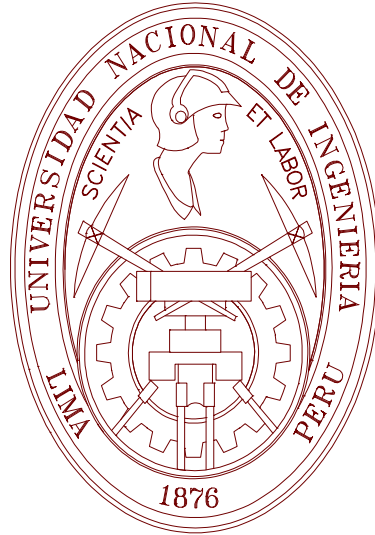


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**ESTUDIO DE AMPLIACION DE UN SERVICENTRO  
CON UN GASOCENTRO DE GLP DE USO AUTOMOTRIZ  
DE 5 000 GALONES DE CAPACIDAD**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECANICO**

**CARLOS NOLBERTO MACINES ROMERO**

**PROMOCION 85-I**

**LIMA-PERU**

**2009**

**DEDICATORIA**

**A MIS PADRES Y HERMANOS  
POR SU APOYO PERMANENTE**

## INDICE

INDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
PROLOGO.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Importancia y actualidad del tema.....	3
2 INSTALACIONES ACTUALES DEL SERVICENTRO.....	5
2.1 Descripción general.....	5
2.2 Tanques de combustibles líquidos.....	6
2.3 Patio de maniobra.....	7
2.4 Islas de despacho.....	7
2.5 Punto de recepción de combustibles líquidos.....	8
2.6 Red de tuberías de distribución de combustibles.....	8
2.7 Otras instalaciones existentes.....	11
2.7.1 Instalaciones eléctricas.....	11
2.7.2 Instalaciones de agua y desagüe.....	11
2.7.3 Aire comprimido.....	12
2.7.4 De seguridad.....	12
2.7.5 Edificios e instalaciones complementarias.....	12
3 INSTALACIONES DE UN GASOCENTRO DE GLP AUTOMOTOR.....	14
3.1 Objetivo.....	14

## II

3.2	Reglamentos y normas técnicas .....	15
3.2.1	Reglamentos.....	15
3.2.2	Normas técnicas.....	16
3.2.2.1	Instalaciones mecánicas.....	17
3.2.2.2	Equipos e instalaciones eléctricas.....	18
3.2.2.3	Seguridad.....	18
3.3	Instalaciones mecánicas.....	19
3.3.1	Tanque de almacenamiento.....	19
3.3.1.1	Capacidad.....	19
3.3.1.2	Material.....	19
3.3.1.3	Forma.....	19
3.3.1.4	Diseño, fabricación y pruebas.....	20
3.3.1.5	Instalación.....	20
3.3.1.6	Ubicación y distancias del tanque a equipos y linderos.....	21
3.3.1.7	Zona de seguridad de los tanques.....	21
3.3.1.8	Protección anticorrosiva y catódica.....	22
3.3.1.9	Accesorios.....	22
3.3.2	Punto de abastecimiento de GLP.....	24
3.3.2.1	Conexión con las tuberías de abastecimiento del tanque.....	24
3.3.2.2	Válvulas.....	24
3.3.2.3	Accesorios.....	25
3.3.2.4	Anclajes.....	26
3.3.2.5	Ubicación.....	26
3.3.3	Dispensadores.....	27

### III

3.3.3.1	Requisitos.....	27
3.3.3.2	Ubicación.....	27
3.3.3.3	Mangueras.....	27
3.3.3.4	Pistolas de llenado.....	28
3.3.4	Tuberías.....	28
3.3.4.1	Del punto de abastecimientos al tanque.....	29
3.3.4.2	Del tanque al punto de despacho.....	29
3.3.4.3	Válvulas y accesorios.....	29
3.4	Instalaciones eléctricas .....	30
3.4.1	Tableros.....	30
3.4.2	Alimentadores.....	31
3.4.3	Interruptores de parada de emergencia.....	31
3.5	Otras instalaciones.....	32
4	DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES E INSTALACIONES.....	33
4.1	Objetivos.....	33
4.2	Distribución de componentes.....	33
4.2.1	Tanque de almacenamiento .....	34
4.2.2	Punto de abastecimiento de GLP al tanque.....	36
4.2.3	Dispensadores.....	39
4.2.4	Tuberías.....	40
4.2.4.1	Del punto de abastecimiento de GLP al tanque.....	41
4.2.4.2	Del tanque a la isla de despacho.....	41
4.3	Distribución de otros equipos e instalaciones.....	42
4.3.1	De las instalaciones eléctricas .....	42

4.3.2	De equipos de seguridad.....	42
5	DISEÑO DEL TANQUE Y SUS INSTALACIONES.....	43
5.1	Diseño del tanque.....	43
5.1.1	Diseño mecánico.....	43
5.1.1.1	Dimensiones principales.....	45
5.1.1.2	Espesor de las paredes.....	53
5.1.2	Diseño mecánico de detalle.....	58
5.1.2.1	Salida para conexiones de tuberías y accesorios.....	59
5.1.2.2	Agujero para inspección (Manhole).....	60
5.2	Diseño de las Instalaciones.....	75
5.2.1	Obras civiles.....	75
5.2.1.1	Caja y cimentaciones.....	75
5.2.1.2	Cerco de seguridad.....	76
5.2.2	Protección anticorrosión.....	76
5.2.2.1	Métodos disponibles.....	77
5.2.2.2	Protección con ánodos de sacrificio.....	77
5.2.2.3	Instalaciones de ánodos.....	81
5.3	Ensayos no destructivos.....	84
5.3.1	Prueba hidrostáticas y de de hermeticidad.....	84
5.3.2	Equipos y accesorios .....	84
5.3.3	Otros ensayos.....	84
6	DISEÑO DE TUBERÍAS Y SELECCIÓN DE LA BOMBA.....	85
6.1	Selección de tuberías.....	85
6.2	Canaleta para tuberías.....	87

6.3	Protección catódica.....	88
6.4	Selección de la bomba.....	89
6.5	Válvulas y accesorios.....	89
7	INSTALACIONES ELECTRICAS Y DE SEGURIDAD.....	92
7.1	Objetivo.....	92
7.2	Instalaciones eléctricas.....	92
7.2.1	Interruptores de parada de emergencia.....	92
7.2.2	Alimentadores.....	93
7.2.3	Dispositivo de parada de emergencia.....	94
7.2.4	Puesta a tierra.....	94
7.3	Instalaciones y equipos de seguridad.....	95
7.3.1	Sondas detectoras de fuga de gas.....	95
7.3.2	Extintores.....	95
8	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	96
8.1	Generalidades.....	96
8.2	Costos de inversión.....	96
8.2.1	Equipos e instalaciones.....	97
8.2.1.1	Mano de obra.....	97
8.2.1.2	Gastos Generales.....	97
8.2.1.3	Depreciación de equipos y herramientas .....	101
8.2.1.4	Imprevistos.....	101
8.2.1.5	Inversión en equipos e instalaciones.....	101
8.2.2	Obras Civiles.....	101
8.2.3	Inversión total.....	102

8.3	Costos de operación.....	102
8.3.1	Precios de compra y venta de GLP .....	102
8.3.2	Mano de obra.....	102
8.3.3	Consumo de energía.....	103
8.3.4	Gastos generales.....	104
8.3.5	Costo de operación.....	104
8.4	Ingresos.....	105
8.5	Evaluación económica y financiera.....	105
8.5.1	Estructura de la inversión, condiciones del crédito y servicio de la deuda.....	105
8.5.2	Depreciación.....	107
8.5.3	Flujo de caja económico y financiero.....	107
8.5.4	Valor presente neto y relación Beneficio/Costo.....	110
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		111
BIBLIOGRAFÍA.....		112
ANEXOS		
1 Tuberías, válvulas y accesorios		
2 Dispensadores y bombas		
3 Potencial standar		
<b>PLANOS</b>		



## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>Página</b>
2.1 Tanques de combustibles líquidos soterrados .....	6
2.2 Características de tanques de combustibles líquidos existentes.....	6
2.3 Islas de despacho existentes.....	7
2.4 Instalaciones complementarias.....	13
3.1 Distancias mínimas de tanques a otros equipos e instalaciones.....	21
3.2 Distancias mínimas del punto de carga a otros equipos e instalaciones.....	27
3.3 Distancias mínimas del dispensador a otros equipos e instalaciones.....	28
3.4 Instalación de tuberías .....	30
5.1 Presiones en tanques de almacenamiento de GLP.....	45
5.2 Dimensiones del tanque. Diámetro y longitud variables.....	53
5.3 Dimensiones del tanque. Diámetro de 2,2 m y longitud variable.....	53
5.4 Dimensiones del tanque. Diámetro de 2,6 m y longitud variable.....	53
5.5 Dimensiones del tanque Diámetro de 2,5m longitud de 4,5 a 4,7 m.....	54
5.6 Diámetro y espesor de salida de tanque.....	60
5.7 Número de ánodos.....	81
5.8 Número de años de protección de los ánodos.....	82
6.1 Diámetro de tuberías.....	88
6.2 Separación entre apoyos de tuberías.....	89
6.3 Identificación de tuberías de GLP.....	89
6.4 Protección catódica de tuberías.....	89
8.1 Metrado y presupuesto. Equipo electromecánico.....	99
8.2 Costo de mano de obra. Construcción.....	101

## VIII

8.3	Inversiones en equipos e instalaciones.....	102
8.4	Metrado y presupuesto de obras civiles.....	103
8.5	Resumen de inversiones.....	103
8.6	Precios de GLP.....	104
8.7	Mano de obra.....	104
8.8	Consumo de energía .....	105
8.9	Resumen de costos de operación anual .....	105
8.10	Ingresos por venta de GLP .....	106
8.11	Estructura de la inversión y su financiamiento .....	106
8.12	Condiciones del crédito .....	107
8.13	Cuadro de amortizaciones .....	107
8.14	Consolidado de la deuda .....	107
8.15	Periodos de Depreciación .....	108
8.16	Depreciación anual .....	109
8.17	Flujo de caja económico y financiero .....	110
8.18	Indicadores económicos y financieros.....	111

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1	Líneas de circulación de vehículos que usan combustibles líquidos.....	9
Fig. 2.2	Distribución de tuberías de combustibles líquidos existentes.....	10
Fig. 3.1	Disposición típica de los equipos principales de un gasocentro.....	15
Fig. 3.2	Ubicación de tanques a) En superficie. b) Monticulado. c) soterrado.....	21
Fig. 3.3	Disposición típica de los accesorios en las conexiones de salida de tanques soterrados.....	24
Fig. 3.4	Instalación típica de punto de abastecimiento de GLP.....	26
Fig. 4.1	Disposición de tanque en el área libre disponible.....	37
Fig. 4.2	Ubicación del Tanque de GLP e Isla 4 de despacho de GLP.....	38
Fig. 4.3	Esquema de distribución de tuberías de combustibles líquidos y de GLP.....	39
Fig. 5.1	Geometría del tanque.....	48
Fig.5.2	Geometría del segmento circular del volumen residual.....	49
Fig.5.3	Esfuerzos en el tanque.....	56
Fig. 5.4	Esquema de salida de medio cople para conexiones de tanque de GLP.....	60
Fig. 5.5	Manhole.....	61
Fig. 5.6	Componentes de Manhole.....	62
Fig. 5.7	Detalle de Manhole.....	64
Fig 5.8	Brida.....	66
Fig 5.9	Tapa.....	73
Fig. 5.10	Ubicación de Manhole.....	75
Fig. 5 11.	Instalación de ánodos de sacrificio.....	84

Fig. 6.1 Tuberías de distribución de GLP.....87

Fig. 6.2 Distribución de componentes del Gasocentro.....92

.

## PROLOGO

La presente tesis de competencia profesional tiene por objeto contribuir al uso del GLP como un combustible que mejora la economía de sus usuarios, debido a sus menores costos, y además reduce la contaminación ambiental. En estos aspectos complementa el uso del gas natural en los lugares donde éste llegará en el mediano y largo plazo.

En el capítulo 1, Introducción, se plantea el problema como la modificación de las instalaciones existentes de un servicentro, que suministra gasolinas y petróleo Diesel 2 para que pueda suministrar también GLP. Se revisan los antecedentes y la actualidad del tema, como complemento del uso del gas natural.

En el Capítulo 2, se describen las instalaciones actuales del servicentro destinadas al almacenamiento y despacho de gasolina, Diesel y kerosene.

En el capítulo 3, se señalan los reglamentos y normas técnicas que se deben cumplir en el diseño y construcción de gasocentros, y se describen las características que las instalaciones deberán tener para cumplir con estos reglamentos y normas.

En el capítulo 4, se efectúa la distribución de los componentes del gasocentro en las instalaciones actuales del servicentro de modo que se cumplan las normas y reglamentos y se complementan con las instalaciones actuales.

En el capítulo 5, se efectúa el diseño mecánico y de detalle del tanque y sus instalaciones; y se señalan las pruebas y ensayos no destructivos que se deben

realizar. También se consideran las instalaciones complementarias como las obras civiles y la protección catódica.

En el capítulo 6, se efectúa el diseño y selección de tuberías de abastecimiento y despacho, la protección catódica, y las características de sus instalaciones. También se seleccionan la bomba, las válvulas y los accesorios.

En el capítulo 7, se presentan las instalaciones eléctricas: el alimentador de la bomba, interruptor de parada de emergencia, la puesta a tierra. Se mencionan las instalaciones y equipos de seguridad contra incendio.

En el capítulo 8, se efectúa la evaluación económica y financiera, para lo cual se presentan los costos de inversión en equipos e instalaciones y se determinan los indicadores económicos y financieros del proyecto.

## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCION**

#### **1.1 Objetivos**

El objetivo de la presente tesis es efectuar el diseño de la ampliación de un servicentro de combustibles líquidos ampliándolo con un gasocentro para la venta de gas licuado de petróleo GLP.

El problema consiste en ubicar los equipos e instalaciones requeridas para el suministro de gas en el servicentro actual, de modo que se cumplan con todas las disposiciones técnicas y reglamentarias para el uso de GLP, sin interferir con las instalaciones existentes de suministro de combustibles líquidos.

#### **1.2 Antecedentes**

Se tienen como antecedentes la instalación de diversos gasocentros en Lima, cuyos expedientes técnicos se realizaron de acuerdo con el “Reglamento de establecimiento de gas licuado de petróleo para uso de automotor – gasocentro“, publicado en el decreto supremo N° 019-97-EM.

#### **1.3 Importancia y actualidad del tema**

El tema del uso de los gasocentros tiene actualidad porque si bien en el Perú ya se cuenta con gas natural comprimido la expansión de su consumo no cubrirá todo el país y la cobertura de las zonas donde se va a utilizar demorará un tiempo relativamente

largo. Son muchas las zonas del país donde inevitablemente no llegarán los ductos de gas natural.

Lima, que es el principal centro consumidor de GN, es una ciudad cuya área metropolitana se extiende desde Lurín en el sur hasta Ancón en el norte con una longitud de aproximadamente 80 km, y desde el Callao hasta Chosica con una distancia de 40 km donde viven mas de 7 millones de habitantes. En este caso, el GN se encontrará disponible en aquellas zonas por donde se instalarán las tuberías de distribución. Y los gasocentros de GNV se ubicarán a lo largo de estos recorridos, quedando excluidas grandes zonas de la ciudad.

