP centralizado desde un reservorio de gas alejado de las viviendas y canalizado hacia cada una de estas mediante vía subterránea a lo largo de la urbanización. Este sistema contará con reservorios estacionarios que brinden una autonomía de aproximadamente 15 días a toda la urbanización.

La instalación contará con regulador de presión de primera etapa (a la salida de los tanques) que poseerá un bloqueo mecánico que bloquea el abastecimiento del gas en la línea para evitar algún riesgo en caso de que exista alguna fuga en la línea principal de la urbanización.

En cada vivienda será instalado un contador de GLP que indicará el consumo de combustible por el cual el usuario deberá cancelar mensualmente. Además en cada vivienda existirá un sistema de regulación de segunda etapa que en caso de que exista alguna fuga en la línea interna de la vivienda esta active un mecanismo de bloqueo que cierre el paso del gas desde el contador hacia la vivienda.

En toda la instalación se respetarán las normas que rigen en la localidad que regulan las instalaciones de GLP para uso residencial, en nuestro caso la Norma INEN 2260:2010.

# CAPÍTULO 2

## 2 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.

Para empezar con el diseño de la instalación del GLP se especifica bajo que parámetros se va a regir el proyecto, su alcance, limitaciones y restricciones, normas a aplicar, etc.

Una vez cumplido lo anterior, se calcula la demanda que tendrá que cubrir la instalación. Luego se procede a diseñar y seleccionar el volumen del reservorio de almacenamiento, su ubicación, el diseño de las tuberías, la selección de reguladores, los accesorios a utilizar en la instalación, etc.

## **2.1 Alcance, limitaciones y restricciones del proyecto.**

Todos los cálculos y tablas de este proyecto pueden ser aplicados en cualquier tipo de urbanización residencial, independiente del número de equipos y viviendas.

Específicamente este diseño se aplica para una urbanización del tipo privada ya que los reservorios de combustible se instalarán por seguridad dentro de un lugar custodiado, en donde la administración de la urbanización contratará una empresa comercializadora de GLP para que brinde el debido soporte y asesoramiento técnica.

El cálculo se realizara para el consumo de 480 viviendas, donde cada una poseerá: una cocina, un horno y una secadora doméstica.

Los cálculos serán realizados según el libro “Los Gases Licuados de Petróleo” que utiliza la empresa comercializadora de gas para los diseños de instalaciones, que deberá cumplir ciertos parámetros para que esta instalación sea considerada comercialmente viable.

La instalación de las tuberías será subterránea, además, se instalará en una zanja independiente a la tubería de agua, redes de datos y energía eléctrica. La tubería pasará por debajo de la acera y desde allí ingresará a cada solar con una derivación.

Se realizará la construcción de un sistema de enfriamiento de los reservorios cuyas especificaciones son detalladas en la norma NFPA 13: 2001. El proyecto no se considera el costo de los extintores, colocación de afiches y letreros de seguridad, sin embargo, se menciona todo lo que debe poseer la instalación para cumplir con la norma anterior mencionada.

Para el diseño se debe tomar en cuenta los siguientes requerimientos tanto por parte de la constructora, como por la comercializadora de GLP:

**Requerimientos de la constructora.**

- Acatar el arreglo de la ubicación de las viviendas dado por la constructora, y a partir del diseño o ubicación de la urbanización se empieza a diseñar el tendido subterráneo

que canalizará el GLP a todas las viviendas. Ver Apéndice F Plano 1.

- Se proporcionará un área máxima de 2 solares donde se ubicará los reservorios de GLP.
- La tubería deberá pasar bajo la acera a lo largo de toda la urbanización.
- Se deberá excavar una zanja independiente a la tubería de agua, energía eléctrica, redes de datos, etc;
- Las acometidas de cada una las viviendas deben estar a 1 m hacia la derecha de ingreso a la misma tomando en cuenta desde la caja de aguas lluvias, y a 7,40 m de distancia una de otra.
- La longitud de dicha acometida será de 2 m. hacia el solar y terminará en un tapón de polietileno de  $\frac{1}{2}$ , que servirá para la instalación del equipo contador de flujo.

Cada vivienda que desee adquirir el servicio de abastecimiento de GLP, deberá realizar la instalación interna removiendo el tapón de la acometida y conectándose al servicio. Luego deberá firmar un

contrato con la comercializadora, para que le instale un contador fuera de la vivienda para su abastecimiento.

### **Requerimientos de la comercializadora de GLP.**

- La autonomía de combustible dentro de la urbanización deberá ser mínimo de 15 días entre reabastecimientos.
- Se deberá realizar una prueba de estanqueidad para certificar la instalación que deberá estar libre de fugas, la carga del reservorio no se realizará hasta cumplir con esta prueba.
- Se deben instalar poliválvulas en lugares estratégicos a lo largo de la red para garantizar que en caso de que exista alguna fuga en la línea, esta se pueda sectorizar, aislándola y reparándola sin interferir en el abastecimiento a las demás zonas de la urbanización.

Una vez que se tiene en cuenta los requerimientos, alcances y limitaciones se procederá a aplicar las normas para el diseño e instalación de la red de GLP.

## **2.2 Normas a aplicar en el diseño e instalación.**

Para la instalación se aplicaran normas nacionales e internacionales que correspondan instalaciones de GLP para uso residencial.

Este proyecto será realizado bajo las siguientes normas:

- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2260:2010 Segunda Revisión 2010-01. Instalaciones de Gases Combustibles para Uso Residencial, Comercial e Industrial. Requisitos.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 440:1984 Primera Revisión. Colores de Identificación de Tuberías
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2494:2009 Primera Revisión. Gasoductos Sistemas de Distribución de Gases Combustibles por Medio de Ductos. Requisitos.
- Norma NFPA 58 Liquefied Petroleum Gas Code 2001 edition
- Norma NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems 1999 Edition

Cabe destacar que el BCBG aplica la norma INEN 2260:2010 para regular las instalaciones de GLP en Guayaquil. Además, este ente actúa como inspector de obra otorgando un permiso de factibilidad para la instalación de los reservorios siempre y cuando cumpla con todos los estatutos establecidos por la norma.

### **2.3 Diseño y descripción de la capacidad del tanque de almacenamiento de GLP.**

Para el dimensionamiento de los tanques o reservorios de almacenamiento, el equipo de regulación y las tuberías, se debe determinar primero el consumo total de la instalación.

Como son 480 viviendas y cada una posee 3 equipos (cocina, horno y secadora de ropa a gas) se presenta en la Tabla 2 los consumos por equipo.

**Tabla 2.- CONSUMO TEÓRICO DE LOS EQUIPOS**

DESCRIPCIÓN	Cant.	Unitaria	Total
		BTU/h	BTU/h
COCINA DOMÉSTICA A GAS	480	55,000	26 400,000
HORNO DOMESTICO A GAS	480	45,000	21 600,000
SECADORA DE ROPA A GAS	480	30,000	14 400,000

\*Fuente: Tabla de consumo de GLP en equipos domésticos (Repsol Ecuador).

Una vez reconocida la demanda de los equipos, se procede a determinar la máxima potencia teórica de los equipos de toda la urbanización . Este es un cálculo que indica, por experiencia, que no todos los equipos en una vivienda estarán operando al mismo tiempo, por lo cual se utiliza la ecuación 2.3

---

(2.3)

Donde:

Y son los consumos de los equipos

Por lo tanto:

$Q_1$ : consumo de cocina

$Q_1$ : consumo de cocina

$Q_2$ : consumo de horno

$Q_3$ : consumo de secadora de ropa

Por lo tanto se obtiene lo siguiente:

Reemplazando se obtiene:

---

Por lo tanto, la máxima potencia teórica de los equipos para la urbanización es \_\_\_\_\_ o para expresarlo en \_\_\_\_\_ se lo divide para el poder calorífico superior máximo del

GLP. Obteniendo lo siguiente:

---

El cálculo anterior refleja que todas las viviendas tienen sus equipos operando al mismo tiempo; pero hay que tener en cuenta que esto nunca sucede, por lo cual se aplica un Factor de simultaneidad que es la relación existente entre la máxima demanda probable y la máxima potencia de gas.

El factor sirve para calcular la máxima cantidad de equipos probables que pueden estar en funcionamiento al mismo tiempo en toda la urbanización. Este factor fue obtenido a través de estudios estadísticos de la comercializadora de GLP y se resume en la Tabla 3.

**Tabla 3.- FACTOR DE SIMULTANEIDAD**

Factor de simultaneidad		
de viviendas		
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
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
<u>50 o más</u>	<u>0.15</u>	0.35

\* Fuente: "Los Gases Licuados de Petróleo" Pág. 333

Como en este proyecto no existen calefones, se utiliza la columna fs (sin calefón), donde para más de 50 villas el factor es igual a 0,15

Una vez obtenido este factor se determina el consumo máximo probable de toda la urbanización como  $Q_{SC}$  [Kg/h] a través de la ecuación 2.4:

(2.4)

Donde reemplazando se obtiene:

Para el diseño se necesita el consumo mensual estimado, por lo tanto, se debe determinar primero el consumo diario estimado. Por experiencia de la comercializadora con proyectos operativos similares al presente, el consumo diario estimado es calculado a través de la ecuación 2.5 presentada a continuación:

(2.5)

El factor 1.9 indica el tiempo promedio en horas/día en los que los equipos operan a lo largo del día. (Información proporcionada por la comercializadora)

Otro parámetro necesario para el diseño de tanques es la tasa de vaporización mínima requerida por la demanda, la cual consiste en la tasa necesaria de vaporización interna en los tanques, para que no se extraiga GLP en estado saturado y evitar el congelamiento de los tanques y la línea. Esta tasa de vaporización es calculada mediante la ecuación 2.6

(2.6)

Esta ecuación utiliza un factor de intermitencia . Este factor indica la tasa de vaporización mínima que debe de existir dentro del reservorio para abastecer la demanda requerida de combustible en estado gaseoso, sin que exista extracción de combustible saturado. El factor viene dado por la comercializadora y para el proyecto en mención es de 0.555

Por lo tanto si:

Se obtiene reemplazando en la ecuación 2.6 lo siguiente:

Una vez calculada la vaporización mínima requerida, se procede a diseñar el volumen del reservorio o grupo de tanques.

Existen dos condiciones que se deben de tener en cuenta para la selección del volumen de los tanques y estas son:

1. La vaporización natural dentro del reservorio debe ser mayor a la vaporización mínima requerida por la instalación, evitando así la necesidad de instalar evaporadores.
2. El volumen de los tanques debe de brindar una autonomía de combustible por más de 15 días.

A continuación se realiza el diseño de los tanques según cada uno de los puntos anteriores.

### **2.3.1 Diseño y selección de tanques por vaporización mínima requerida.**

La vaporización natural de un depósito de GLP se puede obtener mediante la ecuación 2.7:

(2.7)

Donde:

D = Capacidad de vaporización natural de GLP (kg/h).

a = Porcentaje de la superficie de depósito que está en contacto con el líquido. Depende del porcentaje de llenado del depósito (20% a = 0,336; 30% a = 0,397).

S = Superficie del depósito en m<sup>2</sup>.

K = Coeficiente de intercambio de calor con el exterior. Depende de la velocidad del viento y de la

unidad relativa del aire (para viento en calma  
12 Kcal/hm<sup>2</sup> °C)

Te = Temperatura mínima prevista en el ambiente  
en el que está instalado el depósito (293 K).

Ti = Temperatura del GLP en el interior del  
depósito. Será la temperatura de ebullición que  
corresponde a la presión de servicio de la red y al tipo  
de mezcla del GLP (se utilizó la mezcla de 40%  
Butano y 60% Propano y es 253 K).

c = Calor de vaporización del propano. Depende  
de la temperatura de ebullición y de la mezcla  
comercial del GLP para nuestro caso se tomó 94  
Kcal/kg.

Y se conoce que:

a = 0.336; se escoge un 20% del llenado ya que a este  
mínimo nivel de llenado debe vaporizar  
correctamente antes de la siguiente carga.

S = (área a calcular correspondiente a tanques en m<sup>2</sup>)

K = 12 Kcal/hm<sup>2</sup> °C

$$T_e = 293 \text{ K}$$

$$T_i = 253 \text{ K}$$

$$C = 94 \text{ Kcal/kg}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 2.7 se obtiene:

$$\frac{\quad}{\quad}$$

Como se menciono anteriormente se debe cumplir que:

Vaporización mínima  $\leq$  vaporización natural del tanque

Es decir que:

Despejando S se obtiene:

Por lo tanto se necesita un tanque o grupo de tanques cuya superficie sumada sea de  $56,6 \text{ m}^2$  o mayor.

Cabe recalcar que los tanques para almacenamiento de GLP deben de disponer del correspondiente certificado de conformidad con la norma INEN 2261 vigente y el Código ASME Sección VIII la misma que aplica para tanques sobre el nivel del terreno.

Para la selección, a continuación se presenta en la Tabla 4 las dimensiones de los tanques para almacenamiento de GLP marca Trinity, que cumplen con las normas indicadas anteriormente.