De otro lado, por razones técnicas no todos los vehículos se podrán convertir al sistema de GNV. Solo podrán hacerlo aquellos que puedan alcanzar una relación de compresión mayor o igual a 8. En el caso de los que se pueden convertir, su reemplazo no será inmediato



## CAPITULO 2

### INSTALACIONES ACTUALES DEL SERVICENTRO

#### 2.1 Descripción general

El servicentro se encuentra ubicado en Lima, Distrito de San Luís, en el cruce de dos avenidas, en una de las esquinas formada por la Av. Las torres y la Av. Mariscal Orbegozo. Tiene un ingreso y una salida en cada una de estas dos avenidas. Actualmente el servicentro cuenta con autorización para recibir, almacenar y vender combustibles líquidos de uso automotor, gasolina de 84, 90 y 95 octanos, petróleo diesel 2, kerosene y funcionar regularmente con un servicio continuo de 24 h al día.

El servicentro tiene un frente de 67 m en la Av. Mariscal Orbegozo, con una vía de ingreso y una salida para vehículos; el ingreso con una vía de 12 m y la salida con otra también de 12 m. Los otros frentes de 68 m y 15 m colindan con propiedades de terceros, tal como se muestra en el plano IM-1.

El área total del servicentro es de 1005 m<sup>2</sup>, distribuida de la siguiente forma:

Área techada : 202 m<sup>2</sup>

Área libre : 803 m<sup>2</sup>

El área techada comprende: oficinas, tiendas, SS.HH y vestidores para el personal del servicentro. El área libre comprende la zona de tanques de almacenamiento de combustibles, cisternas y patio de maniobra, donde se ubican seis islas de despacho

adecuadamente distribuidas para permitir la circulación de los vehículos en el servicentro.

## 2.2 Tanques de almacenamiento de combustibles líquidos

Existen cuatro tanques de combustibles, soterrados, ubicados uno al lado del otro, ocupando una zona rectangular con un frente de 12,8 m y un fondo de 8,8 m, ocupando un área total de 112,64 m<sup>2</sup>. Las características de los tanques son:

*Tabla 2.1 Tanques de combustibles líquidos soterrados*

<b>DIMENSIONES</b>		
Diámetro	m	2,32
Longitud	m	7,20
Volumen	m <sup>3</sup>	30,28
	galones	8000
<b>MATERIALES</b>		
ASTM A 36		

Los tanques están destinados para almacenar de uno a dos diferentes combustibles por lo que tienen también uno o dos compartimientos, independientes y estancos entre sí. Cada compartimiento cuenta con una bomba sumergible y el equipo electromecánico asociado necesario para operar adecuadamente el combustible que suministra.

Tabla 2.2 Características de tanques de combustibles líquidos existentes.

Código de tanque	Compartimientos independientes	Capacidad gal	Combustible	Código de Bomba sumergible
TC 1	2	3000	Kerosene	BS 0
		5000	Gasolina 84	BS 1
TC 2	2	4000	Gasolina 90	BS 2
		4000	Gasolina 95	BS 3
TC 3	1	8000	Petroleo Diesel 2	BS 4
TC 4	1	8000	Petroleo Diesel 2	BS 5

### 2.3 Patio de maniobras

Es el área libre por donde circulan los vehículos que llegan a comprar combustibles. En este patio se ubican las islas de despacho de modo que las trayectorias de circulación de vehículos tengan un radio mínimo de 6,50 m. Esto hace que el servicentro sea exclusivo para vehículos como carros station wagon y excluye omnibuses y camiones. El patio de maniobras está cubierto con una capa asfáltica adecuada.

### 2.4 Islas de despacho.

Existen seis islas de despacho, cuya ubicación se muestra en el plano 1. Cada isla tiene una base de concreto 1,20 m de ancho y 3,60 m de largo que se eleva 0,20 m sobre el nivel del piso y una cubierta capo. En cada isla se ubican 3 dispensadores distribuidos de la siguiente forma:

*Tabla 2.3 Islas de despacho existentes*

Nº de Isla	Nº de dispensadores	Tipos de combustibles
1	1	Gasolina 84
	1	Gasolina 90
	1	Gasolina 95
2	3	Petróleo diesel 2
3	3	Petróleo diesel 2
4	1	Gasolina 84
	1	Gasolina 90
	1	Gasolina 95
5	1	Gasolina 84
	1	Gasolina 90
	1	Petróleo diesel 2
6	1	Kerosene

## **2.5 Punto de recepción de combustibles líquidos**

Es el punto donde se reciben los combustibles líquidos de los camiones cisterna, y se descargan llenando los tanques de almacenamiento correspondientes. Se ubica en la parte posterior del TC4, en el espacio que queda entre este y el límite de la propiedad con terrenos aledaños, como se muestra en la Fig. 2.1 y el plano 1.

Cuenta con 6 salidas de tuberías de acero de 2", ubicadas en el interior de un cubículo de concreto enterrado, de 2,10 m de longitud y 0,50 m de ancho, con paredes de concreto de 0,10 m, con una tapa también de concreto ubicada a nivel del piso. Las tuberías de descarga están debidamente rotuladas en el siguiente orden:

Gasolina de 95 octanos

Gasolina de 90 octanos

Gasolina de 84 octanos

Petróleo diesel 2

Kerosene

Todas cuentan con una válvula de globo y un tapón de seguridad.

A 0,30 m se ubica la tubería de recuperación de vapor de petróleo Diesel 2 y a 2,10 m se localizan las tuberías de ventilación de los tanques. Estas son seis tuberías de 2" de diámetro, de cedula 40 con válvulas de cierre tipo compuerta. Las salidas de las tuberías están protegidas contra lluvia e introducción de cuerpos extraños.

## **2.6 Red de tuberías de distribución de combustibles**

Las tuberías de alimentación de los tanques de almacenamiento a las islas de despacho de combustibles líquidos forman una red, que se distribuye como se muestra en la figura 2.2

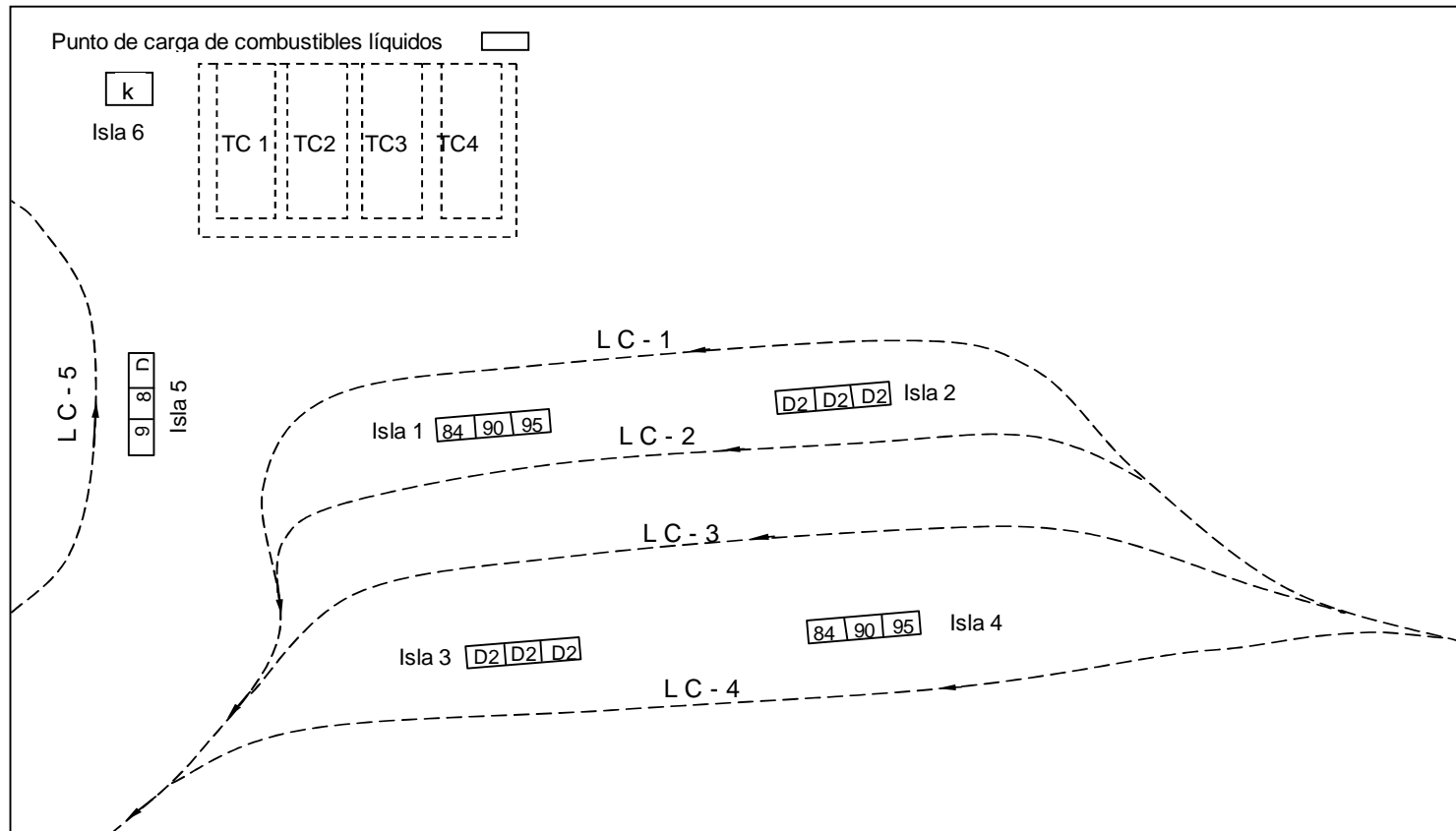


Fig. 2.1 Líneas de circulación LC de vehículos que usan combustibles líquidos.

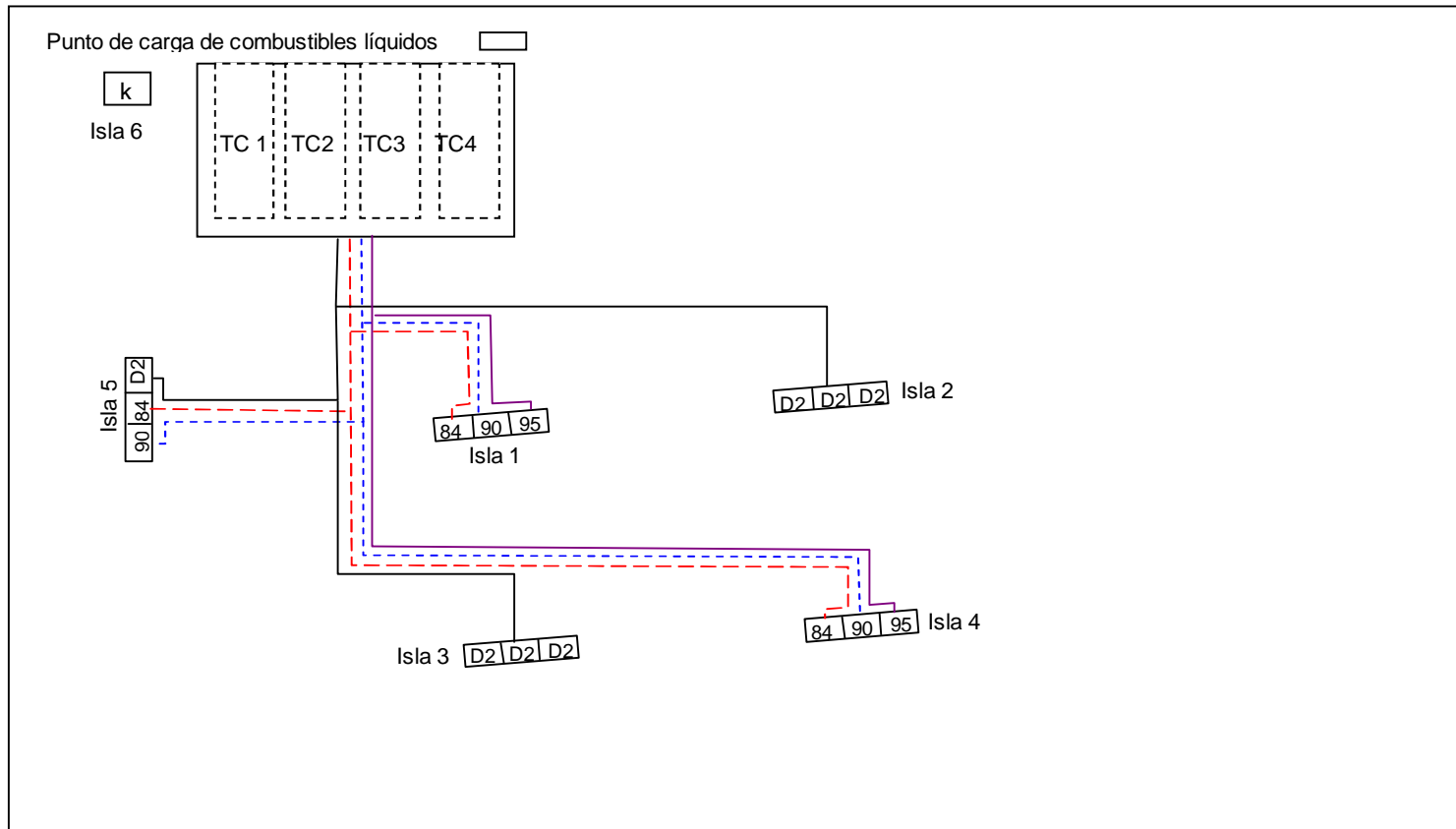


Fig. 2.2 Distribución de tuberías de combustibles líquidos existentes.

## **2.7 Otras instalaciones existentes**

Otras instalaciones existentes en el servicentro son: Instalaciones eléctricas, las de agua y desagüe y las de seguridad.

### **2.7.1 Instalaciones eléctricas.**

El servicentro recibe energía eléctrica del concesionario en baja tensión, 220 V, sistema trifásico, a 60 hz tiene una potencia instalada de 20 kW y una Potencia contratada de 15 kW.

La energía eléctrica se distribuye a todo el servicentro, incluyendo a las áreas que no están directamente relacionadas con el manejo del combustible y cuenta con:

- Un tablero de parada de emergencia TPE.
- Un tablero general TG.
- Sub tablero de dispensadores y bombas TDB
- Sub tablero de alumbrado de dispensadores y alumbrado exterior (patio de maniobra) TA.

Los detalles de la distribución y ubicación de los equipos eléctricos se muestran en el plano IE 01 y el diagrama unificar en el plano IE 02. Solo cabe señalar que en este plano se incluye el TABLERO SISTEMA GLP que es el nuevo tablero del sistema GLP.

Todos los equipos eléctricos están conectados a tierra, a un sistema que tiene un pozo de tierra.

### **2.7.2 Instalaciones de agua y desagüe.**

Las instalaciones de agua y desagüe tienen las características normales de este tipo de instalaciones y debido a que se encuentran alejadas del patio de maniobras

no interfieren con las instalaciones de combustibles líquidos no son relevantes, y no lo serán tampoco para el gasocentro, por lo que no se entran en mayores detalles.

La instalación de suministro de agua cuenta con un sistema de bombeo hidroneumático, que consta de una cisterna de 25,61 m<sup>3</sup> de capacidad, una electrobomba de 1HP y un tanque de 4,53 m<sup>3</sup> (1200 galones) de capacidad, de 1,25 m de diámetro y 3,6 m de longitud.