De la Tabla 4 se selecciona 2 tanques de  $7,51 \text{ m}^3$ , el área total expuesta al combustible será de  $S = 63,10 \text{ m}^2$ ; que reemplazada en la ecuación 2.7 se obtiene:

---

De esta manera se logra cumplir que:

Vaporización mínima  $\leq$  vaporización natural del grupo de tanques

**Tabla 4.- TANQUES PARA ALMACENAMIENTO DE GLP  
MARCA TRINITY**

Vol. del tanque (m <sup>3</sup> )	Tipo	Superficie ( m <sup>2</sup> )	Dimensiones (m.)			Peso del tanque vacío (kg.)
			Altura (Vertical)	(Horizontal)	Diámetro ext.	
0,3	Aéreo	2,52	0,82	1,67	0,62	111,1
0,45	Aéreo	3,43	0,82	2,07	0,61	132,4
1	Aéreo	6,36	1,00	2,19	0,80	214,1
2	Aéreo	8,70	1,16	3,00	0,95	395
4	Aéreo	17,00	1,25	4,85	1,04	784,3
7.51	Aéreo	31,55	1,27	9,35	1,04	1 500
10	Aéreo	32.10	4,62	12	7,00	2000
15	Aéreo	35,58	5,99	17,4	7,00	3000

\*Fuente: Catalogo Comercial de tanques para almacenamiento de GLP marca TRINITY

En síntesis la selección de 2 tanques de 7,51 m<sup>3</sup> garantiza que no existirán problemas de vaporización de GLP,

además, de cumplir con la condición de vaporización, los tanques deben de ser diseñados de acuerdo al tiempo de autonomía requerida lo cual se explica a continuación.

### **2.3.2 Diseño y selección de tanques por autonomía requerida en la instalación.**

Para calcular el volumen necesario que brinde una autonomía de 15 días o mas se debe realizar el siguiente análisis.

De la capacidad de almacenamiento de un tanque de GLP se debe considerar un valor del 68% de su volumen total como útil, debido a lo descrito a continuación:

Estos se llenan hasta un máximo del 85% de su capacidad, por seguridad queda un 15% de margen que podrá absorber cualquier expansión del producto almacenado.

Del volumen anterior de llenado, solo un 80% se considera útil ya que el nivel de estos nunca está por debajo del 20% de reserva, de esta manera se evita tener problemas con la vaporización natural del producto.

Teniendo en cuenta lo anterior, se obtiene mediante la ecuación 2.8 que la capacidad de almacenamiento real

es:

(2.8)

Donde  $\rho$  es

Por lo tanto:

Por otro lado mediante la ecuación 2.9 se calcula cuantos días de autonomía brinda el volumen de un reservorio de combustible según la demanda requerida.

\_\_\_\_\_

(2.9)

Reemplazando la ecuación 2.8 en 2.9 y despejando  $V$  se obtiene la ecuación 2.10:

$$\text{---} \text{---} \quad (2.10)$$

Para este proyecto el consumo de combustible es de 333.146  $\text{---}$ , y la autonomía debe ser mayor o igual a 15 días, sustituyendo estos valores en la ecuación 2.10 se obtiene:

$$\text{---} \text{---}$$

Por lo tanto utilizando 2 tanques de 7.51  $\text{m}^3$  cada uno, se tendrá un volumen total de 15.02  $\text{m}^3$  que sería mayor al requerido para brindar una autonomía de más de 15 días.

Para conocer la autonomía en días que brindan dos tanques de  $7.51 \text{ m}^3$  se reemplaza el volumen en la ecuación 2.9 obteniendo:

---

---

Es decir que la selección de 2 tanques de  $7.51$  cada uno; brindan una autonomía de  $15.53$  días, cumpliendo lo solicitado por la comercializadora de GLP y sin tener problemas de vaporización.

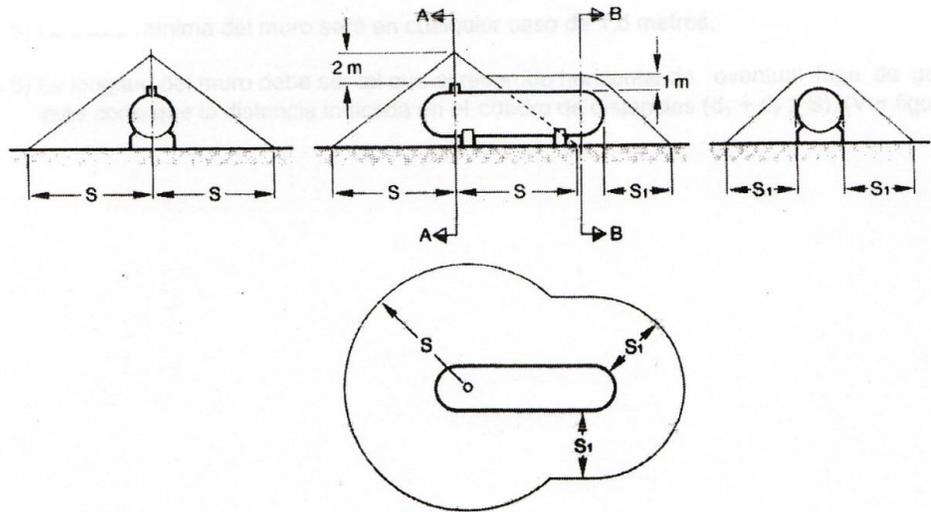
En caso de que el volumen de los tanques seleccionados no cumpla con los días de autonomía, se procede a elegir tanques de un mayor volumen sin que esto afecte a la tasa de vaporización mínima requerida.

### 2.3.3 Ubicación del tanque estacionario de GLP.

Este proyecto contará con 2 tanques de 7.51 m<sup>3</sup> cada uno y se clasifica como tanques aéreos, por lo tanto debe tomarse en consideración la Tabla 8 de la norma INEN 2260:2010: “Distancias mínimas de seguridad - Instalaciones sobre el nivel del terreno”. Además, para la instalación de los tanques debe de contemplar lo siguiente:

- Su ubicación será en un lugar exclusivo no permitiéndose el acceso a personas no autorizadas.
- Deben poseer un sistema de enfriamiento con sprinklers de accionamiento manual.
- Se debe disponer de ventilación natural en lo posible.

Para ilustrar las referencias de las distancias  $S$  y  $S_1$  mencionada en la norma, se presenta la siguiente Figura 1.



**FIGURA 1: TANQUES SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO**

Como se observa en la Tabla 8 de la Norma antes mencionada, las distancias de seguridad dependen directamente del volumen sumado de los tanques.

Este proyecto está catalogado como una instalación A-2, debido a que el volumen total de almacenamiento es de  $15.02 \text{ m}^3$  lo cual según Norma INEN 2260-2010 Tabla 8, esta establece unas distancias de seguridad de 7.5 metros a la redonda, medidos desde la válvula de alivio de presión y

5.0 metros medidos desde la pared del tanque hasta los límites de propiedad habitada.

Los tanques deberán ser instalados en un terreno que este alejado de viviendas, cerca a la entrada de la ciudadela para que puedan ser llenados por el tanquero cisterna con facilidad.

El solar 14 y 15 de la manzana 1211 de la urbanización cumple con estas condiciones, por lo que el BCBG procederá a verificar el plano 2 del Apéndice F de la ubicación de los tanques para obtener el respectivo permiso de factibilidad (Apéndice E), para la aprobación de la instalación.

#### **2.4 Diseño de tuberías.**

Para el diseño de las tuberías primero se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Selección del material base del que está compuesta la tubería
- Selección del diámetro de la tubería a utilizar

#### **2.4.1 Selección del material de las tuberías.**

Estas tuberías deben resistir la acción del gas combustible y del ambiente a la que van a estar expuestas.

La tubería a instalar estará expuesta a las siguientes condiciones:

- Enterrada bajo la acera y en cruce de calles
- Estará en contacto directo con tierra y arena.
- Erosión de la tubería por circulación de GLP.

Por lo cual en este caso la Norma INEN 2260 en la Tabla 3 nos indica que es aceptada la instalación de una tubería de polietileno enterrada al exterior de las edificaciones, siempre y cuando cumpla lo que ordena la nota 6 en dicha Tabla.

Es así que el material a seleccionar será de polietileno, específicamente según Normas ISO PE2406 y PE4710 según normas ASTM; ya que presenta las siguientes propiedades:

- Fácil manipulación.

- Flexibles, se adaptan al terreno.
- Excelente resistencia química.
- Elevada resistencia mecánica.
- Gran capacidad de elongación.
- Baja pérdida de carga.

Por otro lado para el tramo desde los tanques, tren de regulación de Primera Etapa hasta la transición a polietileno, se utilizará tubería ASTM A-53 que es resistente a esfuerzos y a la acción del medio ambiente.

#### **2.4.2 Diseño de tuberías.**

En primer lugar se necesita conocer el consumo unitario de las viviendas.

Este cálculo se lo representa en la ecuación 2.11

$$\text{—————} \quad (2.11)$$

Reemplazando valores se obtiene:

---

Luego se diseña el arreglo real de la red de polietileno a lo largo de la urbanización tal como se puede apreciar en el Apéndice F Plano 1.

Después, por motivos de cálculo, se debe asumir un recorrido teórico tal como se lo detalla en el Apéndice F Plano 3 en donde las tuberías van a estar conectadas en serie desde los reservorios de GLP hasta el punto más alejado de la urbanización logrando abastecer a todas las viviendas.

Este recorrido teórico es dividido en tramos, debido a que cada tramo abastecerá de combustible a un diferente número de viviendas a lo largo de la urbanización.

Para conocer el caudal a transportar en cada tramo de tubería, se suma el número de viviendas en serie, contenidas desde el inicio del tramo hasta el punto más alejado. Este número de viviendas se lo multiplica por el consumo unitario obteniendo así el flujo másico que deberá circular por esta sección de tubería.

Una vez seccionada la red de tuberías, y conociendo el caudal circulante en cada tramo, se procede a determinar el cálculo para seleccionar el diámetro de las tuberías.

El cálculo para determinar el diámetro de la tubería dependerá de:

1. La naturaleza del gas con su densidad característica
2. La caída de presión máxima admisible en el diseño, la cual depende del caudal y presión de trabajo.
3. La velocidad resultante de circulación del gas

Por lo tanto a continuación se detalla cada uno de los puntos anteriores con el fin de poder calcular el dimensionamiento de las tuberías.

Se trabaja con GLP cuya densidad relativa se encuentra en la Tabla 1; y es de 1.27.

La caída de presión máxima que permite la comercializadora es de 20% y su velocidad resultante de circulación máxima aceptada será de 15 m/s por motivos de ruido.

Para el cálculo se aplicarán las fórmulas de Renouard que son utilizadas en su mayoría diseño de instalaciones de GLP, estas ecuaciones son válidas si se cumplen las siguientes condiciones:

- La relación  $\frac{Q}{D^3}$  debe de ser menor a 150

Siendo:

$Q$  = Caudal transportado en  $\text{m}^3/\text{h}$ , a  $T$  y presión atmosférica.

D = Diámetro interior real de la tubería en mm.

- El número de Reynolds debe ser menor a  $Re_{lim}$  y se lo obtiene mediante la ecuación 2.12 mostrada a continuación:

$$Re_{lim} = \frac{1000}{T} \quad (2.12)$$

Donde T es un valor característico de la familia de los hidrocarburos obtenido experimentalmente para obtener el número de Reynolds.

**Tabla 5.- VALORES DEL FACTOR T**

<b>T</b>	<b>Detalle</b>
16000	Para un gas de la 1era familia
22300	Para gas butano y de gas natural
24300	Para Aire
55200	Para GLP
72000	Para propano

\*Fuente: "Los Gases Licuados de Petróleo" Pág. 284

Las fórmulas de Renouard para caídas de presión se clasifican en bajas, medias y altas.

Para presiones medias y altas (de 0.05 en adelante) se utiliza la ecuación 2.13:

$$\text{---} \quad (2.13)$$

Para presiones bajas (hasta 0.05 bar) se utiliza la siguiente ecuación 2.14:

$$\text{---} \quad (2.14)$$

Donde:

Presiones Absolutas en bar, en el origen y el extremo, respectivamente, del tramo de la tubería cuya pérdida de carga se desea hallar.

: Presiones expresadas en mm. de .

También para el origen y el extremo, respectivamente. Su

diferencia es precisamente el valor buscado de pérdidas de carga o diferencia de presiones.

En este proyecto circulará GLP en estado gaseoso por las tuberías de polietileno. La presión de trabajo será inferior a 1.38 bar, esta presión se encuentra en el rango de presión media, por lo tanto se utilizará la ecuación 2.12.

Por otra parte, la ecuación 2.15 se utiliza para calcular la velocidad y se presenta a continuación:

$$\text{---} \quad (2.15)$$

C y presión atmosférica.

Donde:

Q= Caudal ,

D= diámetro interior real de la tubería en mm.

H se lo calcula según la ecuación 2.16 descrita a continuación:

$$H = \text{——} \quad (2.16)$$

Se analiza cada tramo de la urbanización, aplicando los cálculos mencionados con anterioridad, desde la salida del regulador hasta la villa más lejana de la urbanización. Se procede a tantear desde un diámetro mayor a uno menor, hasta comprobar el mínimo diámetro que cumpla con la caída de presión y velocidad admisible.

En cada tramo existirá una presión de entrada, y se calculará una presión de salida, además del caudal necesario de GLP que pasa por este tramo.

La primera presión de entrada vendrá dada por la presión de descarga del regulador de primera etapa, esta presión es de 20 psi. A partir de este dato se empieza a calcular todas las caídas de presión a lo largo de la red.

La presión final de cualquier tramo se la calcula despejando de la ecuación 2.13 obteniendo una nueva ecuación 2.17

$$\frac{\dots}{\dots} \quad (2.17)$$



(2.16)

Abastece 466 villas por ende:

---

Donde:

Poder calorífico superior volumétrico del GLP a 15°C y 1013

mbar =

---

Una vez obtenido el caudal de circulación en este tramo de tubería, se empieza a probar un diámetro determinado de tubería, la misma que debe de cumplir con la formula de RENOARD y la caída de presión permitida por la comercializadora.

Para la selección del diámetro de la tubería se trabaja con la Tabla 6 de diámetros comerciales de tuberías de polietileno para la conducción de GLP.

**Tabla 6.- TUBERÍA DE POLIETILENO COMERCIAL**

<b>Ø (pulgadas)</b>	<b>Ø interno (mm)</b> <b>D</b>
3"	71.78
2"	48.69
1 1/4 "	33.27
1"	27.00
3/4"	21.56

\*Fuente: catalogo de tuberías y accesorios de polietileno, importadora FACAY

Con estos datos de diámetros internos se procede al tanteo. Si se selecciona de la Tabla 6 un diámetro de tubería  $\text{Ø} = 2''$ , el diámetro interno es  $D = 48.09 \text{ mm}$ .

A continuación se verifica si el valor de diámetro interno dado cumple con las condiciones para la utilización de las formulas de RENOARD

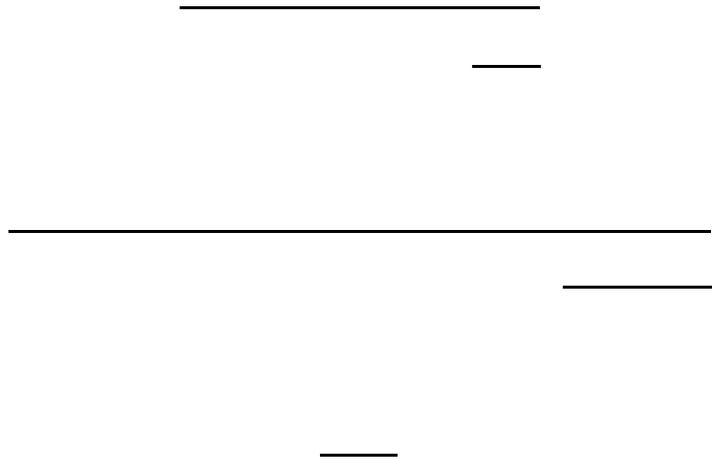
- Condición dada por el caudal y diámetro:

- Condición dada por el número de Reynolds:

—

Donde  $T = 55200$ , para GLP

Por lo tanto se aplica la fórmula de REOUNARD para  
caída de presión:



Se verifica que la pérdida de presiones no sea mayor al 20%:



Ahora se verifica que la velocidad no sea mayor a 15 m/s

\_\_\_\_\_

Donde:

\_\_\_\_\_

Entonces:

\_\_\_\_\_

Se comprueba que:

; CUMPLE

Si el mismo tramo se lo calcula con un diámetro de tubería de 1 ¼", se obtiene una presión final:

Es decir un porcentaje de caída de presión: 63.33%; lo cual no es admisible

Y si el mismo tramo se lo calcula con 3", se cumple con todos los requerimientos, pero estaría sobredimensionado.

Entonces por el método de tanteo se selecciona la tubería de 2" como idónea para este tramo.

Una vez realizado el cálculo representativo, se muestra mediante una hoja de cálculo (ver Apéndice A) la tabla que resume las caídas de presión en los diferentes tramos del sistema de distribución de GLP en fase de vapor.

Por lo tanto, los cálculos efectuados dan como resultado la geometría de las tuberías a utilizar para este proyecto, a través de la Tabla 7:

**Tabla 7.- TUBERÍA DE POLIETILENO A UTILIZAR**

<b>Tipo de tubería</b>	<b>Diámetro (pulgadas)</b>	<b>Longitud (m.)</b>
Tendido de red subterránea	3"	25.30
Tendido de red subterránea	2"	660.17
Tendido de red subterránea	1"	585.06
Tendido de red subterránea	3/4"	2076.97
Tendido de red subterránea	1/2"	960.00

## **2.5 Selección de reguladores de gas GLP.**

Para establecer el tipo de regulador que se va a instalar se necesita tener en cuenta los siguientes datos:

- Caudal máximo de los equipos. 175.34 Kg/h
- Presión de servicio de la línea o rango de presión de descarga. 18 a 20 psi
- Presión máxima de entrada al regulador 250 psi
- El regulador de primera etapa debe estar dotado de una protección con bloqueo por alta y baja presión.

### **Primera etapa de regulación.**

El sistema de regulación de primera etapa se compone de un regulador, con sus respectivos instrumentos de control, este es un Fiorentini Dival 500 que incorpora bloqueos automáticos por baja o alta presión aguas abajo del mismo, posee válvula de alivio de presión. Las características de este regulador son las siguientes:

**Tabla 8.- ESPECIFICACIÓN DEL REGULADOR DE PRIMERA ETAPA**

Ubicación	Capacidad kg/h	Marca de regulador	Conexión de entrada y salida	Presión máx. de ingreso	Presión de descarga
Regulador para la urbanización	200.00	FIorentini DIVAL 500	1" – 1"	250 psi	20.00 psi

\*Fuente: Catálogo de reguladores de GLP, Pietro Fiorentini.

El regulador de primera etapa se encuentra en la tubería de descarga de los tanques.

### **Segunda etapa de regulación**

Este proyecto no contempla la red interna de cada vivienda. Sin embargo para abastecer sin problemas los 3 equipos domésticos se puede utilizar un único regulador de segunda etapa con válvula de

alivio de rearme automático, con bloqueo por baja presión de entrada y bloqueo por exceso de flujo con rearme manual.

**Tabla 9.- ESPECIFICACIÓN DEL REGULADOR SEGUNDA ETAPA**

Ubicación	Capacidad kg/h	Marca de regulador	Conexión de entrada y salida	Presión máx. de ingreso	Presión de descarga
Fuera de la casa *	15	Humcar R-7 c 35 mbar	3/4"	20 psi	1/2 psi

Fuente: Catálogo de reguladores de GLP, HUMCAR

## 2.6 Válvulas de cierre rápido.

Las tuberías, válvulas, llaves, uniones, conectoras flexibles y otras piezas sometidas a presión deben cumplir las especificaciones sobre materiales y las limitaciones sobre presión y temperatura de la norma ANSI B31.3, Tuberías para Refinerías de Petróleo, o la

Norma ANSI B31.4, sistemas de Tuberías para el Transporte de petróleo líquido.

Para este proyecto se instalaron válvulas de cierre rápido en los siguientes lugares:

- Poli-válvulas de corte principal ubicadas de manera estratégica para sectorizar la ciudadela en caso de fugas o reparaciones ver el Apéndice F el plano 5 para las dimensiones de las cajas que albergarán a las poliválvulas.
- Entrada y salida del tren de regulación de primera etapa
- Entrada y salida del tren de regulación de segunda etapa

### **Medidas de Seguridad complementarias**

- Para certificar la instalación como libre de fugas se deben de realizar pruebas de estanqueidad presurizando toda la red con aire o gas inerte. Esta prueba puede ser efectuada por tramos o de forma completa a toda la instalación. Para la detección de fugas de los gases se

debe utilizar agua jabonosa o equipos detectores de fugas. Según la Norma INEN 2260:2010 la prueba de presión se realizará con nitrógeno o aire comprimido a una presión de 50 psi para el tendido de red de polietileno y 150 psi la línea entre el tanque y el regulador de 1era. etapa.

- Para la puesta a tierra para tanques estacionarios, se empleará cable número cuatro y varilla de ½" por 1800 mm de longitud, el cable como la varilla son de cobre. Deben existir tres conexiones de puesta a tierra, una para cada tanque de almacenamiento; y otra para el camión cisterna, pues este debe conectarse a tierra cada vez que descargue GLP.
- Se debe de pintar la tubería con pintura anticorrosiva color amarillo para fase de vapor GLP.
- Se deberá construir un sistema de enfriamiento según las normas INEN 2260:2010 y NFPA 13: 2001.
- Los tanques de GLP al estar expuestos a un espacio abierto disponen de ventilación natural.

## **Sistemas contra incendios**

La descripción de los elementos de un sistema contra incendio persigue los siguientes objetivos:

- Proveer un nivel adecuado de protección frente a los riesgos de incendio y/o explosión.
- Prevenir daños a las instalaciones e interrupciones operacionales.
- Evitar daños a personas y propiedades de terceros.

Según la Norma INEN 2260:2010, la instalación de los reservorios de GLP deberá de disponer como mínimo de tres extintores tipo PQS (polvo químico seco) de 9 kg., por cada tanque de 8.00 m<sup>3</sup>. Es decir un total 6 extintores tipo PQS, además deberá disponer de un sistema de enfriamiento.

## **Sistema de enfriamiento**

El sistema de enfriamiento de los tanques servirá para disminuir la temperatura y presión del tanque en caso de

que alguna fuente de calor incida sobre ellos. Un ejemplo puede ser una llama cercana que aumente los parámetros antes mencionados.

El sistema de enfriamiento se lo realizará en concordancia con la Norma NFPA 13: 2001 Primera edición. Primero la norma solicita determinar el nivel de riesgo para el cual estará diseñado el sistema de enfriamiento.

El sistema de este proyecto es catalogado como riesgo leve, inciso A-1-4.7.1 de la Norma NFPA 13; ya que en su cercanía existen residencias y hogares habitacionales.

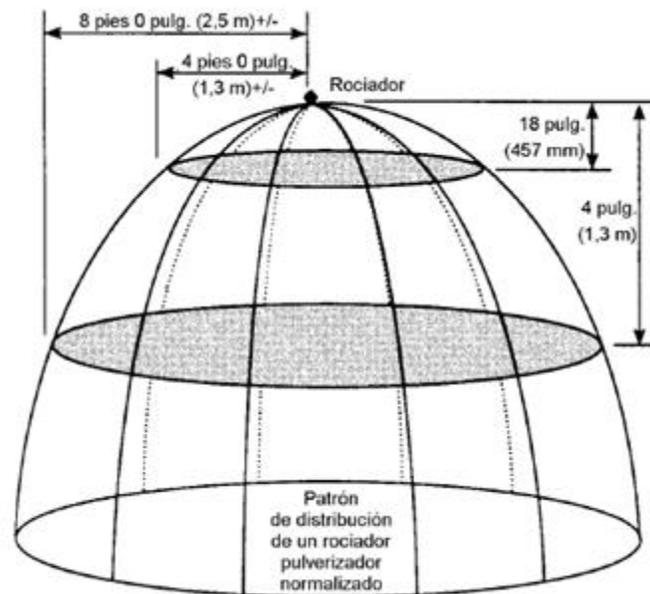
Una vez establecido el nivel de riesgo, se puede establecer el caudal necesario para el sistema de enfriamiento. La norma NFPA 13 establece que la densidad para un sistema de enfriamiento de riesgo leve es de 10,2 lpm/m<sup>2</sup> o 0,25 gpm/ft<sup>2</sup> del área expuesta del tanque hacia una fuente de calor; y la presión mínima de los rociadores debe de ser de 15 psi.

Para este proyecto, por experiencia de la comercializadora de GLP la fuente de calor solo podrá incidir en la mitad de la superficie del tanque como máximo, ya que cualquier fuente de calor máximo será proyectada en una sola cara del tanque. Es decir que si nuestra área máxima es  $63,10 \text{ m}^2$  por los dos tanques, el área de cobertura será de solo de  $31.55 \text{ m}^2$ .

Dicho esto se obtiene el caudal necesario para nuestro sistema de enfriamiento según el área a proteger:

Además según la norma, este caudal debe mantenerse por 30 minutos por ende la capacidad del depósito que abastecerá el sistema de enfriamiento deberá ser de:

Para calcular el diámetro de tubería, la norma exige primero el número de sprinklers que deberá abastecer. Su número esta dado por el área de cobertura de cada sprinkler. Esta norma establece el área de cobertura que posee un sprinkler pulverizador normalizado y se muestra en la siguiente Figura 2:



**FIGURA 2: ÁREA DE COBERTURA DE UN SPRINKLER NORMALIZADO**

Los sprinklers del sistema de enfriamiento serán colocados a 1.3 m. de altura con respecto a los tanques. Lo que brindará una campana de 2.5 m. de radio aproximadamente. La norma establece que la separación entre sprinklers no deberá exceder los 2.10 m. de distancia entre ellos. Por lo cual para el cálculo se dotará de una distancia de 1.9 m. de separación.

Conociendo la longitud horizontal de los tanques que es de 9.35 m. se calcula el número requerido de sprinklers necesarios para cubrir esta longitud

Por lo tanto para cada tanque se necesita 5 sprinklers distanciados 1.9 m. entre ellos, dando un total de 10 sprinklers para el sistema de enfriamiento.