### **2.7.3 Aire comprimido**

Cabe señalar que el servicentro también ofrece el servicio de inflado de llantas, para lo cual cuenta con un compresor de aire.

### **2.7.4 De seguridad**

Debido a que el servicentro trabaja con líquidos inflamables cuenta con instalaciones y equipos de seguridad contra incendio. Dentro de los equipos contra incendio se tienen:

- Extintores de 1,5 kg
- Extintor de 50 kg
- Baldes de arena
- Cilindro de arena

### **2.7.5 Edificios e instalaciones complementarias**

En el gasocentro se ubica un edificio de dos plantas 200 m<sup>2</sup> destinado a usos diferentes a las actividades del gasocentro.



Como instalaciones complementarias se tienen dos tiendas. En la tienda 1 también se ubica la oficina de gerencia y en la tienda 2 se ubica la caja fuerte del gasocentro. Adicionalmente se tienen los vestidores y servicios higiénicos del personal, como se muestra en la tabla 2.4 y el plano IM1.

Tabla 2.4 Instalaciones complementarios.

Tienda 1	m <sup>2</sup>	9,6
Tienda 2 ( Gerencia)	m <sup>2</sup>	21,48
Vestidor	m <sup>2</sup>	13,7
SS HH	m <sup>2</sup>	1,68

## CAPITULO 3

### INSTALACIONES DE UN GASOCENTRO DE GLP PARA USO AUTOMOTOR

#### 3.1 Objetivo

El objetivo del presente capítulo es presentar de manera sistemática las normas y disposiciones reglamentarias que deben cumplir cada una de las instalaciones y equipos del gasocentro de modo que sirvan de base para efectuar el diseño y cálculo de sus instalaciones y equipos mecánicos.

Un gasocentro es una instalación que tiene equipos e instalaciones mecánicas, eléctricas, sanitarias, así como edificaciones de tanques, islas de despacho, ductos que deben cumplir con regulaciones ambientales, de transporte y de seguridad contra incendios. Algunas salen del ámbito de la especialidad de Ingeniería Mecánica, y por tanto quedan fuera del ámbito de la presente tesis.

En este caso solo se consideran las instalaciones y equipos mecánicos, así como las instalaciones eléctricas y de seguridad directamente relacionadas con los equipos e instalaciones mecánicas.

Los componentes principales de un gasocentro son:

- El punto de carga o de recepción de GLP donde se recibe el GLP de los camiones tanque de los proveedores.
- El tanque de almacenamiento donde se almacena el GLP.

- Los dispensadores que son los equipos que sirven para el despacho del GLP a los vehículos.
- Las tuberías que los conectan.

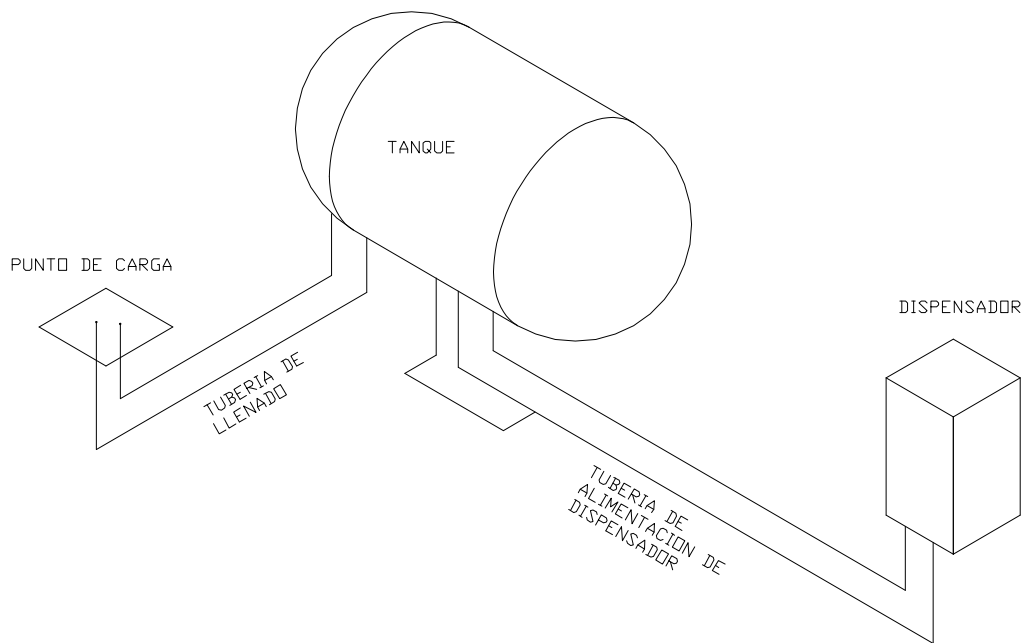


Fig.3.1 Disposición típica de los equipos principales de un gasocentro

### 3.2 Reglamentos y normas técnicas

#### 3.2.1 Reglamentos.

El reglamento más importantes, por su relación directa con gasocentros es el “Reglamento de establecimientos de gas licuado de petróleo para uso automotor – gasocentros”, Decreto Supremo N° 019 – 97 CM que reglamenta la ley N° 26221 “Ley Orgánica de Hidrocarburo”.

Los organismos competentes para la aplicación de este reglamento son las dependencias del Ministerio de Energía y minas: Dirección general de Hidrocarburos DGH y el Organismo supervisor de la inversión en energía OSINERG.

Las leyes, y reglamentos que conforman el marco legal del proyecto son:

- Constitución Política del Perú de 1993.
- Ley Orgánica N° 26221 que norma las actividades de hidrocarburos en el territorio nacional, señalada anteriormente.
- Decreto Legislativo N° 611 o Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.
- Decreto Supremo N° 046-93-EM que reglamenta la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos.
- Decreto Supremo N° 019-97-EM, Reglamento de Establecimiento de venta de Gas Licuado de Petróleo para uso Automotor – GASOCENTRO.
- Decreto Supremo .N° 053-99-EM Disposiciones destinadas a uniformizar Procedimientos Administrativos ante la Dirección General de Asuntos Ambientales.
- Decreto Supremo N° 054-99-EM, .Simplifican Procedimientos Administrativos y modificación de la Ley 26221 Ley Orgánica de Hidrocarburos.
- Decreto Supremo N° 01-94-EM. Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo,
- Decreto Supremo N° 027-94-EM Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de Gas Licuado de Petróleo.
- Decreto Supremo N° 052-93-EM Reglamento de Seguridad para el almacenamiento de Hidrocarburos.

Otras construcciones e instalaciones del gasocentro deben cumplir con el Reglamento Nacional de Construcciones y el Código Nacional de Electricidad.

### **3.2.2 Normas técnicas**

Las normas técnicas aplicadas son las Normas Técnicas Peruana, NTP y a falta de ellas las normas técnicas de carácter internacional, como ISO, las de otros países e instituciones como:

- ASME.....American Society of Mechanical Engineers
- ASTM.....American Standar Testing Materials
- ANSI.....American National Standar Institute
- NFPA.....National Fire Protection Association
- NPGA.....National Propane Gas Association
- UL.....Underwrites Laboratories

### 3.2.2.1 De instalaciones mecánicas

Las normas técnicas específicas que deben cumplir los equipos e instalaciones son:

#### Tanque de almacenamiento:

Código ASME, sección VIII, División 1 ó División 2.

API 650

API 12B; API 12D; API 12F

API STD 620

API STD 2510; API STD 2510 – B

UL 142

UL 1316

#### Tuberías de gas

ANSI B 31.3

ANSI B. 31.4

#### Válvulas:

NFPA 58

U.L

### Contraincendio

- NFPA (Sprinkler Systems)
- NFPA 14 (Standpipe, Hose Systems)
- NFPA 15 ( Water Spray Fixed Systems.)
- NFPA 59 (LP-Gas, Utility Plants)

#### **3.2.2.2 Equipos e instalaciones eléctricas**

Los equipos de instalaciones eléctricas generalmente son importados, por lo que en primera instancia deben cumplir con las Normas Técnicas Peruanas, NTP, a falta de ellas las del país de origen de los equipos, que deben ser probadas bajo normas y procedimientos de Underwrites Laboratories.

Las instalaciones eléctricas deben cumplir con el Código Nacional de Electricidad, CNE. Las áreas que estén sometidas a riesgo de explosión por fuga de gas deben cumplir con lo estipulado para instalaciones y equipos Clase I División 1 o División 2, grupo D. Si estas disposiciones resultan insuficientes se tendrán en cuenta la Norma NFPA 70 y NFPA 77 (Static Electricity)

Para otras instalaciones se tendrá en cuenta las normas de la IEEE.

#### **3.2.2.3 De seguridad**

Las normas de seguridad relevantes que se deben aplicar son:

- |                           |   |              |
|---------------------------|---|--------------|
| Seguridad contra incendio | : | NFPA 70.     |
| Señalización              | : | NTP 399.010  |
|                           |   | NTP 399.015. |

### **3.3 Instalaciones mecánicas**

#### **3.3.1 Tanque de almacenamiento.**

La finalidad del tanque de almacenamiento es almacenar el GLP en estado líquido a una presión de 0,55 MPa (80 psi) en invierno y 0,69 MPa (100 psi) en verano.

##### **3.3.1.1 Capacidad:**

La capacidad de operación de los tanques de almacenamiento de GLP tiene tres parámetros:

- 1 - Volumen líquido, que es el volumen de agua que llena totalmente el tanque.
- 2 - Volumen máximo de llenado, que es máximo de volumen de GLP líquido que se puede almacenar en el tanque, es el 80 % del volumen líquido o volumen total.
- 3 - Volumen residual, que es el volumen de GLP necesario para que el espejo de GLP líquido quede a 0,15 m sobre la parte más baja del tanque.

Para el caso de tanques de GLP de gasocentros el volumen líquido del tanque será como mínimo de 5 m<sup>3</sup> y como máximo de 40 m<sup>3</sup>.

##### **3.3.1.2 Material.**

Los tanques se construyen de acero al carbono, a partir de planchas. El espesor de las planchas dependerá de las dimensiones del tanque.

##### **3.3.1.3 Forma**

Los tanques generalmente tienen la forma de un cilindro con tapas. Estas pueden ser toroidales, elípticas o hemisféricas. En este caso se han seleccionado tapas hemisféricas.

#### **3.3.1.4 Diseño, fabricación y pruebas.**

Los tanques deben ser diseñados, fabricados y probados de acuerdo a la Norma Técnica Peruana vigente y a falta de ella, según el código ASME para recipientes a presión, sección VIII, División 1 ó División 2.

#### **3.3.1.5 Instalación**

Los tanques se pueden instalar de varias formas [1]:

- Aéreos : A nivel del piso  
Monticulados.
- Enterrados o soterrados.

En la Fig.3.2 se muestran los esquemas de estas formas de instalación.

En los tanques a nivel del piso, la base del tanque se posiciona al nivel del piso; en los tanques monticulados, la base del tanque se posiciona a una altura  $h$  menor o igual a 1,0 m.

En los tanques soterrados, la parte superior del tanque debe quedar a una profundidad mínima  $p$  de 0,60 m.



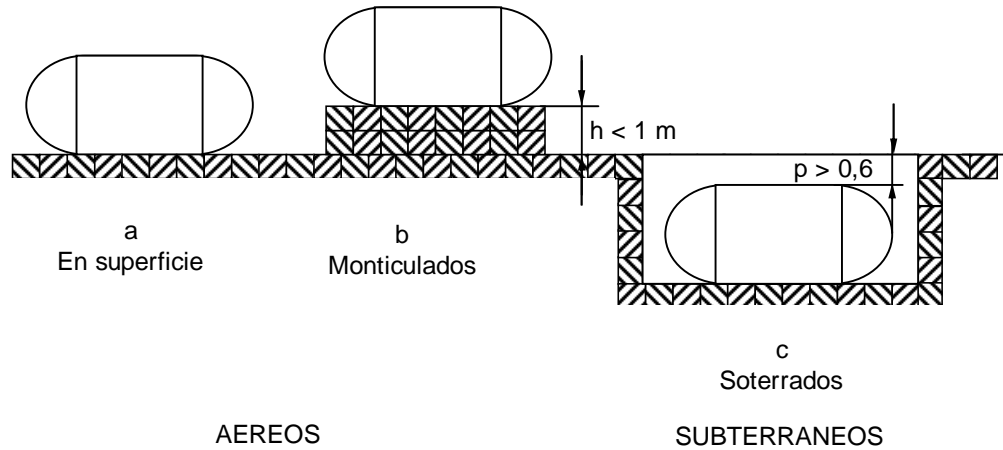


Fig. 3.2 Ubicación de tanques a) En superficie. b) Monticulado. c) Soterrado

**3.3.1.6 Ubicación y distancias del tanque a equipos y linderos.**

a) Distancias al límite de propiedad y entre tanques.

Los tanques se deben ubicar en los gasocentros de modo que se respeten las siguientes distancias mínimas.

Tabla 3.1 Distancias mínimas de tanques a otros equipos e instalaciones

Capacidad de agua del tanque de GLP (m <sup>3</sup> )	Distancia mínima (m)			
	Al límite de la propiedad		Ente tanques contiguos	
	A nivel de piso	Soterrados	A nivel de piso	Soterrado
De 5 a 10	8	5	1,5	1
De 10 a 40	15	5	1,5	1,5

b) Distancia del tanque al punto de carga.

La distancia entre el punto de carga, de recepción de GLP del gasocentro, al limite de la proyección del tanque es como mínimo de 3 m.

c) La distancia mínima entre la isla de despacho y la proyección horizontal del tanque más cercano es de 5 m.

#### **3.3.1.7 Zona de seguridad de los tanques**

Los tanques se colocan dentro de una zona de seguridad delimitada por un cerco de malla metálica ubicada a un metro de la proyección horizontal del tanque, o de la base del talud.

El cerco metálico tendrá una altura mínima de 1,75 m y una máxima de 2,00 m y estará protegida con defensas contra impactos.

#### **3.3.1.8 Protección anticorrosiva y catódica**

Los tanques deberán tener como protección anticorrosiva una capa de pintura adecuada. Los enterrados o soterrados, además estarán cubiertos por una capa de un material no corrosivo, tal como arena de río ó polvillo de cantera, que tendrá como mínimo 0,3 m de espesor.

#### **3.3.1.9 Accesorios**

Los tanques de almacenamiento deben tener como mínimo los siguientes accesorios, en cada uno de sus once salidas,

- a) Instrumentos
  - a1. Medidor de nivel con indicador local
  - a2. Termómetro, ubicado en el nivel mínimo de líquido.
  - a3. Manómetro calibrado con conexión a la fase de vapor con un rango de 0 a 2,07 MPa (300 psi) como mínimo.
- b) Válvulas:
  - b1. Válvulas check en las conexiones de entrada al tanque

b2. Válvulas de exceso de flujo en todas las conexiones de salida del tanque. Se incluye la salida del manómetro si este tiene orificio interno mayor al N° 54. Se exceptúa la conexión de la válvula de seguridad (válvula de nivel de líquido).

b3. Válvula de seguridad del tanque

b4. Válvula de purga.

La ubicación y disposición de estos accesorios denominados consecutivamente con las letras de la A la K se muestra en la Fig. 3.3.