Ahora para seleccionar la característica de los rociadores a utilizar, se utiliza la Tabla 2-2.2 de la Norma NFPA 13 que se presenta a continuación en la Figura 3

**FIGURA 3: CARACTERÍSTICAS DE LOS ROCIADORES**

Diámetro Nominal del Orificio		Factor K <sup>1</sup>	Porcentaje de la Descarga Nominal de ½ pulgada	Tipo De Rosca (NPT)	Pivote	Diámetro Nominal de Orificio Marcado sobre el Armazón
(Pulgadas)	(mm)					
1/4	6,4	1,3-1,5	25	½ pulgada NPT	SI	SI
5/16	8,0	1,8-2,0	33,3	½ pulgada NPT	SI	SI
3/8	9,5	2,6-2,9	50	½ pulgada NPT	SI	SI
7/16	11,0	4,0-4,4	75	½ pulgada NPT	SI	SI
1/2	12,7	5,3-5,8	100	½ pulgada NPT	NO	NO
17/32	13,5	7,4-8,2	140	¾ pulgada NPT o ½ pulgada NPT	NO SI	NO SI
5/8	15,9	11,0-11,5	200	½ pulgada NPT o ¾ pulgada NPT	SI SI	SI SI
3/4	19,0	13,5-14,5	250	¾ pulgada NPT	SI	SI

<sup>1</sup>: El factor K es la constante en la fórmula  $Q = K \sqrt{p}$

Donde: Q = caudal en gpm  
p = presión en lb/pulg<sup>2</sup>

Para unidades SI:  $Q_m = K_m \sqrt{p_m}$   
Donde:  $Q_m$  = caudal en L/min  
 $p_m$  = presión en bar  
 $K_m = 14K$

\*Fuente: Norma NFPA 13: 2001

Donde;

$$(2.17)$$

Se obtiene un valor  $K = 2,19$  es decir que el diámetro nominal del orificio de los sprinklers será de  $3/8''$

Ahora para determinar el diámetro de la tubería, la norma lo indica de acuerdo al número de rociadores a alimentar tal como se lo aprecia a continuación en la Figura 4:

**FIGURA 4: TABULACIÓN DE TUBERÍAS PARA RIESGO LEVE**

Acero		Cobre	
1''	2 rociadores	1''	2 rociadores
1 ¼''	3 rociadores	1 ¼''	3 rociadores
1 ½''	5 rociadores	1 ½''	5 rociadores
2''	10 rociadores	2''	12 rociadores
2 ½''	30 rociadores	2 ½''	40 rociadores
3	60 rociadores	3	65 rociadores
3 ½''	100 rociadores	3 ½''	115 rociadores
4''	Ver Sección 4-2	4''	Ver Sección 4-2

Para unidades SI: 1 pulgada = 25,4 mm

\*Fuente: Norma NFPA 13: 2001

Como se puede apreciar para esta tubería de acero que alimenta a 10 rociadores se recomienda utilizar un diámetro de 2".

### **Medidas de Seguridad para los tanques de almacenamiento de GLP**

- Las tuberías metálicas que transporten GLP estarán soportadas por abrazaderas aislantes de caucho para evitar la corrosión galvánica.
- Conexión de toma a tierra para descarga de electricidad estática, evitando así que se produzca una chispa que pueda encender el combustible.
- Anclaje de tanque a la base de la losa, esto se lo hace para evitar que floten en caso de alguna inundación.
- Válvula de seguridad: Es aquella que en caso fortuito de una sobrepresión, el exceso de presión dentro del tanque actuaría sobre esta válvula que dejaría escapar a la atmósfera el sobrante para que nunca la presión dentro del tanque fuera mayor a

250Psi. Esta válvula se encuentra tapada con un capuchón plástico que evita la acumulación de suciedad o arena en el asiento de cierre de la válvula que en caso de accionarse podría impedir un posterior cierre hermético.

- Válvula de llenado: Es una válvula doble check para asegurar el sellado hermético. Cuando el tanquero se dispone a llenar el tanque ingresa el fluido a una presión suficiente que empuja el sello de la válvula ingresando así el producto.
- Indicador magnético de nivel: Se encarga de informar visualmente el grado de llenado del tanque expresado en porcentaje.
- Válvula de salida fase gaseosa: Es la que controla la salida de GLP hacia la instalación.

# CAPÍTULO 3

## 3 PRESUPUESTO DE OBRA

Para elaborar el presupuesto de la obra se realiza el cronograma de trabajo, luego se genera una lista de los materiales a utilizar con su respectivo precio, maquinaria, equipos y por último el costo de la mano de obra.

### 3.1 Lista de materiales y precios

En los Apéndices se detallan los materiales con sus respectivos precios (Ver Apéndice B).

Nota: No se incluyen precios de los tanques debido a que la comercializadora los prestará a la urbanización durante el periodo

en que se mantenga el contrato vigente, entre ellos y la urbanización para el abastecimiento del GLP.

### 3.2 Lista de maquinarias y equipos a utilizar

**Tabla 10.- TABLA DE MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR**

CANT.	UNID	DESCRIPCION
1	U	RETROEXCAVADORA DE 120 HP Y 4 TON
1	U	MAQUINA COMPACTADORA 3600 R.P.M, GOLPES POR MIN. 640-680, FUERZA IMPACTO 1400 KG
1	U	MAQUINA PARA TERMOFUSIONAR POLIETILENO MANGUITO Y A TOPE, CON DADOS
2	U	LLAVE DE TUBO DE 12 PULG
2	U	LLAVE FRANCESA DE 12 PULG
4	U	PALA COMPLETA PARA REMOVER TIERRA
4	U	PICO COMPLETO PARA REMOVER TIERRA
200	M	EXTENSION DE 110 VOLTIOS
6	U	CASCOS
6	U	GUANTES DE MANIOBRA

6	U	CHALECOS
6	U	GORROS PARA EL SOL
6	U	BOTAS PUNTA DE ACERO
2	U	TIJERA PARA CORTAR POLIETILENO
2	U	ARCO DE SIERRA
10	U	HOJAS DE SIERRA
1	U	MAQUINA DE SOLDAR TIG 250 AMP AC/DC, 220V
1	U	TRANSPORTE, CAMION DE 2 EJES

### 3.3 Cotización de mano de obra y servicios prestados

A continuación se describe la mano de obra y servicios prestados por parte de maquinaria pesada para la instalación de toda la red.

Este presupuesto incluye: movilización, implementos de seguridad personal, arena, etc.

Todo se está cotizando por metro instalado y en otros casos como elemento global.

**Tabla 11.- COSTO DE MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	CANTIDAD		P/U	TOTAL
MONTAJE DE TANQUE HORIZONTAL CAPACIDAD 8 m <sup>3</sup>	2	gbl	302,10	604,20
TENDIDO DE RED DE DISTRIBUCION TUBERIA ASTM A53 Sch 80 Ø = 3"	2	m	35,85	71,70
TENDIDO DE RED DE DISTRIBUCION TUBERIA ASTM A53 Sch 80 Ø = 1 1/4"	6	m	31,00	186,00
TENDIDO DE RED DE DISTRIBUCION TUBERIA ASTM A53 Sch 80 Ø = 1"	9	m	22,72	204,48
TENDIDO DE RED SUBTERRANEA TUBERIA DE POLIETILENO PE 2406 Ø = 3"	25	m	3,74	94,62
TENDIDO DE RED SUBTERRANEA TUBERIA DE POLIETILENO PE 2406 Ø = 2"	660	m	3,40	2.244,58

TENDIDO DE RED SUBTERRANEA TUBERIA DE POLIETILENO PE 2406 Ø = 1"	585	m	2,03	1.187,67
TENDIDO DE RED SUBTERRANEA TUBERIA DE POLIETILENO PE 2406 Ø = 3/4"	2.077	m	1,49	3.094,69
TENDIDO DE RED SUBTERRANEA TUBERIA DE POLIETILENO PE 2406 Ø = 1/2"	960	m	0,87	835,20
EXCAVACION, ARENA Y RELLENO COMPACTADO	4.308	m	3,40	14.645,50
PRUEBA DE ESTANQUEIDAD	1	gbl	145,00	145,00
INSTALACION DE ELEMENTOS DE LA RED	1	gbl	1.888,40	1.888,40
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA \$</b>				<b>25.202,04</b>

<b>DIRECCION</b>	
<b>TECNICA Y COSTOS</b>	<b>1.512,12</b>
<b>INDIRECTOS \$</b>	
<b>TOTAL \$</b>	<b>26.714,16</b>

El montaje de los tanques incluirá anclaje, conexión a tierra, interconexión a la línea principal, etc.

La prueba de estanqueidad se realizará para comprobar que no exista fuga en toda la instalación. En los costos indirectos se incluyen la movilización, residente de obra encargado, etc.

### **3.4 Cronograma de trabajo para la construcción de la red**

La instalación fue llevada a cabo con un cronograma, en el cual se detallada los tiempos empleados para realizar cada una de las actividades. Este cronograma se puede observar en el Apéndice D.

Una vez realizado el cronograma, se procede a realizar la lista de materiales a utilizar con sus respectivos precios.

### 3.5 Presupuesto de la red interna de GLP en una villa modelo

Como se especifica al inicio, el proyecto no contempla la red interna de cada casa. Sin embargo, se presupuesta la instalación de una villa modelo de la urbanización. Lo cual se detalla a continuación:

**Tabla 12.- TABLA DE LISTA DE MATERIALES**

DESCRIPCION	CANT.		P/U	TOTAL
TENDIDO DE RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE PE- AL-PE Ø = 1/2"	6	m	1,59	9,54
TEE PE-AL-PE Ø = 1/2"	2	U.	6,93	13,86
TENDIDO DE RED SUBTERRANEA TUBERIA DE POLIETILENO PE 2406 Ø = 1/2"	15	m	0,91	13,65
CODO PE 2406 Ø = 1/2"	3	U.	2,20	6,60

TRANCISION MECANICA PE2406 Ø 1/2"	4	U.	10,22	40,88
REGULADOR DE SEGUNDA ETAPA 12 kg/h @ 35 mbar	1	U.	65,46	65,46
VALVULAS ESFERICAS DE BRONCE Ø 1/2"	5	U.	7,01	35,05
ENCAMISADO PARA PAREDES: FLASHING	6	m	3,90	23,40
CAJAS METALICA PARA CONTADORES	1	U.	81,91	81,91
INSTALACION DE ELEMENTOS DE LA RED	1	gbl	26,78	26,78
MATERIALES FUNGIBLES Y CONECTORES DE BRONCE	1	gbl	20,24	20,24
<b>SUBTOTAL MATERIALES Y MANO DE OBRA \$</b>				<b>337,37</b>
<b>DIRECCION TECNICA Y COSTOS INDIRECTOS \$</b>				<b>50,00</b>
<b>TOTAL \$</b>				<b>387,37</b>

La instalación incluye excavación y picado de la pared, no incluye resane. La realizarán 2 personas en máximo 4 horas. Un promedio de 2 casas por día. El costo de la mano de obra es USD 50 por casa.

### **3.6 Presupuesto de la obra**

Sumando el costo de materiales más el costo de mano de obra y alquiler de servicios alcanza el valor de la obra a **57348,38 dólares** americanos.

# CAPÍTULO 4

## 4 INSTALACIÓN

La instalación se la divide en distintas secciones como se lo indica a continuación:

- Instalación de tubería de polietileno
- Instalación de tanques de almacenamiento de GLP
- Instalación de tubería ASTM A 53 SCH 40
- Instalación de tren de regulación
- Instalación de sistema de enfriamiento

Finalmente se realizará una prueba de estanqueidad a la instalación para certificar que está libre de fugas y lista para operar.

## **4.1 Instalación de la red**

### **Instalación de tubería de polietileno**

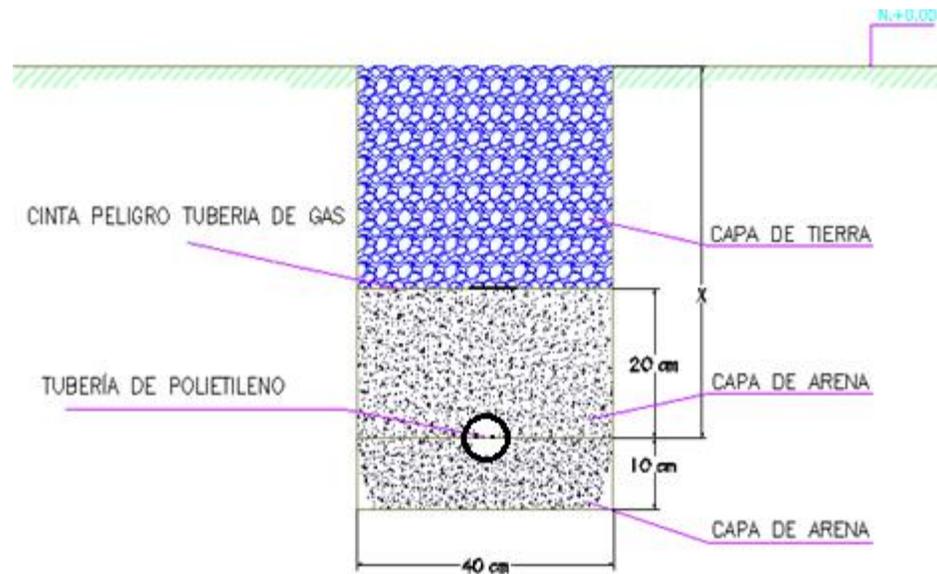
La Tabla 3 “Limitaciones en la instalación de tuberías” de la Norma INEN 2260:2010 especifica cómo realizar la instalación de la tubería de polietileno, indicando que la misma debe estar enterrada a 80 cm bajo el nivel del suelo en áreas donde va a existir circulación vehicular o de maquinaria pesada.

En el capítulo 7.5.7 de la norma antes mencionada, establece los siguientes requisitos a cumplir para la instalación subterránea de la tubería de POLIETILENO.

- La tubería está protegida por una capa inferior de 10 cm de arena fina compactada.
- Instalar de forma serpenteada la tubería para facilitar las dilataciones del material por movimientos de contracción o expansión del terreno.
- Cubrir la tubería con 20 cm. de arena fina compactada.
- Colocar una cinta rotulada con PELIGRO TUBERÍA DE GAS a lo largo del recorrido.

- Rellenar hasta el nivel del suelo con tierra compactada.
- La tubería debe estar a un mínimo de 20 cm. paralelamente alejada de otros servicios tales como energía eléctrica, redes de datos, etc. y 10 cm. en cruces.

A continuación, se muestra la Figura 5 que describe como debe ser la instalación del tubo de polietileno enterrado, recalcando que la tubería será enterrada en una zanja independiente a la de agua, energía eléctrica o redes de datos, cumpliendo con la distancia mínima de 20 cm. de separación a estos servicios.



X= 80 cm PARA PASO VEHICULAR

**FIGURA 5: CORTE DE UNA TUBERÍA DE POLIETILENO ENTERRADA SEGÚN LA NORMA INEN 2260:2010**

Una vez descrito capa por capa el tendido de la tubería en el suelo, se detallarán los pasos para la instalación de la tubería de polietileno.

1. Despejar el terreno de tablas, basura y materiales cortopunzantes representen algún riesgo a los trabajadores y a la tubería.

2. Trazar correctamente el recorrido de la zanja con tiza.
3. A un lado de la zanja se debe de aglomerar la arena para luego cubrir la tubería.
4. Una vez marcada la trayectoria, la retroexcavadora realizará la zanja de 80 cm. de profundidad con la supervisión de un fiscalizador, tal como se muestra en la Figura 6. Una persona retirará las piedras grandes y objetos cortopunsantes remanentes en la zanja.



**FIGURA 6:EXCAVACIÓN DE LA ZANJA**

5. Posteriormente el instalador cubrirá y compactará la zanja con una capa de arena de 10 cm. de espesor, como se presenta en la Figura 7.



**FIGURA 7: PRIMERA CAPA BASE DE ARENA DE 10 cm. DE ESPESOR**

6. El fiscalizador de obra medirá cada 10 o 15 metros, que la profundidad de la capa de arena base donde será asentada la tubería sea de 10 cm.

7. Comprobado esto se realiza el tendido de la tubería procediendo con las derivadas de cada casa, uniones de tubería e instalación de poliválvulas.
8. Se cubre con 20 cm. de espesor de arena compactada, véase Figura 8.



**FIGURA 8: APLICACIÓN DE SEGUNDA CAPA DE ARENA DE 20 cm.**

9. Luego se instala la cinta amarilla rotulada PELIGRO TUBERIA DE GAS a lo largo de donde fue enterrada la tubería.

10. Finalmente se rellena con la tierra extraída de la zanja y se compacta con máquina, mostrada en la Figura 9.



**FIGURA 9: TUBERÍA ENTERRADA Y COMPACTADA**

Para unir la tubería y accesorios de polietileno se aplicará termofusión. En este proceso se combina la acción de la temperatura alcanzando el punto de fusión del polietileno y la fuerza que juntará las piezas durante un tiempo determinado para que se fusionen, dando como resultado dos superficies unidas herméticamente.

Existen tres métodos para realizar la unión por Termo fusión que utilizan en la instalación.

- Termo fusión con silleta

Este procedimiento consiste en el calentamiento simultáneo de la superficie externa de la tubería y la base de un accesorio (silleta), por medio de una plancha de calentamiento con las superficies, una cóncava y otra convexa, hasta obtener la fusión necesaria que permita su unión por acción de una fuerza constante, hasta alcanzar el enfriamiento de las piezas.

- Termo fusión a tope

Este procedimiento se lo realiza con la tubería de 3 pulgadas de PE debido a que garantiza una mejor unión entre los accesorios y la tubería a un diámetro mayor a 2 pulgadas. Este procedimiento se basa en el calentamiento de dos piezas de polietileno, mediante el contacto con una plancha caliente debidamente aislada con teflón, esperar a que se obtenga la fusión del material y proceder a la unión por fusión de los extremos con la acción de una fuerza constante y manteniéndola hasta alcanzar el enfriamiento de la piezas.

- Termo fusión a manguitos

Procedimiento que se realiza con todas las uniones de polietileno inferior a 3 pulgadas; es decir 2", 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ "; con excepción de las silletas. El mismo consiste en calentar la superficie interna de un accesorio y simultáneamente la superficie externa del extremo del tubo con una plancha de calentamiento debidamente protegida con teflón, retirándolo cuando se obtiene la fusión necesaria del material, se procede a introducir el tubo en el accesorio para realizar la unión.

A continuación se describe los materiales requeridos y procesos para realizar cada una de estas uniones

- Termo fusión con silleta

- Plancha calentadora
- Accesorios o dados para calentar las superficies, silleterera
- Tela algodón

- Lija de tela, #50 o #60
- Reloj o cronometro
- Indicador de temperatura calibrado
- Guantes de protección de cuero

#### Procedimiento

- Seleccionar correctamente el diámetro de la silletera y acoplarlos a la plancha calentadora.
- Limpiar con tela de algodón, lijar la superficie del tubo y la base del accesorio, limpiar los residuos con la tela de algodón
- Revisar que el teflón de la silletera se encuentre en buen estado, sin rayones
- Conectar la plancha y déjela calentar y estabilizar en una  $C$ , como se aprecia en la Figura 10.





**FIGURA 11: CALENTAMIENTO DE LA SILLETA Y LA TUBERÍA**

- Retirar la silleterera y el accesorio, revisar que sobre las superficies fundidas no existan puntos fríos. Si todo esta correcto, inmediatamente unir las superficies como se observa en la Figura 12, durante 15 segundos sin mover lateralmente.



**FIGURA 12 :INSTALACIÓN DE LA SILLETA EN LA TUBERÍA**

- Por último perforar con el taladro la tubería tal como se aprecia en la Figura 13, teniendo cuidado de no traspasarla con la broca ni tampoco de lastimar la silleta.



**FIGURA 13: PERFORACIÓN DE ORIFICIO PARA ACOMETIDA**

### **Termo fusión a tope**

Equipos requeridos:

- Plancha calentadora con indicador de temperatura y caras planas recubiertas con teflón.
- Refrendador
- Carro alineador
- Tela de algodón y alcohol
- Reloj o cronometro
- Mordazas intercambiables para diferentes diámetros
- Indicador de temperatura calibrado

- Guantes de protección de cuero

Procedimiento.-

Toda el área de la unión debe estar protegida contra las condiciones climáticas que resulten perjudiciales como el viento, lluvia, polvo, etc.

Cerrar el extremo opuesto a unir de cada tubo en lo posible para evitar el ingreso de flujos de aire al interior de la tubería, para no permitir el enfriamiento del área a fusionar.

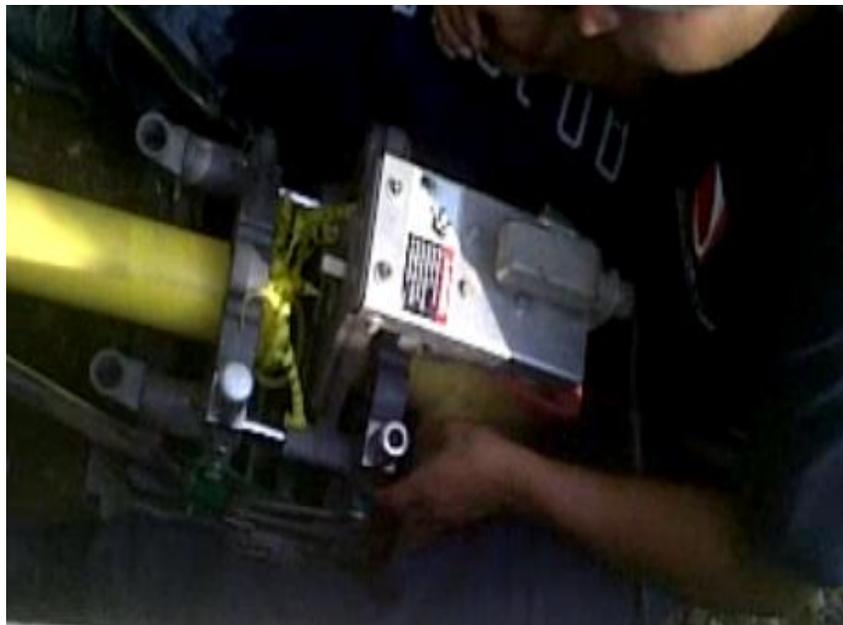
Se deben seguir los siguientes pasos:

- Montar los tubos en el carro alineador dejando que los extremos de los tubos sobresalgan aproximadamente 25 mm de las mordazas del carro, alinear inicialmente ajustando con la prensa. El rotulo de la tubería debe quedar en la parte superior de ser posible. Esto se lo puede apreciar en la Figura 14.



**FIGURA 14 : ALINEACIÓN DE LOS TUBOS DE POLIETILENO  
EN EL CARRO GUÍA**

- Limpiar con tela de algodón los extremos de los tubos, no usar de material sintético. En caso de extrema contaminación use agua o alcohol. No utilice ningún tipo de solvente como diluyente o jabón. Si la contaminación continúa, es preferible cortar un tramo de la tubería afectado.
- Ubicar la maquina refrentadora en el carro y refrentar los tubos a unir, como se muestra en la Figura 15. Sacar todos los residuos de material sin tocar la zona refrentada para no contaminarla.



**FIGURA 15 : REFRENTADO DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO**

- Revisar el alineamiento una vez refrentado, uniendo lentamente los extremos maquinados y pasar el dedo para revisar algún tipo de desalineamiento. Lo ideal sería un desalineamiento menor al 10% del espesor de la tubería.
- En caso de existir un desalineamiento, ajuste la mordaza del lado de mayor altura. Cuando los extremos estén totalmente alineados, montar de nuevo la maquina refrentadora y

realizar un nuevo refrentado; luego de esto los tubos están listos para el ciclo de fusión.

- Ciclo de fusión: la plancha calentadora, como se indica en la Figura 16,

C.



**FIGURA 16 : PLANCHA CALENTADORA CON TERMÓMETRO Y RECUBIERTA DE TEFLÓN**

- Colocar la plancha entre los tubos a unir tal como muestra la Figura 17, aplicando una presión continua que permita formar

el reborde, aplique una presión  $P1 = 0,2 \text{ MPa}$  ( $26 \pm 3 \text{ psi}$ ) entre los tubos y la plancha, sosteniéndola hasta que el reborde se empiece a formar sobre la circunferencia de los tubos (el tamaño recomendado es entre 1 y 2 mm aprox.)



**FIGURA 17 : CALENTAMIENTO DE AMBOS EXTREMOS DE LOS TUBOS CON LA PLANCHA**

- Cuando el tamaño del reborde se encuentre dentro del rango recomendado, disminuya la presión de calentamiento a una

presión de contacto solamente, mantenga esta presión durante el tiempo de 60 segundos.

- Retirar el extremo móvil del carro alineador en un tiempo máximo de 3 segundos, luego sacar la plancha calentadora sin tocar el material fundido en ambos extremos, inspeccione que la fusión de los extremos sea uniforme.
- Inmediatamente unir los dos extremos fundidos.
- Aumentar la presión de contacto entre las tuberías, hasta alcanzar una presión de enfriamiento de 0,2 MPa (26 ±3 psi) y sosténgala durante el tiempo de enfriamiento con presión.
- Concluido el enfriamiento de 4 min., disminuya la presión de contacto y deje enfriar la unión sobre el carro alineador durante el tiempo de enfriamiento sin presión, 5 min. No se debe acelerar el enfriamiento con agua, solventes o corrientes de aire.
- Inspeccionar que en toda la circunferencia, el reborde se haya formado uniformemente, así como se aprecia a continuación en la Figura 18.



**FIGURA 18 : INSPECCIÓN DE LA UNIÓN POR TERMOFUSIÓN A TOPE**

#### **Termo fusión de manguitos (socket)**

Herramientas requeridas

- Plancha calentadora
- Socket recubierto en teflón para calentar las piezas
- Cortador de tubos
- Biselador
- Tela de algodón y destornillador
- Reloj o cronometro

- Indicador de temperatura calibrado
- Guantes de protección de cuero
- Alcohol

Procedimientos:

- Utilizando el cortador, cortar el extremo del tubo a fusionar.
- Rotar el tubo removiendo 1,5 mm. del borde externo, con el biselador.
- Con una tela de algodón limpiar tanto la parte exterior del tubo a fundir, así como el interior del accesorio. No utilice jabón ni solventes, si la contaminación continua preferible cortar la sección del tubo.
- 

C.

- Una vez que la temperatura de la plancha este estabilizada, insertar tanto el tubo como el accesorio en los dados de la plancha, colocándolos de forma perpendicular a la misma.

- Aplique una presión hasta que los elementos lleguen al fondo de los dados calentadores como se observa en la Figura 19, mantenga la presión durante 20 segundos.



**FIGURA 19: CALENTAMIENTO DE ACCESORIOS CON SOCKET**

- Después de transcurrir el tiempo antes mencionado, retirar el accesorio y el tubo de la plancha y revisar visualmente la calidad del fundido, debe ser parejo tanto en el accesorio como en el extremo del tubo.

- Si se ha llegado a la fusión del material, inserte rápidamente el accesorio sobre el extremo del tubo de manera recta, sin movimientos laterales.
- Mantener la presión constante durante 25 segundos, como se observa en la Figura 20.



**FIGURA 20: UNIÓN DE LAS PIEZAS POR TERMOFUSIÓN CON MANGUITOS**

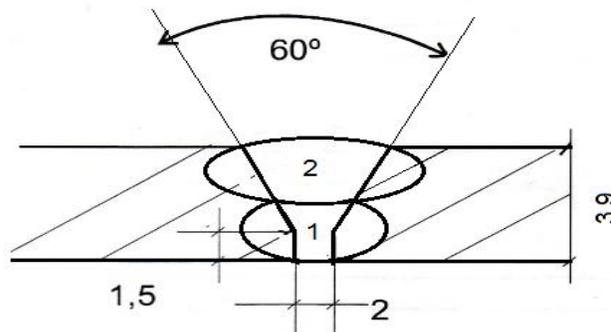
- Revisar que la unión no presente ranuras, vacíos, ni algún material extraño o contaminación.