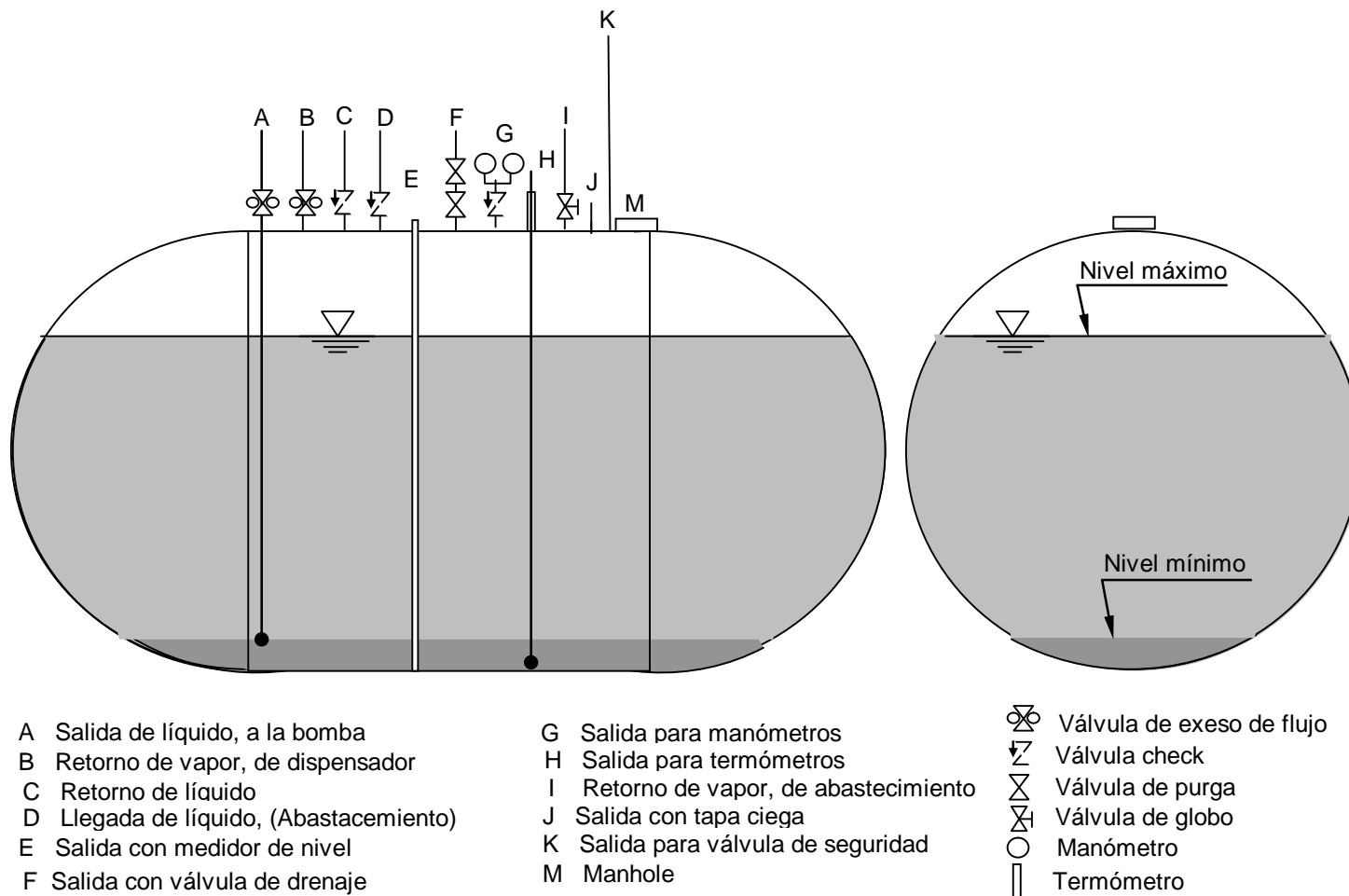


Fig. 3.3 Disposición típica de los accesorios en las conexiones de salida de tanques soterrados

### **3.3.2 Punto de abastecimiento de GLP**

Es el lugar donde el camión tanque descarga el GLP en el gasocentro, de este punto el GLP se transporta por tuberías al tanque de almacenamiento. La instalación tiene dos extremos. En el superior tiene las conexiones de líquido y compensación de vapor que se conectan con el camión de abastecimiento de donde recibe el GLP líquido y en el extremo inferior tiene las mangueras de conexión con las dos tuberías que se conectan con el tanque de almacenamiento de GLP, una es la tubería de alimentación de GLP líquido y la otra es la tubería de compensación de vapor.

#### **3.3.2.1 Conexión con las tuberías de abastecimiento del tanque**

Las tuberías de conexión del punto de abastecimiento con las tuberías que van al tanque son dos, una de líquidos por donde se recibe el GLP líquido y una de compensación de vapor, ambas fijadas por un anclaje.

Las tuberías llegan del tanque, a una profundidad de 0,6 m a un anclaje de concreto, donde cambian de dirección hacia arriba con un corto tramo de tubería y dos codos soldados, uno de 90° y uno de 45° embebido en el concreto. Fig 3.4.

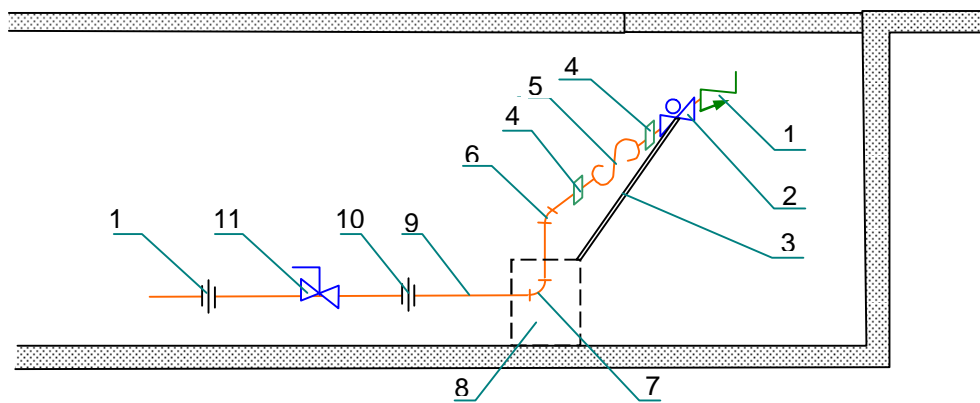
Las tuberías serán de acero al carbono sin costura, unidas entre sí por soldadura. Las conexiones entre tuberías y accesorios pueden ser bridadas o roscadas. Las conexiones con las tuberías del tanque se realizan con uniones universales.

#### **3.3.2.2 Válvulas**

- a. Válvulas de llenado, en la tubería de líquido
- b. Válvula de retorno de vapor, en la tubería de compensación de vapor.
- c. Válvulas de desconexión rápida, o pull-away en ambas tuberías
- d. Válvulas de cierre de emergencia, con 3 formas de cierre.

- d1 Cierre manual, desde una distancia remota.
- d2 Cierre manual, desde el lugar de instalación
- d3 Cierre automático, con activador térmico. Si se emplean fusibles, ellos tendrán una temperatura de fusión menor a 100°C.

La ubicación del elemento sensible de la válvula de desconexión rápida, hasta la línea en que se instala la válvula de cierre de emergencia, en un tramo sin obstrucciones.



1	Válvula Check
2	Válvula de desconexión (Pull-away)
3	Cable de 5 mm de diámetro
4	House copling
5	Tubería flexible
6	Codo de 45°
7	Codo de 90°
8	Anclaje de concreto
9	Tubería de acero
10	Unión universal
11	Válvula de seguridad

Fig. 3.4 Instalación típica de punto de abastecimiento de GLP

### 3.3.2.3 Accesorios

- a) Mangueras flexibles

b) Cable de acero con un extremo fijo en el anclaje de la tubería y el otro en la válvula de desconexión rápida. En caso de un arranque intempestivo del camión tanque, sin que se desconecten las mangueras, la manguera del camión jala la manguera de la planta hasta que se tensa el cable de acero que une la válvula de desconexión rápida con el anclaje y la somete a una fuerza de tracción, lo que provoca la desconexión rápida del pull-away y el cierre inmediato del paso del gas con lo que se logra que los otros componentes queden protegidos y la fuga de gas al exterior sea mínima.

#### **3.3.2.4 Anclaje**

La tubería que llega horizontalmente al punto de despacho debe cambiar de dirección para subir a la superficie para que su extremo sea accesible y se pueda conectar con la manguera del camión cisterna que suministra el GLP a la planta. El cambio de dirección se realiza con dos codos que se fijan, embebidos a un anclaje de concreto. La función del anclaje de concreto es, además de servir de apoyo a las tuberías, es servir de punto de apoyo al cable de acero, por lo que debe soportar la fuerza de tracción con que se desconecta la válvula Pull-away.

#### **3.3.2.5 Ubicación**

La ubicación y las distancias mínimas del punto de carga a otros equipos e instalaciones se dan en la tabla 3.2 siguiente:

Tabla 3.2 *Distancias mínimas del punto de carga a otros equipos e instalaciones*

De la proyección horizontal del tanque de GLP	Distancia mínima (m)
Al tanque más cercano	3
Al edificio más cercano	8
A las líneas aéreas de media o baja tensión	10
A transformadores aéreos ubicados a 4,6 m de altura o a SE	7,6

### 3.3.3 Dispensadores

Los dispensadores son equipos que sirven para entregar el gas a los tanques de los vehículos, para lo cual cuentan con una manguera y una pistola de llenado.

Los dispensadores se ubican en forma fija en las islas de despacho.

#### 3.3.3.1 Requisitos

- a) Deben ser fabricados bajo normas internacionales de reconocido prestigio, reconocidos por un certificado otorgado por el fabricante.
- b) Deben suministrar un flujo constante de GLP, y contar con dispositivos de corrección volumétrica que compense las variaciones de volumen producidas por efecto de la temperatura y humedad.

#### 3.3.3.2 Ubicación

Los dispensadores deben ubicarse teniendo en cuenta las siguientes distancias mínimas.

*Tabla 3.3 Distancias mínimas del dispensador a otros equipos e instalaciones*

Distancias del dispensador a	
Al límite del gasocentro	5
Dispensadores de combustibles líquidos	6
Tanque de almacenamiento	5

#### 3.3.3.3 Mangueras:

- a) Las mangueras de despacho deben ser diseñados y construidas exclusivamente para uso con GLP.
- b) La presión de ruptura de las mangueras es de 12,07 MPa (1750 psi)
- c) La presión de trabajo no menor a 2,41 MPa (350 psi).



- d) La manguera, instalada con todas sus conexiones, debe soportar una presión de trabajo no menor a 2,41 MPa (350 psi). El conjunto, sometido a una prueba de fugas, deberá soportar una presión hidrostática igual a dos veces presión de trabajo. es decir 4,83 MPa (700 psi).
- e) En su extremo libre, las mangueras contarán con una válvula de cierre rápida y una válvula de alivio para cuando quede atrapado en ella GLP en fase líquida.
- f) La manguera debe tener en uno de sus extremos un enlace separable o sección débil, de modo que en caso de una tracción excesiva se rompa o desenganche. Para cuando se de este caso u otro que implique la ruptura de la manguera, debe tener un dispositivo automático que impida el vaciado del GLP a la atmósfera.

#### **3.3.3.4 Pistola de llenado**

La pistola será metálica. Deberá tener una válvula que permita que fluya GLP al tanque del vehículo cuando se mantenga abierta manualmente, sin posibilidad de fijación, y que se cierre automáticamente al soltarse la presión manual.

También deberá tener una dispositivo que impida el flujo de GLP, si la válvula de llenado no esta conectada al tanque del vehículo.

#### **3.3.4 Tubería**

A través de las tuberías de distribución, se transporta el gas desde el punto de carga hasta el tanque de almacenamiento y desde el tanque de almacenamiento a los dispensadores.

Las tuberías serán de acero al carbono, de espesor igual o mayor al señalado en las normas ANSI B 31.3 alternativamente se puede considerar que el espesor de las tuberías, para las presiones normales de operación, depende de su forma de conexión.

Si las conexiones entre tuberías son bridadas o roscadas, las válvulas y accesorios también serán bridados o roscados y el espesor mínimo de la tubería será Cédula 80.

Si las tuberías son soldadas el espesor mínimo de la tubería será Cédula 40.

#### **3.3.4.1 Del punto de abastecimiento al tanque**

Transporta el GLP en estado líquido desde el punto de carga, en que recibe el GLP del camión tanque y lo transporta hasta el tanque de almacenamiento.

Las tuberías serán de acero al carbono, de espesor igual o mayor al señalado en las normas ANSI B 31.3. Según la forma de instalación de la tubería se puede considerar:

Tabla 3.4 Instalación de tuberías

Forma de instalación de tubería	Forma de conexión de tubería	Tipo de tubería
Montada en el aire	Roscada	Cédula 80
Enterrada	Soldada	Cédula 40

Además de la tubería de llenado (líquido) se tiene una tubería de menor diámetro para retornar el vapor de GLP, que se pueda producir, del dispensador al tanque.

#### **3.3.4.2 Del tanque al punto de despacho**

Transporta el GLP en estado líquido desde el tanque a los dispensadores, impulsando el GLP por medio de la bomba. Deben cumplir con las recomendaciones de la tabla 3.4 señaladas en el acápite anterior

#### **3.3.4.3 Válvulas y accesorios**

Las válvulas y accesorios de las tuberías son:

- a) Válvulas de seguridad
- b) Válvulas de drenaje

c) Válvulas de exceso de flujo

d) Válvula back check

### **3.4 Instalaciones eléctricas**

En general, en el gasocentro se distinguen dos tipos de zonas:

- Las zonas no relacionadas directamente con equipos que operan con GLP y no están sujetas a riesgo de fuga de gas.

- Las zonas directamente relacionadas con los equipos que operan con el GLP y están sujetas a riesgo de fuga de gas.

En el primer caso, de las zonas no relacionadas directamente con equipos o instalaciones de GLP, las instalaciones deben cumplir con las disposiciones del Código Nacional de Electricidad. Entre estas zonas se encuentra las áreas administrativas, de servicios, como baños y vestidores y las tiendas.

En el segundo caso, de zonas directamente relacionadas con equipos que operan con GLP y están sujetas a riesgos de fuga de gas, deben cumplir con las disposiciones de la Norma NFPA 70 y las del Código Nacional de Electricidad.

Entre estas se tiene a la zona del tanque de almacenamiento, la zona de recepción de GLP, las islas de despacho de GLP.

#### **3.4.1 Tableros**

El tablero eléctrico General se ubica en una zona alejada de las zonas que operan directamente de GLP por lo que debe cumplir con las normas del Código Nacional de Electricidad pertinentes.

Actualmente existen un tablero general y un tablero de parada de emergencia. A estos se adiciona el subtablero general del gasocentro que se conecta a uno de los circuitos del Tablero general. El subtablero del gasocentro tendrá un interruptor general de corte de emergencia que desenergiza todos los circuitos del gasocentro.

Los tableros y subtableros serán de plancha metálica y tendrán una conexión a tierra.

### **3.4.2 Alimentadores**

Para zonas no relacionadas con instalaciones de GLP los conductores de los alimentadores tendrán aislamiento del tipo TW. Los conductores de circuitos de control también tendrán aislamiento tipo TW, se instalan en tubos, herméticamente empotrados o enterrados y resistentes a la corrosión.

En zonas de riesgo de explosión las líneas de conducción tendrán aislamiento tipo MI, es decir aislante mineral y cubierta metálica con temperatura máxima de operación de 250 °C con aislante de óxido de magnesio y cubierta exterior de cobre para usos especiales, instalados en tuberías metálicas herméticas de 1 1/2" de diámetro empotradas de acuerdo a la norma NFPA 70.

Las cajas de paso cercanas a la zona del tanque y al dispensador serán a prueba de explosión.

Instalaciones de descarga de corriente estática

Todos los equipos eléctricos que de una y otra manera producen acumulación de corriente estática se protegen con instalaciones de puesta a tierra. Estas instalaciones contarán con cable desnudo 10 mm<sup>2</sup> que asegure una adecuada transmisión de la corriente estática a tierra, a través de una varilla de cobre de ½ " de diámetro y 2 m de longitud.

Los equipos que deben estar conectados con dichas instalaciones son:

- 01 tanque de almacenamiento de GLP de 5000 Gal. USA.
- 01 bomba de gas.
- 01 tablero eléctrico.
- Conexión a tierra para la carga y descarga de camiones.
- Protección catódica para el tanque soterrado y tuberías.

### **3.4.3 Interruptor de parada de emergencia**

Además del interruptor general instalado en el tablero general, se debe contar con al menos un interruptor de parada de emergencia conectado en serie con el interruptor general. Este interruptor debe ubicarse en un punto de libre acceso para

que en caso de emergencia pueda ser accionado rápidamente, desenergizando toda la red eléctrica del gasocentro.

### **3.5 Otras instalaciones**

Se ha considerado necesario la instalación de equipos de primera línea para combatir fuegos.

De acuerdo al Decreto Supremo N° 019-97-EM o Reglamento de Establecimiento de Venta de Gas Licuado de Petróleo para uso Automotor – GASOCENTRO, el Reglamento Supremo N° 01-94-EM y el Decreto Supremo N° 27-94- EM, se deberá tener reservas de agua contra incendio:

- Para 4 horas de abastecimiento, cuando no se disponga de red de agua pública, ni de la Compañía de Bomberos Voluntarios del Perú o fuente de alimentación continua.
- Para 2 horas de abastecimiento, cuando no se disponga de red pública de agua pero si de Compañía de Bomberos Voluntarios del Perú y fuente de alimentación permanente.
- Para 1 hora de abastecimiento, si la red de agua pública asegura una disponibilidad de 2 hidrantes de agua a no más de 100 m de la instalación con un régimen no menor a  $0,179 \text{ m}^3/\text{s}$  (750 GPM) c/u.

Debido a que el tanque de almacenamiento de GLP del gasocentro está enterrado el componente de mayor riesgo es el tanque de almacenamiento de GLP del vehículo.

#### **Detectores de fuga de gas**

En las instalaciones donde existan equipos que operan con GLP se deben instalar equipos detectores de fuga de gas los que deberán accionar las alarmas cuando detecten el 25 % del límite inferior de explosivita

## **CAPITULO 4**

### **DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES E INSTALACIONES**

#### **4.1. Objetivo**

El objetivo de este capítulo es ubicar cada uno de los componentes del gasocentro en el área del servicentro, de manera que cumpla con las disposiciones relativas a las instalaciones de GLP, tales como de ubicación de equipos, distancias de seguridad, circulación y ubicación de los puntos de descarga de gas a la atmósfera, de modo que no interfiera con la ubicación de los equipos de combustibles líquidos existentes, como los de recepción, almacenamiento y despacho de combustibles líquidos. Igualmente los cruces entre tuberías y electroductos de ambos sistemas se resuelven sin que uno obstaculice al otro.

#### **4.2. Distribución de componentes**

Observando la distribución actual de los equipos de combustibles líquidos y las áreas disponibles, se observa que existe espacio libre disponible donde se puede ubicar el tanque de almacenamiento de GLP y el punto de recepción de GLP, pero no existe espacio para ubicar una nueva isla de despacho destinada exclusivamente para despacho de GLP porque esta no puede cumplir con el requisito de tener una línea de circulación independiente y sin cruces con las líneas de circulación de vehículos a gasolina o diesel 2.

La distribución de componentes se efectúa considerando que:

El tanque de GLP y el punto de recepción de GLP se ubican en el espacio disponibles respetando las distancias de seguridad recomendadas.

El punto de despacho de GLP se debe ubicar en una de las islas actuales de despacho de combustibles líquidos, en la que se cumplan los requisitos de circulación sin cruces y se puedan realizar las modificaciones y adaptaciones necesarias.

La distribución de los componentes en el gasocentro se realiza con el siguiente procedimiento:

- 1 - Se ubica el tanque de almacenamiento de GLP, cumpliendo todos los requisitos correspondientes a áreas requeridas y distancias de seguridad.
- 2 - Selecciona una de las islas de despacho de combustibles líquidos para ubicar el punto de despacho de GLP que cumpla con los requisitos de circulación de los vehículos que utilicen GLP
- 3 - Se selecciona el recorrido de las tuberías de distribución de GLP de modo que este sea el más corto posible y que tenga el menor número de cruces con las tuberías existentes de combustibles líquidos.

#### **4.2.1 Tanque de almacenamiento**

El tanque de almacenamiento se ubica en el espacio libre de modo que no interfiera con la circulación de vehículos.

El área adecuada se ubica en el espacio formado por las islas 1 y 2; la zona de tanques de combustibles y el límite de la propiedad.

El área libre disponible tiene una forma de un rectángulo de una longitud L de 8 m y un ancho A de 6 m con área de 48 m<sup>2</sup>. Descontando los espacios mínimos que

deben existir entre el tanque y su cerco de seguridad exterior, que se estima en 1,5 m, el tanque debe tener como máximo una longitud de 5 m y un diámetro de 3 m.

### **Volumen neto del tanque**

El volumen neto, o de operación del tanque de almacenamiento de GLP de un gasocentro se determina con:

$$V_{mt} = C_t F_i N_i n_d \quad (4.1)$$

$V_{mt}$  es el volumen neto mínimo del tanque de almacenamiento de GLP

$C_t$  es el volumen promedio de GLP suministrado por vehículo

$F_i$  es el promedio diario de vehículos atendidos por isla en gasocentros.

$n_d$  es el número de días en que se llena el tanque.

$N_i$  es el número de islas a las que el tanque les suministra GLP.

En el gasocentro se instala una isla de despacho de GLP. En Lima el volumen promedio de llenado  $C_t$  de GLP por vehículo es de 5 gln y en los gasocentros en operación el promedio diario de vehículos  $F_i$  atendidos por Isla es de 150. El llenado de los tanques de GLP se realiza con una frecuencia de cuatro a cinco días, esto debido a que si se quiere tener el llenado del tanque con periodos mayores se requiere de tanques de mayor capacidad, lo que a su vez eleva el costo de inversión en el tanque.

En este caso, para tener la menor inversión posible, se selecciona una frecuencia de llenado  $n_d$  de cuatro días. En este caso el volumen de operación mínimo del tanque es:

$$V_{mt} = (5)(150)(1)(4) \quad (4.1a)$$

$$V_{mt} = 3000 \text{ gln } (11,36 \text{ m}^3) \quad (4.1b)$$



Por lo tanto, en el área disponible se debe instalar un tanque con un volumen neto mínimo de 3000 galones de GLP. Considerando un margen de seguridad del 10 % el volumen de neto de diseño es de 3300 galones con la condición de que su volumen total de agua sea mayor a 5 y menor a 40 metros cúbicos.

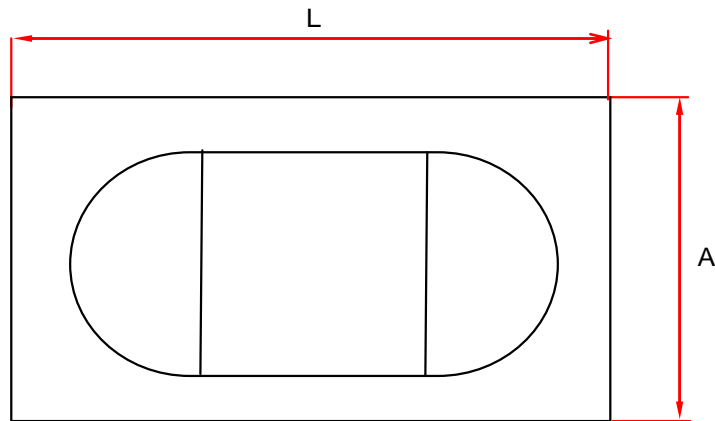


Fig. 4.1 Disposición de tanque en el área libre disponible.

#### **4.2.2 Punto de abastecimiento de GLP al tanque**

El punto de abastecimiento de GLP debe estar a una distancia no menor a 3 m del borde del tanque, y además debe permitir que durante el suministro de GLP.

- a) Que el camión se estacione con su dirección de avance en dirección a la salida del gasocentro.
- b) El camión tanque pueda circular libremente

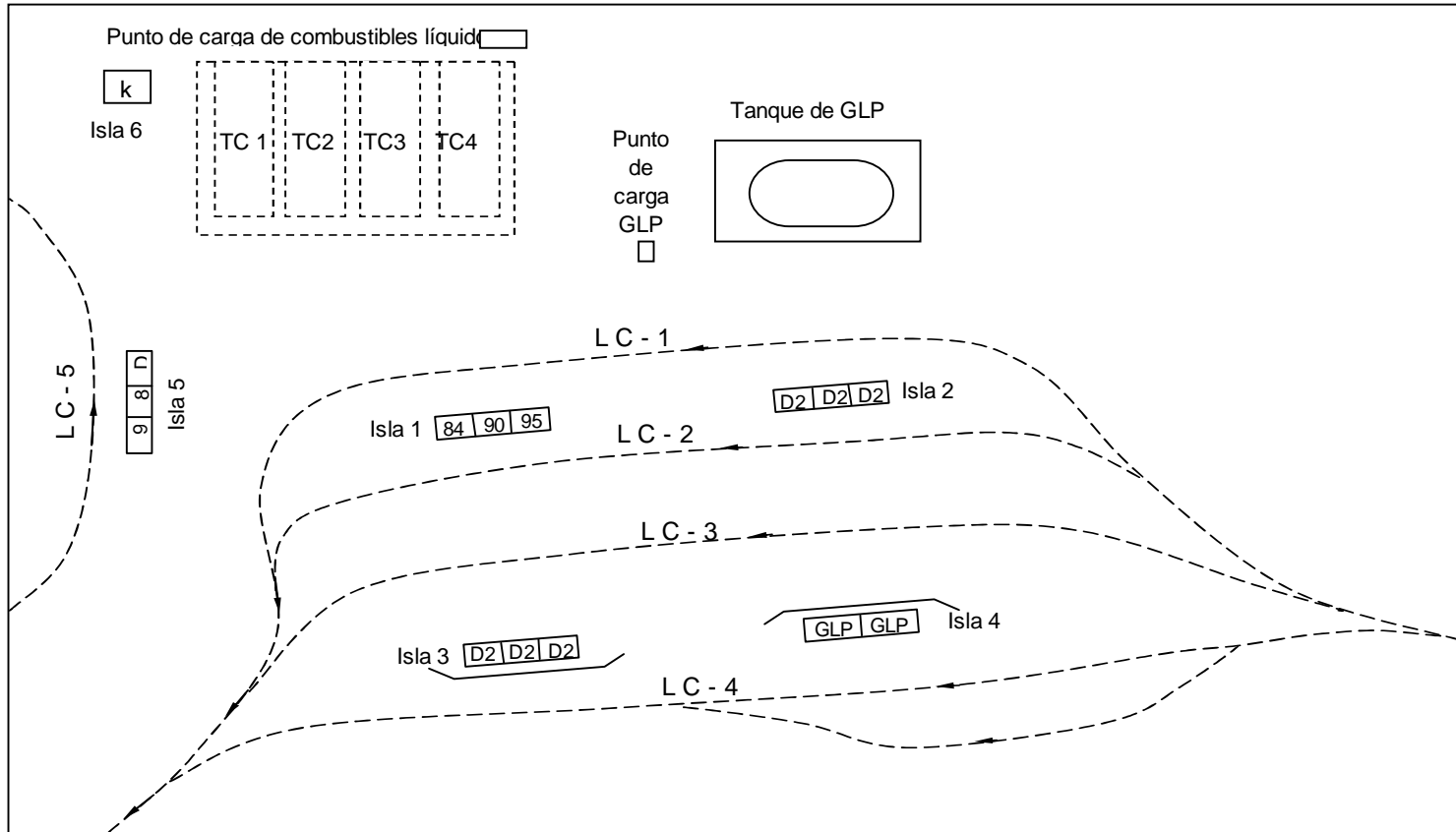


Fig. 4.2 Ubicación del Tanque de GLP e Isla 4 de despacho de GLP

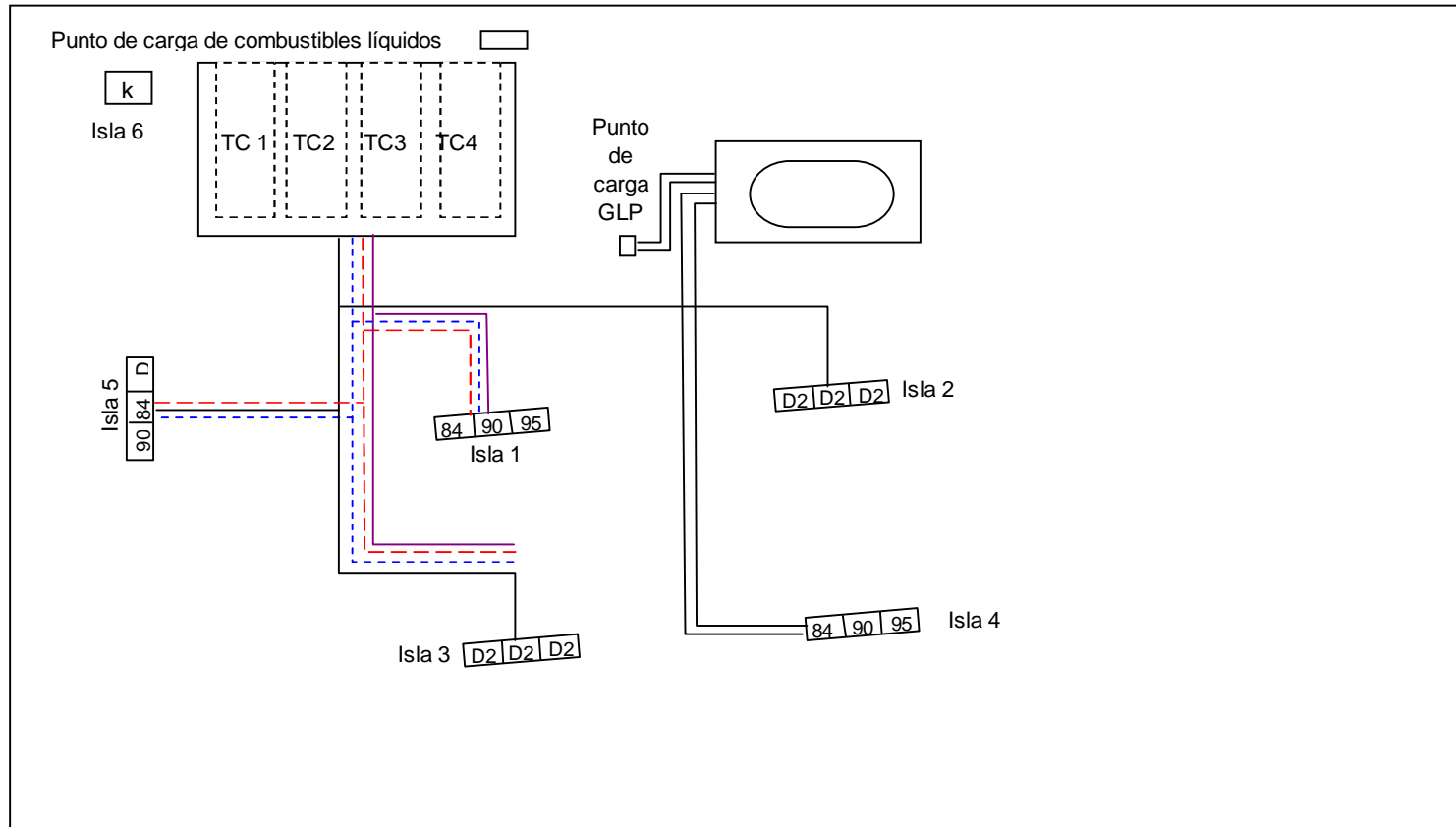


Fig. 4.3 Esquema de distribución de tuberías de combustibles líquidos y de GLP

Un punto que cumple con estos requisitos ilustra en la figura 4.2 y se muestra en el plano IM -1. Esta ubicación del tanque tiene la ventaja de estar separada de las actuales líneas de circulación, y alejada de las tuberías existentes, Fig. 4.3.