- Dejar la tubería inmóvil durante 15 min. No acelere el enfriamiento con agua, solventes o corrientes de aire.
- Dejar la unión libre de esfuerzos, durante 20 min. dejar enfriar, no acelerar este proceso con agua, solventes o corrientes de aire.

### Instalación de las tuberías ASTM A 53

Para la instalación se utilizará una máquina soldadora para proceso TIG que cuenta con un transformador de corriente alterna que proporcione desde 5 amperios hasta 500 amperios, que son los rangos ideales para soldar desde chapa fina hasta chapa gruesa. Se utilizará el gas Argón como escudo gaseoso debido a que da una buena penetración.

El diseño en la junta de las tuberías que se realizará es el que se observa en la Figura 21 presentada a continuación.



**FIGURA 21: TIPO DE JUNTA**

Para más información sobre el procedimiento de soldadura ver Apéndice C.

**Procedimiento:**

- Previo a la realización de cualquier operación de soldadura con TIG, la superficie deberá estar perfectamente limpia. Esto es muy importante ya que en este sistema no se utilizan fundentes o “fluxes” que realicen dicho trabajo y separen las impurezas como escoria.
- Cortar la varilla de aporte en tramos que no excedan los 450 mm. pues, resultan más cómodas para maniobrar. Previamente a su utilización, se deberán limpiar con un paño embebido en alcohol o algún solvente volátil, ya que hasta las partículas de polvo contaminan la soldadura.
- Para el operario diestro, deberá sostener el soplete o torcha con la mano derecha y la varilla de aporte con la mano izquierda. Si es zurdo, se deberán intercambiar los elementos de mano.

- Tratar de adoptar una posición cómoda para soldar, sentado, con los brazos afirmados sobre el banco o mesa de trabajo. Se debe aprovechar que este sistema no produce chispas que vuelen a su alrededor. Utilizar los elementos de protección necesarios.
- Se debe calcular el diámetro del electrodo de tungsteno a utilizar en aproximadamente la mitad del espesor del metal a soldar.
- Deben evitarse corrientes de aire en el lugar de soldadura. La más mínima brisa hará que las soldadura realizada con TIG se quiebre o fisure.
- Para comenzar la soldadura, el soplete deberá estar a un ángulo de  $45^\circ$  respecto al plano de soldadura. Se acercará el electrodo de tungsteno a la pieza mediante un giro de muñeca. Manteniendo una distancia entre el electrodo y la pieza a soldar de 3 a 6 mm.
- No se debe tocar el electrodo de tungsteno con la pieza a soldar. El arco se generará sin necesidad de ello.
- Calentar con el soplete hasta generar un punto incandescente. Mantener alejada la varilla de aporte hasta

tanto no se haya alcanzado la temperatura de trabajo correcta. Una vez logrado el punto incandescente sobre el material a soldar, adicionar aporte con la varilla metálica, realizando movimientos hacia adentro y hacia fuera de la zona de soldadura conocido como Picado. El material de aporte deberá ser alimentado en forma anticipada al arco, respetando un ángulo de  $10^{\circ}$  a  $25^{\circ}$  respecto al plano de soldadura, mientras el soplete deberá tener un ángulo de  $90^{\circ}$  respecto al eje perpendicular al sentido de la soldadura y ligeramente caído en el eje vertical (aproximadamente  $10^{\circ}$ ). Es muy importante que el ángulo de alimentación del aporte sea lo menor posible. Así se asegura una buena protección del gas inerte sobre el metal fundido y reduce el riesgo de tocar la varilla con el electrodo de tungsteno.

- No se debe tratar de fundir el metal de aporte con el arco. Se debe dejar que el metal fundido de la pieza lo absorba. Al sumergir el metal de aporte en la zona de metal fundido, ésta tenderá a perder temperatura, por lo que se debe mantener una cadencia en la intermitencia empleada en la varilla de aporte. Si a pesar de aumentar la frecuencia de

picado la zona fundida pierde demasiada temperatura, se deberá incrementar el calentamiento

- Previo a la realización de la costura definitiva, es aconsejable hacer puntos de soldadura en varios sectores de las piezas a soldar. De esta forma se evitarán desplazamientos en la unión por dilatación.

### **Instalación de reguladores**

Este proyecto consta de un tren de regulación de primera etapa. Por otro lado cada casa contará con un tren de regulación de segunda etapa para abastecer los tres equipos. Para la instalación de los reguladores es necesario seguir los siguientes pasos y recomendaciones:

- Mantenga siempre el regulador dentro de la bolsa hasta el instante que sea instalado, no contamine su interior.
- Conserve los protectores de las roscas ubicados para garantizar los hilos de la rosca hasta el instante de ser instalado, no golpee el regulador.
- Revisar la flecha en alto relieve ubicada detrás del regulador que indica la dirección del flujo de gas y señala su posición en la línea de suministro.

- Los reguladores poseen una válvula de alivio o venteo en caso de sobrepresión, por lo cual se deben instalar en lugares ventilados y con el venteo dirigido hacia abajo para que no se llene de aguas lluvias internamente.
- Al momento de realizar la conexión de entrada al regulador, sujete el regulador del hexágono de entrada, utilizando una llave correcta, nunca lo sujete del cuerpo. Rosque un máximo de 3 hilos.
- Al realizar la conexión de salida al regulador, sujételo utilizando una llave de salida idónea. Tenga cuidado con la cantidad de sellador, el exceso se escurre en el interior del regulador pegando mecanismos internos y dañando el diafragma interfiriendo con su funcionamiento.
- Después de realizar la instalación verifique su hermeticidad, presurice el sistema y verifique con agua jabonosa.

En primer lugar se realizará el tren de regulación de primera etapa que se puede ver continuación en la Figura 22, el cual consta de las siguientes partes:

- 2 válvulas de bronce para GLP de 1"; **A,B**
- 1 manómetro de 0-300 psi; **C**
- 1 manómetro de 0-60 psi; **D**
- 1 regulador de primera etapa de 288 kg/h, que regule de 260 psi a 17 psi; **E**
- 1 unión universal de 1"; **F**



**FIGURA 22 : TREN DE REGULACION DE PRIMERA ETAPA**

El tren estará conectado a los tanques de la siguiente manera; ver Apéndice F Plano 4.

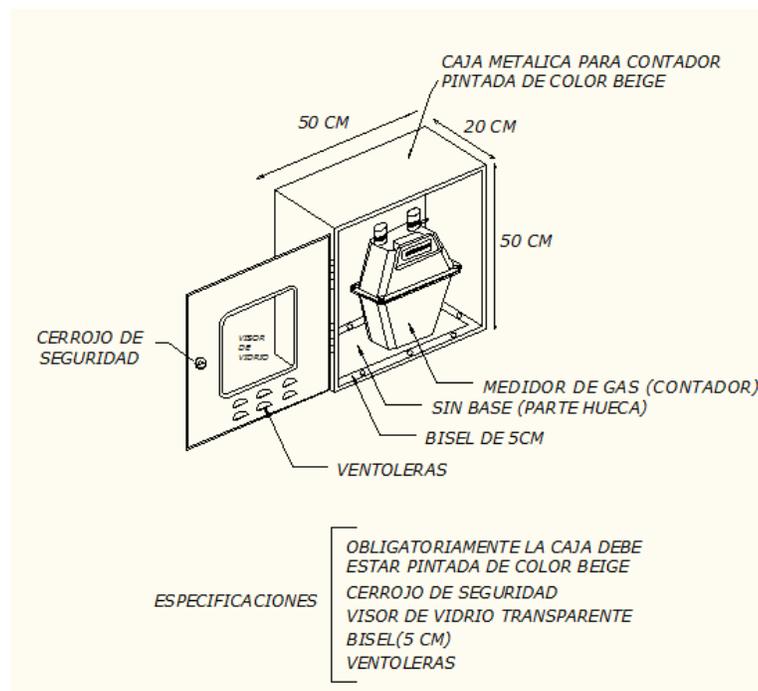
Recordar que este proyecto no incluye el tendido interno de cada casa. Sin embargo se plantea como serian y sus componentes y arreglo ver el Apéndice F plano 6.

La ubicación del contador es fuera de la villa tal como se puede apreciar en la Figura 23, por motivo de fácil revisión por parte del personal de la comercializadora:



**FIGURA 23: UBICACIÓN DEL CONTADOR EN UNA CASA MODELO**

A continuación se muestra en la Figura 24, las especificaciones de la caja que albergará el contador y tren de regulación de segunda etapa



**FIGURA 24: DIMENSIONES DE LA CAJA DEL CONTADOR**

El tren de regulación de segunda etapa va antes del contador de la vivienda y los equipos y su función es regular la presión de la línea principal a  $\frac{1}{2}$  psi (presión de operación de los equipos domésticos y contador).

El tren de regulación de segunda etapa, que se muestra en la Figura 25, consta de izquierda a derecha:

1. Transición mecánica de polietileno a metal de ½ “
2. Una válvula de ½ “ cobre de cabo corto para GLP
3. Un regulador R7 a 90 grados con bastón
4. 1 racor de 3/4 “ roscable, ½ roscable
5. Bastón de cobre de ½ “
6. Válvula de ½ “ cobre de cabo corto para GLP



**FIGURA 25: TREN DE REGULACIÓN DE SEGUNDA ETAPA**

El tren de regulación queda listo para instalar el contador de GLP que lo proporciona la comercializadora, tal como se aprecia a continuación en la Figura 26.



**FIGURA 26: CONTADOR DE GLP**

### **Instalación del sistema de enfriamiento**

Las uniones serán del tipo roscadas y se recubrirán los hilos con teflón. El uso de llaves correctas garantizará el apriete y preservación de la integridad de los accesorios.

Se empieza armando el sistema al nivel del suelo por partes, para luego instalarlo con la ayuda de las universales en sitio.

La válvula de paso de agua debe quedar instalada en un lugar de fácil acceso y a 1.5m de altura medida desde el suelo

Acatar el plano 7 para la instalación y medidas.

**Prueba de presión**

La prueba de presión garantiza que la instalación está libre de fugas, la cual es realizada por el personal instalador en conjunto con un representante de la comercializadora. Sin esta prueba la comercializadora no procederá a llenar los tanques con GLP.

La supervisión del delegado de la comercializadora no tiene costo alguno la primera vez. Pero en caso de que se realice la prueba y presente fugas que no se pueden corregir en el momento, se deberá programar una cita posterior con el delegado y la misma tendrá un valor de USD 80,00.

Por lo cual se realiza una prueba previa de presión, sin la intervención de los fiscalizadores, se corrigen las fugas si existiesen y si no decae la presión se pasará a separar cita con el delegado para una posterior prueba de presión supervisada por ellos.

La prueba de presión que se realiza internamente no se efectuó con aire comprimido o nitrógeno debido a que la empresa instaladora carece de equipos para detección de fugas subterráneas. Sin

embargo la empresa cuenta con personal experto en la detección de fugas con GLP debido a su olor. Por esta razón se utiliza GLP ya que es un gas a presión que posee olor, de muy fácil y económica adquisición.

La prueba se muestra a continuación en la Figura 27 y se la realiza a una presión de 50 Psi, para esto se utiliza en total 10 tanques de 15Kg en toda la urbanización. El procedimiento para realizar esta prueba fue el siguiente:

- Cercar alrededor del tramo a analizar e informar que nadie puede estar cerca, mucho menos con alguna fuente de chispa o llama.
- Comprobar que estén cerradas las válvulas que delimitan la instalación a ensayar, además de que todas las derivadas estén taponadas.
- Sectorizar la ciudadela con las poliválvulas, para hacer la prueba de presión tramo por tramo.
- Conectar el tanque de GLP con una manguera en serie con una válvula y un manómetro hasta la transición.

- Abrir la válvula y dejar circular el gas hasta que la presión llegue aproximadamente a 50 psi en la línea e inmediatamente cerrar la válvula.
- Dejar que se estabilice la temperatura durante 15 min., luego tomar la primera lectura de presión
- Después de 30 min. tomar otra lectura de la presión. Si esta decayó drásticamente es posible que exista fugas. Para detectarlas se utilizará agua jabonosa y el sentido del olfato.
- Si se detectan fugas, se expulsa el gas de la línea lentamente al ambiente. Luego se repara la línea averiada y se vuelve a realizar la prueba. Todos estos procesos pueden ser apreciados en la Figura 27.



**FIGURA 27: PRUEBA DE PRESIÓN REALIZADA POR LA INSTALADORA**

Una vez seguros de realizar la prueba de presión, se separa una cita con el delegado de la comercializadora y se realiza una última prueba con un compresor de aire bajo los mismos parámetros de tiempo y presión.

### **Análisis de Resultados**

La instalación de la red de polietileno fue supervisada en todo momento por un Ingeniero residente de obra de la constructora, esta persona firmo un documento certificando que la tubería había quedado instalada, documento que sirve como respaldo de que todo el polietileno fue instalado y en caso de que la tubería presente fugas en la prueba de presión. Si la fuga es en una unión, la reparación la asumirá la compañía, caso contrario se le cobrará un adicional a la constructora.

Al efectuar la prueba de presión se verifico que habían perforado la línea de gas en diferentes lugares como se presenta a continuación en la Figura 28.



**FIGURA 28: PERFORACIÓN DE LA TUBERÍA EN LA INSTALACIÓN DE UN POSTE DE ALUMBRADO PÚBLICO**

Se detecto la fuga y se procedió a la excavación y reparación de la línea. Se trataba de una tubería de  $\frac{3}{4}$  " polietileno, se lo reparo con 1 m. de tubería y 2 uniones de  $\frac{3}{4}$ " . Se tomo evidencias fotográficas para enviar como soporte del daño a la constructora. Este caso se repitió 2 veces a lo largo de la instalación.