Esta forma un carril exclusivo para vehículos a GLP. Los vehículos que utilizan combustibles líquidos circulan entre las islas restantes por las trayectorias de circulación que ya existen sin interferencia de ningún tipo.

#### **4.2.3 Dispensador**

El dispensador de GLP se ubica en isla de despacho. Como el área existente no permite aumentar el número de islas, el dispensador de GLP se ubica en una de las islas actuales de despacho de combustibles líquidos, reemplazando a los dispensadores de combustibles líquidos existentes. Para efectuar este reemplazo se desmontan los dispensadores existentes y sus tuberías de alimentación convirtiéndola en una isla de despacho de GLP.

La ubicación de la isla de GLP debe cumplir con los requisitos de:

- Distancias mínimas de separación.
- Circulación separada de vehículos que utilizan combustibles líquidos y GLP.

En el plano IM01 se ve que todas las islas cumplen con los requisitos de estar separadas más de 6 m entre si, y las islas 1; 2; 3 y 4 con ubicarse a mas de 5 m de distancia del borde de circulación interior de la vereda.

En el esquema de circulación de la Fig. 4.2 se observa que las líneas de circulación LC -1, LC-2 y LC-3 se unen en diversos puntos de sus trayectorias por lo que tienen tramos de trayectoria común en el interior del patio, por lo que no cumplen con el requisito de circulación independiente. La línea de circulación LC-4 se encuentra

alejada de las otras tres y tiene un punto de cruce con las otras en la salida del gasocentro, sin tramos de circulación común en el interior del patio.

Resulta evidente que la única trayectoria que cumple con el requisito de circulación independiente es la línea de circulación LC 4.

Esto reduce las opciones de ubicación de la Isla de GLP a la Isla 3 o a la Isla 4. Se escoge la Isla 4 porque tiene mayor espacio de maniobra que la Isla 3.

La Isla 4 que despacha GLP se debe aislar de la línea de circulación LC-3 de vehículos que utilizan combustibles líquidos, con una barrera de separación. Igualmente la Isla de despacho 3 que despacha D2 se debe separar de la línea de circulación LC-4 con una barrera de separación.

#### **4.2.4 Tuberías**

Después que se ubican en el gasocentro: la isla de despacho, el tanque de almacenamiento y el punto de abastecimiento, estos puntos se enlazan con las tuberías de GLP [4] procurando que se produzcan el menor número de cruces de las tuberías nuevas con las tuberías existentes.

Una vez seleccionada la Isla 4 se determina el recorrido de la tubería de suministro de gas desde el tanque a los dispensadores. En la Fig. 4.3 se presenta un esquema del recorrido tanto de las tuberías de combustibles líquidos como las de GLP, donde se observa que solo existe un punto de cruce entre las tuberías de combustible líquido que alimentan la Isla 1 y la tubería que alimenta de GLP la Isla 4.

Las tuberías de GLP son subterráneas, instaladas en una canaleta de concreto, con tapa también de concreto de resistencia adecuada. En su interior se ubica la tubería en el aire apoyada en soportes metálicos adecuadamente espaciados.

Como la tubería tiene protección anticorrosión con ánodos de sacrificio, es conveniente que todas las tuberías estén en una misma canaleta para que así puedan ser protegidas por el mismo ánodo de sacrificio.

#### **4.2.4.1 Del punto de abastecimiento de GLP al tanque**

El punto de abastecimiento se ubica a corta distancia del tanque de almacenamiento, en este caso a una distancia de solo 6 m. Por esta razón las tuberías de alimentación tienen un área exterior muy pequeña comparada con la del tanque al que están conectadas. En consecuencia, por su pequeño tamaño y su cercanía al tanque no requieren de una protección catódica especial, pues basta con la protección catódica del tanque.

La ruta seleccionada para las tuberías de abastecimiento permite que en una parte de su recorrido, estas tuberías se instalen junto con las tuberías de despacho en una misma canaleta.

#### **4.2.4.2 Del tanque a la isla de despacho 4**

Estas tuberías, que van desde el tanque hasta la isla de despacho N° 4 tienen una trayectoria tal que solo se cruzan una vez con una sola tubería de combustibles líquidos, en este caso la de Diesel 2 que alimenta la Isla 2. También tiene un cruce con un conductor eléctrico. Excepto esos dos puntos, la tubería cruza el patio de maniobras sin ninguna otra interferencia, tal como se muestra en la figura 4.3 correspondiente.

La tubería de GLP instalada en la canaleta no tiene ninguna interferencia porque las tuberías de combustibles líquidos y los electroductos pasan por debajo de la canaleta de tuberías de GLP.

### **4.3 Distribución de otros equipos e instalaciones**

#### **4.3.1 De las instalaciones eléctricas**

No se cambia la ubicación ni distribución de Tablero General y los Subtableros de distribución existentes ni se modifican sus circuitos actuales.

El tablero de distribución nuevo correspondiente a la instalación de los equipos de GLP se ubica junto al Tablero General. De este subtablero parten los circuitos derivados con recorridos que no interfieren con otros circuitos eléctricos ni tuberías existentes, como se muestra en el plano IE – 1.

La alimentación de energía eléctrica la suministra el concesionario local. Con las nuevas instalaciones se requiere contratar una potencia adicional de 10 kW con lo que la nueva potencia instalada es de 25 kW, mientras que la máxima demanda se incrementa en 4 kW alcanzando un total de 19 kW.

De este tablero se deriva un Sub tablero de distribución denominado Tablero Sistema GLP, el cual alimentará todas las cargas eléctricas requeridas por el sistema de suministro de GLP.

Las líneas de conducción tendrán tuberías herméticas de 1 1/2" de diámetro empotradas de acuerdo a la norma NFPA 70.

#### **4.3.2 Equipo de seguridad**

##### **Sondas detectoras de fuga de gas**

Los puntos donde se instalan equipos que pueden sufrir fugas de gas son:

- Tanque de almacenamiento.
- Punto de carga de GLP
- Isla de despacho 4

## **CAPITULO 5**

### **DISEÑO DEL TANQUE Y SUS INSTALACIONES**

El tanque del almacenamiento de gas es uno de los principales elementos mecánicos del gasocentro, su función es almacenar el GLP líquido, durante el periodo de tiempo entre el abastecimiento de los camiones tanques y el despacho a los vehículos de los clientes.

Las instalaciones del tanque cuentan con:

- Obras civiles que son una caja de concreto de protección o bunker, su cimentación y el cerco de seguridad del tanque.
- La instalación de protección catódica
- Las otras instalaciones como eléctricas y de seguridad se tratan en el capítulo 7.

#### **5.1 Diseño del tanque**

El tanque es un recipiente sometido a presión interior, cuyo diseño se realiza según el estándar de diseño de la ASME, sección VIII, división 1 o División 2 y en concordancia las normas API, API 12B, API 120 API F; y las normas UL142, UL 58; UL 1316 y otras que sean equivalentes.

##### **5.1.1 Diseño Mecánico**

El tanque esta sometido a las siguientes condiciones:



1. Capacidad de operación : 11,36 m<sup>3</sup> (3 000 gln)
2. Presión de operación máxima : 0,689 MPa (100 psi)
3. Material : Acero al carbono
4. Protección anticorrosión : Anódica con ánodos de sacrificio.

Con estas condiciones se determina:

a) Capacidad de diseño

La capacidad de operación del tanque es de 11,36 m<sup>3</sup>. Se toma un margen de seguridad del 10 % por lo que la capacidad de diseño es de 12,496 m<sup>3</sup> (3 300 gln)

b) Presión de diseño

Para recipientes sometidos a presión interior, la presión de diseño Pd, se obtiene en función de la presión de trabajo, Pt. Según norma ASME (8) se determina con las expresiones 5.1a y 5.2 en psi. Para utilizar el sistema ISO con las presiones en MPa, de la expresión 5.1a resulta 5.1b. La expresión 5.2 no requiere ninguna conversión.

$$Pd = Pt + 30 \quad (5.1a)$$

$$Pd = Pt + 0,2068 \quad (5.1b)$$

$$Pd = 2,5 Pt \quad (5.2)$$

La presión de diseño Pd es la mayor de las obtenidas con 5.1b y 5.2.

c) Presión de prueba hidrostática

Se considera que la presión de prueba hidrostática Ph es una vez y media la máxima presión permitida o la presión de diseño.

$$Ph = 1,5 Pd \quad (5.3)$$

Tabla 5.1 Presiones en tanques de almacenamiento de GLP

Presion		MPa
Presión de trabajo	Pt	0,6895
Presión de diseño	Pd	1,7237
Presión de prueba hidrostática	Ph	3,1026

d) Valor del esfuerzo máxima permitido

Se utilizarán aceros al carbono. El cálculo se efectuará con varios tipos de acero que cumplan los requisitos de resistencia en cada uno de los componentes del tanque.

e) Eficiencia de la Junta.

El tanque es soldado, con inspección total de soldadura, por lo que se considera una eficiencia del 100%.

f) Margen de Corrosión

Por las protecciones antioxidantes, anticorrosivas y protección catódica se considera un margen igual a cero.

#### **5.1.1.1 Dimensiones principales**

Para determinar las dimensiones del tanque se tiene en cuenta que:

- El tanque tiene un cuerpo cilíndrico y dos tapas laterales semiesféricas.
- El tanque se ubicará en posición horizontal.
- El tanque no se llena completamente de GLP líquido. El volumen máximo de llenado es del 80% del volumen total. La superficie libre del líquido fija la cota máxima de llenado.
- El tanque no se vacía completamente, si no que queda un volumen de GLP líquido residual. La distancia entre la superficie libre de este volumen y el fondo del tanque es la cota mínima de llenado. Para fines prácticos se considera esta altura igual a 0,15 m.

En un tanque se tienen los siguientes volúmenes interiores:

Volumen total del tanque, llamado capacidad de agua.

Volumen de máximo de llenado de GLP líquido, que es un porcentaje del volumen total.

Volumen residual, que es volumen de GLP líquido que queda en el fondo del tanque.

Volumen neto, es el volumen de GLP líquido que recibe de los camiones tanques y es la diferencia entre el volumen máximo de llenado y el volumen residual que queda en el fondo del tanque. Este es el que se despacha a los vehículos a los que se les suministra GLP en el gasocentro.

Con estas consideraciones se representa al tanque en la figura 5.1:

a) Volumen total del tanque:

$$V_T = V_C + V_e \quad (5.4)$$

$V_T$  = Volumen total del tanque (volumen líquido)

$V_C$  = Volumen del cuerpo cilíndrico

$V_e$  = Volumen de las 2 semiesferas del tanque

Para un tanque de diámetro D y longitud L, como el representado en la Fig. 5.1 el volumen del cuerpo cilíndrico es

$$V_C = \frac{\pi D^2}{4} \cdot (L - D) \quad (5.5)$$

Las dos semiesferas juntas forman una esfera de diámetro D cuyo volumen es:

$$V_e = 0,5236 D^3 \quad (5.6)$$

$$V_T = \frac{\pi D^2}{4} (L - D) + 0,5236 D^3 \quad (5.7)$$

El máximo volumen de llenado de GLP del tanque,  $V_M$ , considerando un coeficiente de llenado kv es:

$$V_M = kv V_T \quad (5.8)$$

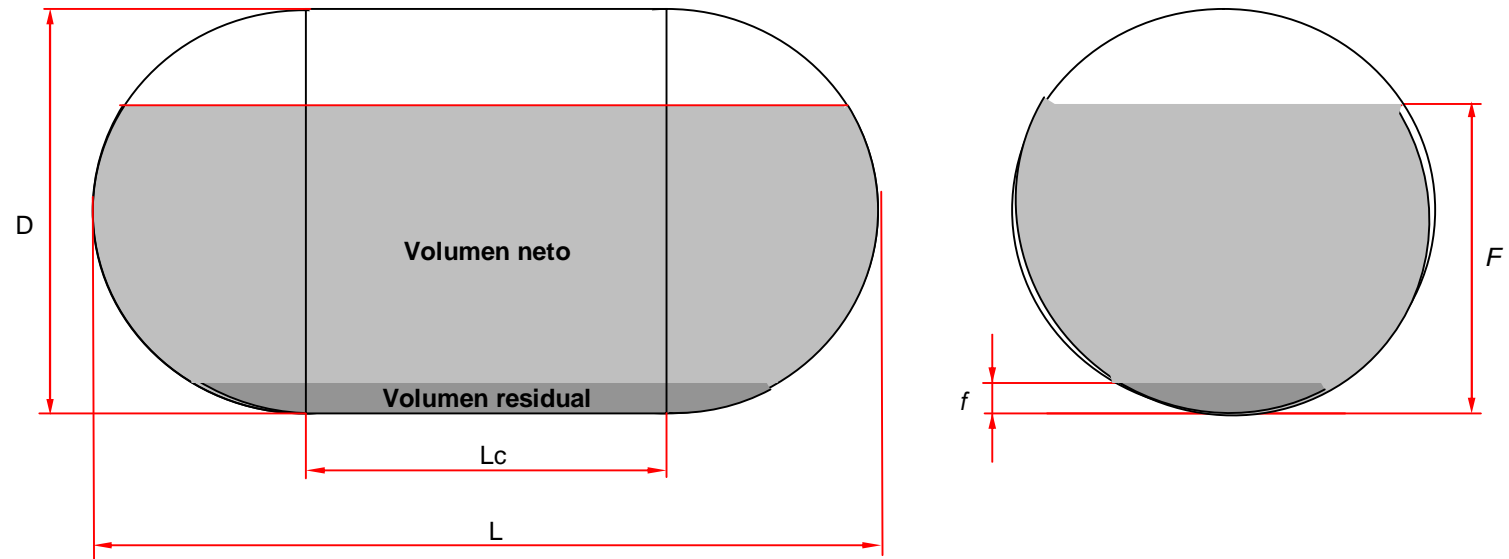


Fig. 5.1 Geometría del tanque

El volumen residual de GLP líquido que queda en el fondo del tanque está determinado por la altura  $f$  de la superficie líquida sobre el fondo y conformado por los volúmenes de tres componentes, Fig. 5.1: El segmento cilíndrico de flecha  $f$  y los segmentos de las dos tapas hemisféricas que juntos forman un segmento esférico también de flecha  $f$ , entonces:

$$V_R = V_{SC} + V_{SE} \quad (5.9)$$

$V_R$  = Volumen residual

$V_{SC}$  = Volumen del segmento cilíndrico

$V_{SE}$  = Volumen del segmento esférico

El volumen del segmento cilíndrico se calcula como el producto del área del segmento circular determinado por la flecha  $f$ , Fig. 5.2 y la longitud del cuerpo cilíndrico.

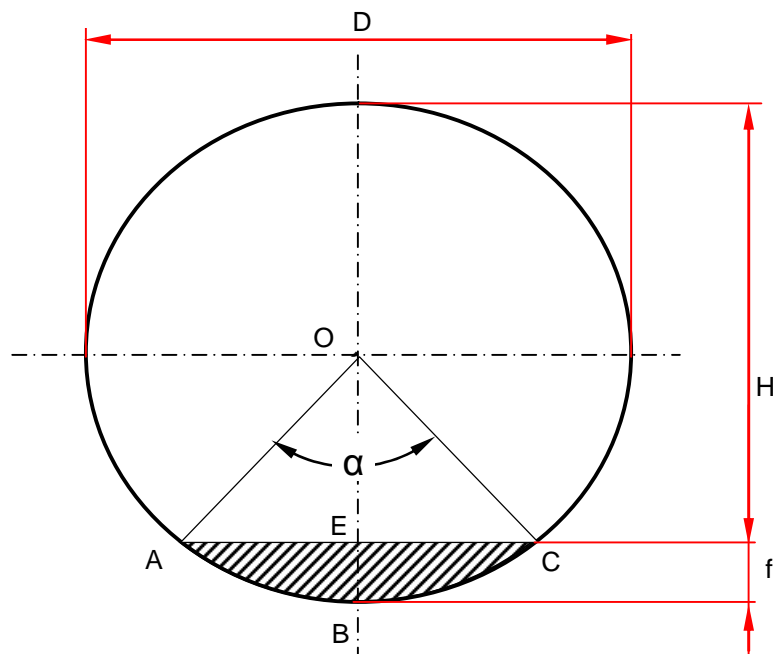


Fig.5.2 Geometría del segmento circular del volumen residual

Este segmento circular, queda de definido por arco ABC cuya flecha  $f$  es el segmento  $\overline{EB}$  que es igual a la altura o cota mínima residual.

El área del segmento circular es:

$$\text{Asc} = 2R \text{ Sen} \left( \frac{\alpha}{2} \right) \quad (5.10)$$

Como la flecha  $f$  define las dimensiones y el área del segmento, se expresa en función de  $f$ . Aplicando el teorema de Pitágoras al triangulo rectángulo OEC se obtiene:

$$\overline{OE}^2 + \overline{EC}^2 = \overline{CO}^2 \quad (5.11)$$

Pero:

$$\overline{OE} = \overline{OB} - f \quad (5.12)$$

Con

$$\overline{OB} = R \quad (5.13)$$

se tiene

$$\overline{OE} = R - f \quad (5.14)$$

Despejamos  $\overline{EC}$  y reemplazamos valores se tiene:

$$\overline{EC} = \sqrt{R^2 - (R - f)^2} \quad (5.15)$$

$$\overline{EC} = \sqrt{R^2 - R^2 + 2Rf - f^2} \quad (5.15a)$$

$$\overline{EC} = \sqrt{2Rf - f^2} \quad (5.15b)$$

En la figura se observa que:

$$\text{Sen} \left( \frac{\alpha}{2} \right) = \frac{EC}{OC} = \frac{\sqrt{2Rf - f^2}}{R} \quad (5.16)$$

Reemplazando este valor en 5.10:

$$Asc = 2R \left( \frac{\sqrt{2Rf - f^2}}{R} \right) \quad (5.17)$$

$$Asc = 2\sqrt{2Rf - f^2} \quad (5.17a)$$

Como:  $2R = D$

$$Asc = 2\sqrt{Df - f^2} \quad (5.17b)$$

El volumen del segmento cilíndrico se obtiene multiplicando el área Asc por la longitud del cuerpo cilíndrico.

$$V_{sc} = 2(L - D)\sqrt{Df - f^2} \quad (5.18)$$

El volumen que corresponde a los segmentos de las tapas hemisféricas es igual al volumen del segmento esférico de una esfera de diámetro D y flecha f, entonces:

$$V_{se} = \pi f^2 \left( \frac{D}{2} - \frac{f}{3} \right) \quad (5.19)$$

Por lo tanto reemplazando en 5.9, el volumen residual resulta:

$$V_R = 2(L - D)\sqrt{Df - f^2} + \pi f^2 \left( \frac{D}{2} - \frac{f}{3} \right) \quad (5.20)$$

Como en el tanque el volumen de almacenamiento o volumen neto es la diferencia entre el máximo volumen de llenado y el volumen residual.

$$V_n = V_M - V_R \quad (5.21)$$

$$V_n = kv \left( \frac{\pi D^2}{4} \cdot (L - D) + 0,5236 D^3 \right) - 2(L - D)\sqrt{Df - f^2} - \pi f^2 \left( \frac{D}{2} - \frac{f}{3} \right) \quad (5.22)$$

La expresión 5.22 relaciona el volumen neto de GLP con las dimensiones del tanque, diámetro y longitud total, y dos condiciones de operación, el coeficiente de llenado y la cota del volumen residual. Para este caso se tiene:

$$Kv = 0,8$$

$$f = 0,15 \text{ m}$$

$$V_n = 0,7854 D^2(L-D) + 0,5236 D^3 - 2(L-D)\sqrt{0,15D - 0,0225} - 0,0707\left(\frac{D}{2} - 0,05\right) \quad (5.22a)$$

En la expresión 5.22a, el volumen neto está en función de L y D que son desconocidas, por lo que es una ecuación indeterminada que se resuelve por aproximaciones sucesivas.

Las condiciones de diseño del tanque son:

Volumen neto	V <sub>n</sub> :	12,5	m <sup>3</sup>	(3300 gal)
Longitud máxima	L :	5	m	
Diámetro máximo	D :	3	m	
Rango de volumen total (Líquido)	V <sub>T</sub> :	5 < V <sub>T</sub> < 40	m <sup>3</sup>	

Se elabora un algoritmo de cálculo que se resuelve considerando las restricciones a las dimensiones exteriores del tanque. Por lo que se asumen valores de la longitud total L menores a 5 m, con un rango de 4 a 5 m y diámetros D menores a 3 m, con un rango de 2 a 3 m, con incrementos de 0,25 m en ambos casos.

Los resultados se presentan en las tablas 5.2 a 5.5 siguientes:



*Tabla 5.2 Dimensiones del tanque. Diámetro y longitud variables*

Factor de llenado	kv	%	80				
Cota residual	f	m	0,15				
Factor de conversión		L/gal	3,7854				
Longitud total	L	m	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Diámetro	D	m	3,00	2,75	2,50	2,25	2,00
Volumen total (líquido)	$V_T$	$m^3$	21,205	19,797	17,998	15,903	13,612
		gal	5602	5230	4754	4201	3596
Volumen de llenado máximo	$V_M$	$m^3$	16,964	15,838	14,398	12,722	10,890
Volumen residual	$V_R$	$m^3$	1,410	1,967	2,460	2,882	3,228
Volumen neto de trabajo	$V_N$	$m^3$	15,554	13,871	11,938	9,840	7,662
		gal	4109	3664	3154	2600	2024

*Tabla 5.3 Dimensiones del tanque. Diámetro de 2,4 m y longitud variable*

Factor de llenado	kv	%	80				
Cota residual	f	m	0,15				
Factor de conversión		L/gal	3,7854				
Longitud total	L	m	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Diámetro	D	m	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Volumen total (líquido)	$V_T$	$m^3$	14,476	15,606	16,737	17,868	18,999
		gal	3824	4123	4422	4720	5019
Volumen de llenado máximo	$V_M$	$m^3$	11,580	12,485	13,390	14,294	15,199
Volumen residual	$V_R$	$m^3$	1,940	2,231	2,521	2,812	3,102
Volumen neto de trabajo	$V_N$	$m^3$	9,640	10,254	10,869	11,483	12,097
		gal	2547	2709	2871	3033	3196

*Tabla 5.4 Dimensiones del tanque. Diámetro de 2,6 m y longitud variable*

Factor de llenado	kv	%	80				
Cota residual	f	m	0,15				
Factor de conversión		L/gal	3,7854				
Longitud total	L	m	4,50	4,55	4,60	4,65	4,70
Diámetro	D	m	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Volumen total (líquido)	$V_T$	$m^3$	19,289	19,555	19,820	20,085	20,351
		gal	5096	5166	5236	5306	5376
Volumen de llenado máximo	$V_M$	$m^3$	15,431	15,644	15,856	16,068	16,281
Volumen residual	$V_R$	$m^3$	2,392	2,453	2,513	2,574	2,634
Volumen neto de trabajo	$V_N$	$m^3$	13,039	13,191	13,343	13,495	13,646
		gal	3445	3485	3525	3565	3605

Luego de realizar las iteraciones presentadas en las tablas 5.2 a 5.4, se concluye que el diámetro mas conveniente es de 2,5 m, por lo que se realiza una iteración de ajuste con este diámetro, variando la longitud del tanque, Tabla 5.5.

*Tabla 5.5 Dimensiones del tanque Diámetro de 2,5m longitud de 4,5 a 4,7 m*

Factor de llenado	kv	%	80				
Cota residual	f	m	0,15				
Factor de conversión			3,7854				
Longitud total	L	m	4,50	4,55	4,60	4,65	4,70
Diámetro	D	m	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volumen total (líquido)	$V_T$	$m^3$ gal	17,998 4754	18,243 4819	18,488 4884	18,734 4949	18,979 5014
Volumen de llenado máximo	$V_M$	$m^3$	14,398	14,594	14,791	14,987	15,183
Volumen residual	$V_R$	$m^3$	2,460	2,519	2,578	2,638	2,697
Volumen neto de trabajo	$V_N$	$m^3$ gal	11,938 3154	12,075 3190	12,212 3226	12,349 3262	12,486 3298

Se observa que se obtiene un volumen neto de 3298 gal, que tiene un error de 0,04 % con respecto al volumen de diseño, por lo que se seleccionan como dimensiones del tanque:

$$D = 2500 \text{ mm (98,425 pulg)} \quad (5.23)$$

$$L_T = 4700 \text{ mm (16,05 pulg)} \quad (5.23a)$$

### 5.1.1.2 Espesor de las paredes

Los espesores de las paredes del tanque se determinan aplicando las recomendaciones del código ASME, sección VIII División 1.

Para el cuerpo cilíndrico se determinan el esfuerzo circunferencial sobre las juntas longitudinales y el esfuerzo longitudinal sobre las juntas circunferenciales y para las tapas hemisféricas se calcula el esfuerzo circunferencial.

a) **Cálculo del espesor de las paredes del cuerpo cilíndrico.**

Las expresiones del mínimo espesor de la plancha y de la máxima presión de operación debidos a los esfuerzos son [8]:

**- Por el esfuerzo circunferencial**

Se produce en las juntas longitudinales. Las expresiones son:

$$t_L = \frac{PR}{SE - 0,6P} \quad (5.24)$$

Máxima presión interior:

$$P_L = \frac{SEt_L}{R + 0,6t_L} \quad (5.25)$$

**- Por el esfuerzo longitudinal**

Se produce en la junta circunferencial. El mínimo espesor de la plancha es:

$$t_c = \frac{PR}{2SE + 0,4P} \quad (5.26)$$

La presión interior que puede soportar es:

$$P = \frac{2SEt}{R - 0,4t} \quad (5.27)$$

donde:

$t_c$  = espesor mínimo de la plancha, m.

P = presión interior de diseño, MPa.

R = radio interior, m

$R = D/2$

S = máximo esfuerzo admisible del material, MPa.

E = eficiencia de la junta soldada

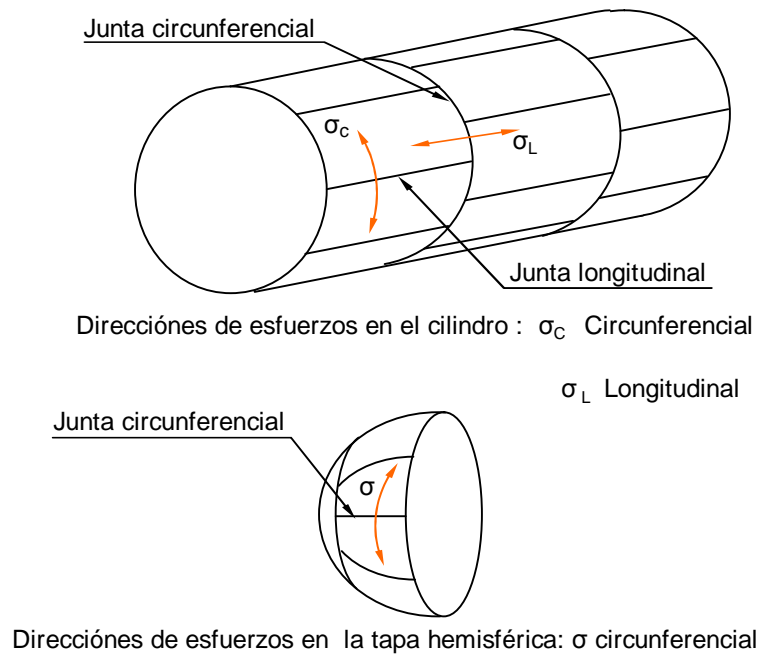


Fig.5.3 Esfuerzos en el tanque

**- Datos de diseño:**

El radio se obtiene del diámetro del cuerpo cilíndrico, expresión 5.23 y la presión de diseño. Se considera inspección radiográfica del 100%.

$$P = 1,72 \text{ MPa}$$

$$R = 1,25 \text{ m}$$

$$E = 1$$

Para el cuerpo cilíndrico se utiliza acero calidad SA 612, con un esfuerzo de trabajo de:

$$S_t = 399 \text{ MPa}$$

**a1) Esfuerzo circunferencial:**

El mínimo espesor de la plancha se determina con 5.24

$$t_L = \frac{1,72(1,250)}{159,9 - 0,6(1,72)} \quad (5.28)$$

$$t_L = 0,01362 \text{ m} \quad (5.28a)$$

Se selecciona la plancha estándar de mayor espesor:

$$t_L = 15 \text{ mm} \quad (5.28b)$$

Y con la expresión 5.25 se calcula la máxima presión longitudinal que puede soportar esta plancha:

$$P = \frac{159,96(0,015)}{1,250 - 0,6(0,015)} \quad (5.29)$$

$$P = 1,906 \text{ MPa} \quad (5.29a)$$

Esta presión se compara con la presión de diseño:

$$P = 1,906 > 1,72 = P_d \quad (5.29b)$$

Como la presión calculada es mayor que la presión de diseño el espesor de 15 mm es adecuado.