Otra de las fugas muy comunes que se encontró en la prueba de presión fue que las derivadas de las casas habían sido arrancadas o picadas por parte de la constructora. Para repararlas se utilizo 2

uniones y tubería de  $\frac{1}{2}$ " en cada arreglo que a continuación se presentan en la Figura 29:



**FIGURA 29: DAÑOS Y REPARACIONES EN LA LÍNEA DE POLIETILENO**

Pos dos ocasiones se presentaron problemas en que la caja donde están enterradas las poliválvulas fueron desplazadas, destruidas o enterradas. Se supone que este tipo de daño fue ocasionado por el

tránsito de una maquinaria pesada. En un caso había arrancado la tubería moviendo la poliválvula fuera de los límites de la acera. Estos daños se los aprecia en la Figura 30, el círculo amarillo que señala la caja averiada fuera de los límites de la acera.



**FIGURA 30: DAÑOS Y REPARACIONES DE POLIVÁLVULAS**

Como solución se excavo y se movió la poliválvula hasta el lugar deseado, se procedió a construir una nueva caja.

Otro de los problemas era el almacenamiento de la tubería. Se debe recordar que la tubería se fragiliza ante los rayos ultravioleta. Por lo tanto, se debe almacenar en un lugar bajo techo. Generalmente al finalizar un día de instalación sobraba material el que en repetidas ocasiones fue dejado a la intemperie hasta el siguiente día. Este material sobrante era afectado directamente por los rayos del sol al siguiente día como se observa en la Figura 31, deteriorando la calidad del mismo, por lo cual se solicito a la constructora una bodega cubierta para el almacenamiento de los materiales.



**FIGURA 31: TUBERÍA DE POLIETILENO ALMACENADA A LA INTERPERIE**

Otro de los problemas que se detectaron es que una vez instalada la red interna de la casa, las constructoras de cada casa procedían a salpicarle cemento a las válvulas, boquillas y cajas deteriorándolas. A continuación en la Figura 32 se puede observar lo antes mencionado.



**FIGURA 32: DAÑOS EN LOS ACCESORIOS Y CAJAS DE CONTADORES**

La solución fue recubrir de film plástico todos los accesorios y cajas para protegerlos además de que se recomendó a las constructoras que tengan especial cuidado con la instalación, y como medida complementaria se instala la caja cuando ya haya sido pintada por última vez la casa antes de entregarla.

### **Tiempo de retorno de inversión**

Un análisis notable que se puede hacer en este proyecto es el cálculo del tiempo de retorno de inversión. Demostrando lo beneficioso que resulta la instalación para el consumidor. Se

realizará un cálculo en el que se utilice cilindros básicos de 15 kg y otro cálculo tal que sea una instalación centralizada de GLP.

Como se calculo el consumo de GLP mensual que demanda la urbanización es cerca de 9994.38 kg GLP/mes. Además se sabe que el 20% del contenido de GLP de los cilindros básicos de 15 kg no se los puede consumir y retorna a la envasadora. Sin embargo este porcentaje anterior lo paga el consumidor aunque no lo usa. Por lo tanto se necesita el 20% más de lo que consume la urbanización por mes.

$$9994.38 \text{ kg GLP al granel /mes} * 1.20 = 11993.256 \text{ kg GLP en} \\ \text{tanques /mes}$$

Donde cada cilindro transportado hasta las casas, tendrán un costo de \$2.5, es decir el precio por kg GLP distribuidor será:

$$\text{\$ } 2.5 / 15 \text{ kg} = \text{\$ } 0.1666 / \text{kg}$$

Por lo tanto, el valor a pagar por el consumo de toda la urbanización si se utilizarán cilindros básicos de 15 kg sería:

$$11993.256 * \$ 0.1666 = \$ 1998.876$$

Un costo indirecto que hay es que en cada vivienda deberá existir una persona para cancelar y recibir los cilindros por parte de la distribuidora, un promedio de 1 hora al mes deberá estar esta persona disponible en horas laborables. Asumiendo que esta persona gana el salario Básico, el costo sería de \$ 1.65/hora. Se necesitará contar con 480 personas en la urbanización lo cual representa un costo de \$ 792/mes. Entonces el costo total para abastecer a la urbanización con cilindros básicos es:

$$\$ 1998.876 /mes + \$792 /mes.= \$ 2790.88$$

Sin embargo con una instalación centralizada de GLP el precio será de \$ 0.12/kg GLP, es decir \$ 1199.32/mes. No existen costos indirectos ya que la comercializadora se encarga de abastecer directamente la urbanización.

Por lo tanto, sin el sistema centralizado el costo total sería de \$ 2790/mes y con el sistema centralizado será de \$1199.32/mes, es decir el ahorro neto será de \$ 1590.68 /mes.

$$57348.38 \$ / 1590.68\$ = 36.05 \text{ meses; } 3 \text{ años aprox.}$$

Otro punto importante que se debe analizar es la instalación de la red. El cronograma se vio afectado por la temporada de lluvias que ocasiono retrasos por tres días consecutivos, humedeciendo la arena y la tierra removida. Esto afecto un correcto compactado de la tierra. Sin embargo, todo el proyecto se mantuvo dentro del presupuesto inicial, ya que se contrato la mano de obra por metro instalado y no por días laborados.

# CAPÍTULO 5

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Uno de los principales beneficios que ofrece el sistema centralizado de GLP, es que el consumidor deja de preocuparse por intercambiar los tanques para reabastecerse del producto brindando bienestar confort.

Por otro lado, la instalación de GLP centralizado fue sometida a una prueba de estanqueidad, conservando la presión constante, certificándose así como libre de fugas, además sus equipos de regulación cuentan con bloqueos de paso de gas en caso de alguna perforación en la línea brindando seguridad a los residentes de la urbanización.

Otro beneficio es que al utilizar este tipo de instalaciones se combatirá la especulación del precio del GLP ya que el contrato lo realiza el consumidor directamente con la comercializadora de GLP evitando el paso por las distribuidoras.

Por otro lado en el Ecuador la construcción de sistemas centralizados de GLP para el sector residencial son viables, ya que están al alcance todos los equipos y materiales necesarios para realizarlos. En el mercado las empresas comerciales están importando todo tipo de suministros para la instalación de GLP, ya que dichas instalaciones están teniendo un auge en la demanda por los beneficios que ofrece al consumidor.

En cuanto a la mano de obra calificada para realizar este tipo de instalaciones en el Ecuador, existe limitada mano de obra calificada, pero este problema lo están resolviendo las empresas que venden suministros para GLP ya que ofrecen cursos de instalación, capacitaciones y asesoría a todas las empresas que se relacionan con esta área.

Por último, se diseñó y construyó la instalación de GLP canalizado para una urbanización, respetando todas las normas vigentes acerca del uso de GLP

en el sector residencial. El diseño y ubicación de los tanques de GLP fue aprobado por el BCBG, otorgando un permiso de factibilidad para la instalación de los mismos.

### **Recomendaciones**

Para efectuar pruebas de presión de gas, son pocas las empresas que poseen en el país un equipo detector de fugas subterráneas, el equipo tiene un valor cerca de los \$ 5000,00 en el extranjero y su alquiler por día bordea los \$ 400,00. Por este motivo se utiliza GLP para localizar las fugas guiándose por el olor característico que emana. Este procedimiento es de sumo cuidado y solo puede ser realizado por personal calificado, por lo que se recomienda a la comercializadora de GLP que debería conseguir un equipo detector de fugas subterráneas antes de que ocurra algún accidente en las pruebas de fugas con GLP.

Se deberá tener en cuenta que en caso de presencia de lluvias, la instalación se debe detener ya que no se conseguirá realizar un buen compactado del relleno y habrá que esperar aproximadamente 2 días soleados para que el relleno y compactación sean óptimos, por lo que se recomienda realizar las instalaciones en la estación de verano.

Otra recomendación es de no sujetar los reguladores del cuerpo para instalarlos ya que en muchos casos se rompen, y no pueden ser utilizados, utilizar las llaves y procedimiento indicados, garantizarán una correcta instalación.

**APÉNDICE A:**

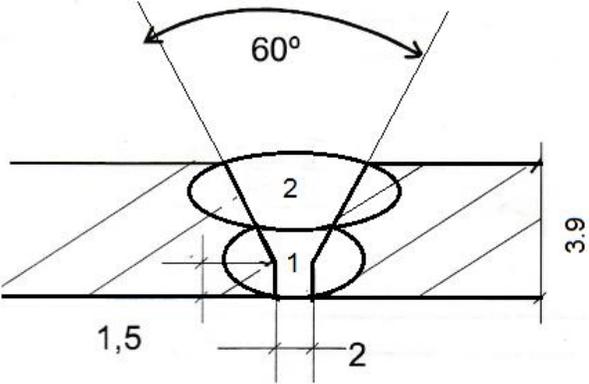
**CÁLCULO DE CAÍDAS DE PRESIÓN (4 bar - 0,05 bar) PRESION MEDIA**

Tramo	#DE VILLAS	Potencia		Caudal		Presión ingreso de			Longitud [m]	Tubería		Presión de salida		Caída de presión			Funcionalidad	
		[BTU/h]	[kw]	Q [m³/h]	[kg /h]	[bar]	[psi]	[atm]		Ø nominal ["]	D = [mm]	[bar]	[psi]	Δ [bar]	%	< 20%	Q/D < 150	Vel. <= 15 m/s
R1-A	480,00	8.279.905	2424,44	83,67	175,52	1,30	18,85	1,28	25,30	3" PE	71,78	1,30	18,83	0,001	0,11	Cumple	Cumple	Cumple
A-A1	14,00	241.497	70,71	2,44	5,12	1,30	18,83	1,28	126,50	1" PE	27,00	1,30	18,82	0,001	0,10	Cumple	Cumple	Cumple
A-A2	466,00	8.038.408	2353,73	81,23	170,40	1,30	18,83	1,28	11,50	3" PE	71,78	1,30	18,82	0,001	0,05	Cumple	Cumple	Cumple
A2-A3	466,00	8.038.408	2353,73	81,23	170,40	1,30	18,82	1,28	197,80	2" PE	48,69	1,23	17,80	0,071	5,45	Cumple	Cumple	Cumple
A2-A4	466,00	8.038.408	2353,73	81,23	170,40	1,30	18,82	1,28	305,90	2" PE	48,69	1,19	17,22	0,111	8,51	Cumple	Cumple	Cumple
A3-B1	466,00	8.038.408	2353,73	81,23	170,40	1,23	17,80	1,21	255,30	2" PE	48,69	1,13	16,42	0,095	7,30	Cumple	Cumple	Cumple
A4-A5	466,00	8.038.408	2353,73	81,23	170,40	1,19	17,22	1,17	201,25	2" PE	48,69	1,11	16,12	0,076	5,84	Cumple	Cumple	Cumple
A5-B7	40,00	689.992	202,04	6,97	14,63	1,11	16,12	1,10	362,25	1" PE	27,00	1,08	15,72	0,028	2,12	Cumple	Cumple	Cumple
A4-A6	39,00	672.742	196,99	6,80	14,26	1,11	16,12	1,10	362,25	1" PE	27,00	1,09	15,74	0,026	2,02	Cumple	Cumple	Cumple
C1-D1	27,00	465.745	136,37	4,71	9,87	1,23	17,80	1,21	244,95	3/4" PE	21,56	1,20	17,43	0,026	1,96	Cumple	Cumple	Cumple
C2-D2	27,00	465.745	136,37	4,71	9,87	1,23	17,80	1,21	244,95	3/4" PE	21,56	1,20	17,43	0,026	1,96	Cumple	Cumple	Cumple
C3-D3	32,00	551.994	161,63	5,58	11,70	1,23	17,80	1,21	259,90	3/4" PE	21,56	1,19	17,26	0,04	2,84	Cumple	Cumple	Cumple
C4-D4	32,00	551.994	161,63	5,58	11,70	1,23	17,80	1,21	287,50	3/4" PE	21,56	1,19	17,20	0,041	3,15	Cumple	Cumple	Cumple
C5-D5	32,00	551.994	161,63	5,58	11,70	1,23	17,80	1,21	292,10	3/4" PE	21,56	1,19	17,19	0,042	3,20	Cumple	Cumple	Cumple
E1-F1	29,00	500.244	146,48	5,05	10,60	1,11	16,12	1,10	229,85	3/4" PE	21,56	1,08	15,70	0,029	2,21	Cumple	Cumple	Cumple
E2-F2	29,00	500.244	146,48	5,05	10,60	1,11	16,12	1,10	245,30	3/4" PE	21,56	1,08	15,67	0,031	2,36	Cumple	Cumple	Cumple
E3-F3	25,00	431.245	126,27	4,36	9,14	1,11	16,12	1,10	59,09	3/4" PE	21,56	1,11	16,04	0,006	0,43	Cumple	Cumple	Cumple
E4-F4	24,00	413.995	121,22	4,18	8,78	1,11	16,12	1,10	244,90	3/4" PE	21,56	1,09	15,81	0,022	1,67	Cumple	Cumple	Cumple
E5-F5	22,00	379.496	111,12	3,83	8,04	1,11	16,10	1,10	271,07	3/4" PE	21,56	1,09	15,80	0,020	1,58	Cumple	Cumple	Cumple
E6-F6	22,00	379.496	111,12	3,83	8,04	1,11	16,10	1,10	267,09	3/4" PE	21,56	1,09	15,81	0,020	1,55	Cumple	Cumple	Cumple
E7-F7	19,00	327.746	95,97	3,31	6,95	1,11	16,10	1,10	49,45	3/4" PE	21,56	1,11	16,06	0,003	0,22	Cumple	Cumple	Cumple

**APÉNDICE B:**  
**LISTA DE MATERIALES Y PRECIOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD	P/U	TOTAL
VALVULA DE EXCESO DE FLUJO 50 GPM Ø = 1 1/4"	2 U.	57,46	114,92
VALVULA DE CORTE DE LINEA DE LIQUIDO Ø = 1"	2 U.	135,18	270,36
VALVULA DE ALIVIO DE PRESION 250 PSI Ø = 1/2"	1 U.	30,70	30,70
MANGUERAS PARA CONEXIÓN A TANQUE Ø = 3/4"	2 U.	44,27	88,54
MANGUERAS PARA LLENADO Ø = 3/4"	2 m	40,84	81,68
MANOMETRO 0-300 PSIG c/g	1 U.	36,50	36,50
KIT REGULACION DE PRIMERA ETAPA 200 kg/h	1 U.	1474,50	1474,50
TUBERIA ASTM A53 Sch 80 Ø = 1 1/4"	12 m	27,50	330,00
CODO ASTM A53 Sch 80 Ø = 1 1/4"	6 U.	1,09	6,54
TEE ASTM A53 Sch 80 Ø = 1 1/4"	1 U.	5,81	5,81
TUBERIA GALVANIZADA Ø = 2"	20 m	21,77	435,40
TEE GALVANIZADA Ø = 2"	1 U.	4,00	4,00
CODO GALVANIZADO Ø = 2"	6 U.	3,75	22,50
ROCIADOR DE AGUA Ø = 3/8"	10 U.	8,00	80,00
VALVULA DE AGUA DE Ø = 2"	1 U.	33,00	33,00
TUBERIA ASTM A53 Sch 40 Ø = 3"	2 m	59,37	118,74
TUBERIA ASTM A53 Sch 40 Ø = 1 1/4"	6 m	13,02	78,12
TUBERIA ASTM A53 Sch 40 Ø = 1"	9 m	8,97	80,73
CODO ASTM A53 Sch 40 Ø = 3"	1 U.	3,70	3,70
CODO ASTM A53 Sch 40 Ø = 1 1/4"	5 U.	0,70	3,50
CODO ASTM A53 Sch 40 Ø = 1"	6 U.	0,52	3,12
TEE ASTM A53 Sch 40 Ø = 1 1/4"	2 U.	3,36	6,72
TUBERIA DE POLIETILENO PE 2406 Ø = 3"	31 m	12,00	372,00
TUBERIA DE POLIETILENO PE 2406 Ø = 2"	850 m	5,00	4.250,00
TUBERIA DE POLIETILENO PE 2406 Ø = 1"	650 m	2,80	1.820,00
TUBERIA DE POLIETILENO PE 2406 Ø = 3/4"	2.955 m	2,50	7.387,50
TUBERIA DE POLIETILENO PE 2406 Ø = 1/2"	960 m	2,20	2.112,00
CODO PE 2406 Ø = 3"	3 U.	28,61	85,83
CODO PE 2406 Ø = 2"	2 U.	23,61	47,22
CODO PE 2406 Ø = 1"	12 U.	9,28	111,36
TEE PE 2406 Ø = 3"	2 U.	41,60	83,20
TEE PE 2406 Ø = 2"	22 U.	16,16	355,52
TEE PE 2406 Ø = 1"	3 U.	7,70	23,10
TEE PE 2406 Ø = 3/4"	7 U.	3,28	22,96
TEE REDUCTORA PE 2406 Ø = 3/4" A 1/2"	325 U.	5,88	1.911,00
TEE REDUCTORA PE 2406 Ø = 1" A 1/2"	78 U.	7,70	600,60
TRANSICION METALICA PE2406 Ø 3"	1 U.	78,62	78,62
VALVULAS ESFERICAS DE BRONCE Ø 1"	3 U.	12,04	36,12
POLIVALVULA POLIETILENO Ø 3"	3 U.	279,93	839,79
POLIVALVULA POLIETILENO Ø 2"	8 U.	324,60	2.596,80
POLIVALVULA POLIETILENO Ø 1"	23 U.	69,04	1.587,92
SILLETA PE 2406 DE Ø 2" A 1/2"	78 U.	5,50	429,00
REDUCCION PE 2406 Ø 3" x 2"	5 U.	34,00	170,00
REDUCCION PE 2406 Ø 2" X 3/4"	20 U.	4,80	96,00
UNION PE 2406 Ø = 3/4"	10 U.	9,70	97,00
UNION PE 2406 Ø = 2"	10 U.	9,70	97,00
TAPON PE 2460 Ø = 1/2"	480 U.	2,00	960,00
SELLANTE PARA ROSCAS UNIFIX GASTOP X 36 ML	2 U.	4,00	8,00
VARILLA DE COBRE PARA TIERRA 1M X 1/2"	3 U.	45,00	135,00
CABLE DE COBRE PARA CONEXIÓN A TIERRA #4	8 m.	8,00	64,00
GRILLETE PARA CABLE	3 U.	4,00	12,00
PERNOS EXPANSIVOS DE 1 1/2" X 3/8"	12 U.	1,30	15,60
CINTA AMARILLA; PELIGRO TUBERIA DE GAS	4.000 U.	0,08	320,00
MATERIALES FUNGIBLES Y CONECTORES DE BRONCE	1 gbl	600,00	600,00
PINTURA ANTICORROSIVA ROJA Y AMARILLA	1 gl	4,00	4,00
<b>SUBTOTAL MATERIALES \$</b>			<b>30.634,22</b>
<b>TOTAL MATERIALES \$</b>			<b>30.634,22</b>

**APÉNDICE C:**  
**ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

		<b>PROYECTO:</b>		
		<b>SISTEMA DE DISTRIBUCION DE GLP PARA UNA URBANIZACION</b>		
		<b>ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>		
			CLIENTE:XXX	
	PÁGINA: 1			
	FECHA: 04-04-1			
<b>PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA</b>  (WPS): SAM-WPS-08		<b>PROCESO DE SOLDADURA:</b>  GTAW	<b>TIPO:</b>  MANUAL	<b>CODIGO:ASME</b>  IX
<b>JUNTAS</b>		<b>DETALLE</b>		
<b>DISEÑO DE JUNTA</b>	BISEL EN V			
<b>MATERIAL DE RESPALDO:</b>	WELD METAL			

<b>METAL BASE</b>			
<b>METAL BASE:</b> ASTM A-53		A: ASTM A53	
<b>RANGO DE ESPEORES</b>			
<b>METAL BASE:</b> ASTM A-53	<b>RANURA:</b> 3.9 mm		<b>FILETE:</b> TODOS
<b>MATERIAL DE SOLDADURA</b>			
<b>AWS (CLASE)</b>	ER 70S-6	<b>RANGO DE ESPEORES</b>	
		<b>RANURA</b>	GTAW 3.9mm
		<b>FILETE</b>	TODOS
<b>POSICION</b>		<b>PRECALENTAMIENTO</b>	
POSICION EN RANURA	TODOS	TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO:	N/A
DIRECCION DE LA SOLDADURA	SUBIENDO	TEMPERATURA ENTRE PASES:	N/A
<b>GAS</b>			
<b>PORCENTAJE DE LA COMPOSICION</b>			
<b>GAS DE PROTECCION</b>	<b>GAS</b>	<b>MEZCLA</b>	<b>FLUJO</b>
	ARGON	99.99%	10-12 LTS/MIN

<b>CARACTERISTICAS ELECTRICAS</b>			
<b>CORRIENTE</b>	DC		
<b>AMPERIOS</b>	90-120	<b>VOLTIOS</b>	10-20
<b>ELECTRODO DE TUNGSTENO DIAMETRO</b>	2.4 mm		
<b>TECNICA</b>			
<b>CORDON RECTO U OSCILADO</b>	RECTO Y OSCILADO		
<b>ORIFICIO O TAMAÑO DE LA BOQUILLA</b>	8-12 mm		
<b>LIMPIEZA INICIAL Y ENTRE PASES</b>	DILUYENTE CEPILLADO Y CUANDO SE REQUIERA PULIDORA		
<b>METODO DE LA LIMPIEZA DE LA RAIZ</b>	PULIDORA		
<b>OSCILACION</b>	N/A		
<b>DISTANCIA HASTA LA PIEZA DE TRABAJO</b>	N/A		
<b>CORDONES MULTIPLES</b>	MULTIPLE		
<b>MULTIPLES O UN SOLO CORDON</b>	UN SOLO		
<b>RANGO DE VELOCIDAD DE AVANCE</b>	4-9 cm/min		
<b>MARTILLADO</b>	N/A		
<b>OTROS</b>	N/A		

CORDONES DE SOLDADURA	PROCESO	METAL DE SOLDADURA		CORRIENTE		RANGO DE VOLTAJE (V)	VELOCIDAD (m/min)
		CLASES	Φ	POLARIDAD	AMPERAJE (A)		
1	GTAW	ER-70S-6	2.4mm	DC	90-120	10-20	4-9
2	GTAW	ER-70S-6	2.4mm	DC	90-120	10-20	4-9

**APÉNDICE D:**

**DIAGRAMA DE GANTT PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA**



**APÉNDICE E:**

**PERMISO DE FACTIBILIDAD DEL BCBG**



# BENEMÉRITO CUERPO DE BOMBEROS DE GUAYAQUIL

FUNDADO EN 1835  
DECLARADO BENEMÉRITO POR EL H. CONGRESO DE 1930

Oficio # 060-DIP-BCBG.2011  
Guayaquil, 15 de febrero del 2011.

Ing.  
Eivira Ortega de Arosemena  
GERENTE GENERAL  
INMOBILIARIA TERRABIENES S.A.  
Ciudad.

De mis consideraciones:

En atención a la solicitud de Factibilidad para la instalación de dos (2) Tanques Centralizados de GLP sobre superficie de 7.51 m<sup>2</sup> de capacidad cada uno, en la "URBANIZACIÓN VERANDA" ubicada en la parroquia Pascuales, Autopista Terminal - Pascuales Km. 16, lado derecho y tomando en consideración el informe de la inspección realizada por el Capt. (B) Alejandro Legarda Bastidas, funcionario de esta Institución, al sitio donde se proyecta instalar los referidos tanques de GLP (Dentro de los predios 14 y 15 de la referida urbanización); al respecto comunicamos a usted que SERIA FACTIBLE la instalación de dos (2) tanques centralizados sobre superficie con GLP de 7.51 m<sup>2</sup> de capacidad cada uno, condicionada que para aprobación del proyecto definitivo deberá en el área de tanques de GLP acondicionar lo siguiente:

- a.- Cumplir con lo establecido en la Norma INEM 2260-2010 tabla 7 clasificación A-2 (además en el literal b del numeral 7.9.2.9 de la misma Norma INEM, permite con paredes sólidas bajo ciertos parámetros reducir ciertas distancias de seguridad), y demás requisitos.
- b.- Las paredes del cerramiento Norte (hacia acera y vía vehicular interna) y Oeste (límite con solar # 13) del área proyectada deberá acondicionarse del tipo maciza en áreas de incidencia con los tanques de GLP.

De esta manera cumplirían con los retiros establecidos por la Norma INEM 2260-2010 tabla 7 clasificación A-2.

De continuar con el trámite, siempre que se consideren las observaciones indicadas, deberán solicitar al Departamento de Ingeniería y Proyectos de esta Institución las Disposiciones Técnicas de seguridad contra incendios, una vez presentados los planos, y documentos respectivos, así como cancelar las tasas correspondientes.

Particular que ponemos en su conocimiento para los fines consiguientes.

Arq. María José Naranzo Vargas  
DIRECTORA DEL DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA Y PROYECTOS.

FPA/PCA

cc Carpeta de planos,  
Archivo



Ing. Civ. Franklin Pineda Abarca  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA Y PROYECTOS (B)

INMOBILIARIA TERRABIENES S.A.  
RECIBIDO SIN ACEPTACIÓN  
DEL CONTENIDO

01 MAR 2011

POR: \_\_\_\_\_

## **APÉNDICE F: PLANOS**

## BIBLIOGRAFÍA

- Trinity industries de México; Monte Pelvoux 111 piso 7 Col Lomas de Chapultepec, CP 1100 México D.F. [www.trinitymexico.com](http://www.trinitymexico.com).
- IMPORTADORA FACAY S.A., Suministros e ingeniería Hidráulica, mecánica industrial y agrícola. Mapasingue Este Av. Primera #545 y calle 6ta. Telf.: 04 2354641 Guayaquil, Ecuador.
- Extrucol, Tubería y accesorios de Polietileno de alta especificación. Catalogo de tuberías de polietileno para GLP. Parque Industrial km 3 Vía palenque Café Madrid. Bucaramanga, Colombia.
- Los Gases Licuados de Petróleo, Autor J. L. LORENZO BECCO, edita DIRECCIÓN DE MARKETING REPSOL-BUTANO S.A. ISBN: 84-398-4005-5 CARTONÉ- ISBN 84-398-4004-7 RUSTICA, MADRID 1989  
IMPRIME: A.G. SAN LUIS, S.L.  
DEPÓSITO LEGAL: M 28.434-1990

- Industrias Humcar Ltda. Dirección: Av. Américas No. 64-33 Bogotá - Colombia.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2260:2010 segunda revisión 2010-01. Instalaciones de Gases Combustibles para Uso Residencial, Comercial e Industrial. Requisitos.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 440:1984. Colores de Identificación de Tuberías.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2494:2009. Gasoductos Sistemas de Distribución de Gases Combustibles por Medio de Ductos. Requisitos.
- Norma NFPA 58 Liquefied Petroleum Gas Code 2001 edition.
- Norma NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems 1999 Edition.