## a2) Esfuerzo longitudinal

El espesor mínimo que se obtiene con la presión de diseño es:

$$t_C = \frac{1,72(1,250)}{2(159,96) + 0,4(1,72)} \quad (5.30)$$

$$t_C = 0,00672 \text{ m} \quad (5.30a)$$

Como este espesor de pared, de 6,72 mm es menor que el espesor de 15mm seleccionando anteriormente, se considera el mayor espesor y la máxima presión se calcula con 5.27:

$$P = \frac{2(159,96)(1)(0,015)}{1,25 - 0,4(0,015)} \quad (5.31)$$

$$P = 3,86 \text{ MPa} \quad (5.31a)$$

Como la presión máxima calculada es mayor que la de diseño, de 1,72 MPa, quedan seleccionados el mayor espesor de la pared del cilindro y la menor presión interior:

$$t_{cil} = 15 \text{ mm}$$

$$P = 1,906 \text{ MPa}$$

### **b) Cálculo del espesor de la pared del cuerpo esférico.**

En este caso, las expresiones del mínimo espesor de la pared esférica del tanque y la máxima presión son:

$$t_e = \frac{PR}{2SE - 0,2P} \quad (5.32)$$

$$P = \frac{2SEt_e}{R + 0,2t_e} \quad (5.33)$$

### **Datos de diseño**

Los valores de la presión de diseño y el radio del cuerpo esférico son los mismos que los del cuerpo cilíndrico. En ese caso se utiliza un acero de menor resistencia. Considerando Acero ASTM A 36 se tiene un esfuerzo de trabajo de:

$$S = 86,87 \text{ MPa}$$

Entonces:

$$t_e = \frac{1,72(1,250)}{2(86,87)(1) - 0,2(1,72)} \quad (5.34)$$

$$t_e = 0,01243 \text{ m} \quad (5.34a)$$

Se selecciona una plancha de espesor de 12 mm, con la que se calcula la máxima presión que puede soportar el recipiente

$$P = \frac{2(86,87)(0,0127)}{1,250 + 0,2(0,0127)} \quad (5.35)$$

$$P = 1,76 \text{ MPa} \quad (5.35a)$$

Luego se verifica que:

$$t \leq 0,356R \quad (5.36)$$

$$t = 15 < 445 \quad (5.36b)$$

y que  $P \leq 0,665(\text{St}) \quad (5.37)$

$$1,72 \leq 0,665 (86,84) \quad (5.37a)$$

$$1,72 \leq 57,7 \quad (5.37b)$$

Resumen de las dimensiones del tanque:

Tanque de 5000 galones de capacidad total

Longitud total: 4,7 m

Diámetro exterior: 2,5 m

Espesor de Pared:

**Cuerpo cilíndrico:**

Material: ASTM – 612 A

Espesor: 15mm

**Tapas hemisféricas**

Material: A – 36

Espesor: 12 mm

### 5.1.2 Diseño mecánico de detalle

En este ítem se consideran el diseño del agujero de inspección (manhole), las salidas para conexiones con tuberías y accesorios, la plancha de sacrificio y la cubierta de protección.

### 5.1.2.1 Salidas para conexiones de tubería y accesorios

Estas salidas, denominadas de medio cople, son pequeños tramos de tubería de cédula 40 y cédula 80, de 120 mm de longitud con rosca interior en uno de sus extremos. Se ubican en la parte superior del cuerpo cilíndrico del tanque, en agujeros circulares de diámetro apropiado igualmente espaciados y separados entre sí por una distancia entre ejes de 220 mm. Se instalan en los agujeros con el lado roscado hacia arriba de modo que sobresalgan 100 mm sobre el tanque al que se unen con soldadura. Fig. 5.3. El diámetro y el espesor de estas tuberías dependen de su uso, como se muestra en la tabla 5.6.

Tabla 5.6 Diámetro y espesor de salidas de tanque

Uso de salidas	Denominación de salida	Tipo tubería	Diámetro Nominal
Conexiones a GLP líquido	A, C,D,F,J	Cédula 80	1 1/4
Conexiones a GLP gaseoso	B,I,K	Cédula 40	3/4
Salidas para instrumentos	E,G,H		

En la figura 5.4 se muestra un esquema típico de las conexiones de medio cople ubicadas en la parte superior del cuerpo cilíndrico del tanque.

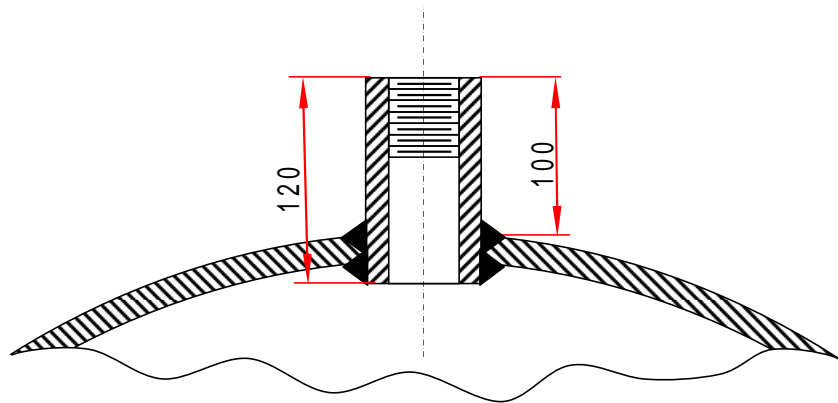


Fig. 5.4 Esquema de salida de medio cople para conexiones de tanque de GLP



### 5.1.2.2 Agujero para inspección (Manhole)

El equipo para inspección tiene como propósito permitir el ingreso del personal de mantenimiento al interior del tanque.

Por ser un tanque enterrado, el manhole se ubica en la parte superior, y debido a que las tuberías de conexiones del tanque ocupan toda la longitud superior del cuerpo cilíndrico, el manhole se ubica sobre la parte esférica de una de las tapas hemisféricas del tanque, cercana a la ubicación de la válvula de seguridad K en el lado opuesto a la ubicación de la bomba. Fig. 5.5.

EL manhole consta de un cuerpo cilíndrico soldado al cuerpo hemisférico del tanque, con una placa de refuerzo, y en el otro extremo tiene una brida soldada, la que tiene a su vez una tapa de cierre empernada.

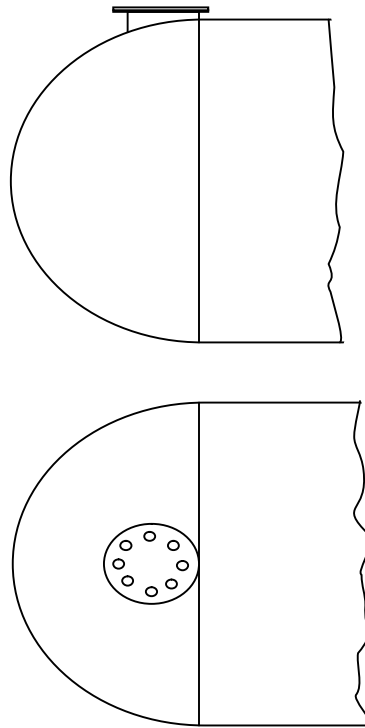
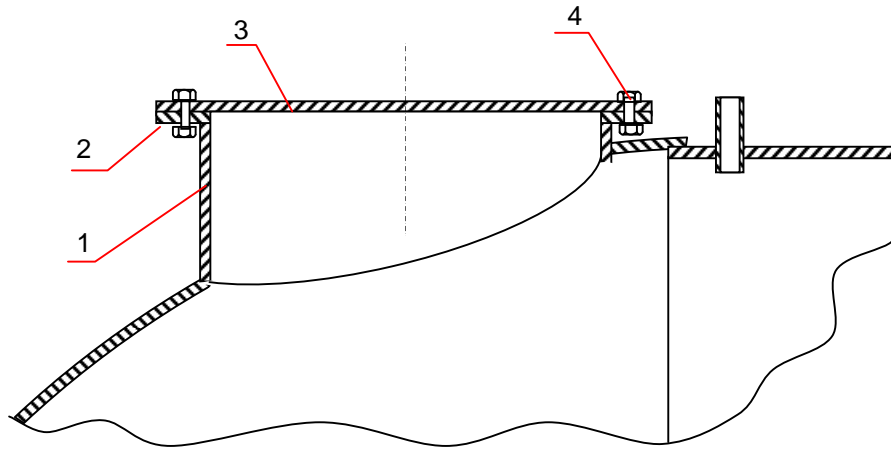


Fig. 5.5 Manhole



1) Cuerpo cilíndrico . 2) Brida. 3) Tapa. 4) Pernos.

Fig. 5.6 Componentes de Manhole

#### a) Cálculo del cuerpo cilíndrico

El manhole está sometido a las mismas presiones que las paredes del tanque, por lo que la presión del diseño también es de 1,72 MPa.

Para permitir un acceso y salida del interior del tanque se considera un diámetro interior del cuerpo cilíndrico de 550 mm.

El cálculo de la pared del cilindro del manhole  $t_c$  se hace con las mismas expresiones usadas para el caso de la pared del cuerpo cilíndrico del tanque  $t$ , se considera efectuar una inspección del 100% de la soldadura, y utilizar acero estructural A-36.

Considerando que:  $P = 1,72 \text{ MPa}$

$$D_i = 0,550 \text{ m}$$

$$R = D_i/2$$

$$R = 0,275 \text{ m}$$

$$E = 1$$

**Esfuerzo longitudinal**

El espesor de la plancha se obtiene reemplazando estos valores en 5.24:

$$t_{Lc} = \frac{PR}{SE - 0,6P} \quad (5.38)$$

$$t_{Lc} = \frac{1,72(0,275)}{86,87(1) - 0,6(1,72)} \quad (5.38a)$$

$$t_{Lc} = 0,0055 \text{ m} \quad (5.38b)$$

Se selecciona la plancha estándar de espesor inmediato superior:

$$t_{Lc} = 6,35 \text{ m } (1/4") \quad (5.38c)$$

Con este espesor se calcula la máxima presión P que puede soportar el cuerpo cilíndrico, expresión:

$$P = \frac{SEt}{R + 0,6t}$$

$$P = \frac{86,87(1)(0,00635)}{0,275 + 0,6(0,00635)} \quad (5.39)$$

$$P = 135 \text{ MPa} \quad (5.39a)$$

**Esfuerzo en la junta circunferencial:**

Requiere de un espesor de plancha tcc, que se calcula con la ecuación 5.26:

$$t_{cc} = \frac{PR}{2SE + 0,4P}$$

$$t_{cc} = \frac{1,72(0,275)}{2(86,87)(1) + 0,4(1,72)} \quad (5.40)$$

$$t_{cc} = 0,00272 \text{ m} \quad (5.40a)$$

Se selecciona una plancha estándar de 6,35 (1/4"), mayor que el espesor calculado, y con 5.27 el que se recalcula la máxima presión en esta junta.

$$P = \frac{2(86,87)(0,00635)}{0,275 - 0,40(0,00635)} \quad (5.41)$$

$$P = 135 \text{ MPa} \quad (5.41a)$$

Se selecciona 6,35 mm como espesor del cuerpo cilíndrico, el diámetro exterior del cuerpo del cilindro es:

$$De = 550 + 2 ( 6,35 ) \quad (5.42)$$

$$De = 562,7 \text{ mm} \quad (5.42a)$$

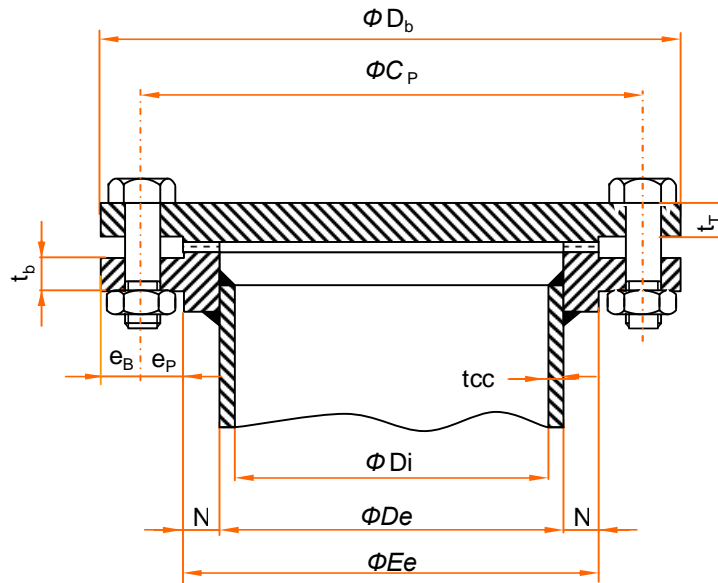


Fig. 5.7 Detalle de Manhole

## b) Brida

En el extremo superior del cuerpo cilíndrico del manhole va una brida soldada. La tapa plana circular se asegura a sobre esta brida mediante pernos y entre ellas se instala una empaquetadura anular.

El diámetro del círculo de pernos  $C_p$  se determina a partir del esquema mostrado en la figura 5.7.

$$C_p = D_e + 2(N + e_p) \quad (5.43)$$

$$e_p \geq \left( \frac{d_p}{2} \right) \quad (5.43a)$$

$$D_b = C_p + 2e_b \quad (5.43b)$$

Donde:

$C_p$  = Diámetro del círculo de pernos

$D_b$  = Diámetro exterior de la brida y tapa

$D_e$  = Diámetro interior del manhole.

$N$  = Ancho de empaquetadura.

$d_p$  = Diámetro del perno.

$e_p$  = Espacio para el perno

$e_b$  = Espacio para el borde exterior

### **Empaquetadura**

Selección de la empaquetadura

Dimensiones

Diámetro interior cilindro  $D_i = 0,550 \text{ m}$

Espesor de pared de cilindro  $t_{cc} = 0,00635 \text{ m}$

Diámetro interior de empaquetadura  $D_{ie} = 0,563 \text{ m}$

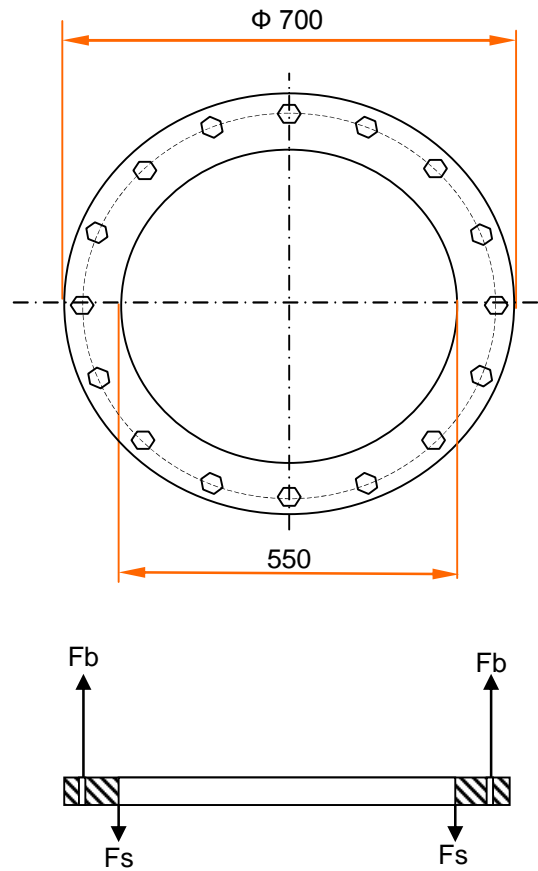


Fig. 5.8 Brida

Ancho de empaquetadura  $N = 0,040$  m

Diámetro exterior empaquetadura  $Dee = 0,643$  m

Se selecciona una empaquetadura de metal embobinado en espiral con asbestos de acero al carbon con:

Presión de instalación  $y = 2,04$  kg/mm<sup>2</sup>

Factor de empaquetadura  $m = 2,5$

Ancho efectivo de empaquetadura

$$\text{Con } N = 40 > 12,5 \text{ (0,5")} \quad (5.44)$$

$$b = k_1 \sqrt{\frac{N}{8}} \quad (5.44a)$$

$k_1 = 0,1593$  para unidades de SI

$k_1 = 1$  para unidades de sistema inglés.

$$b = 0,0113 \text{ m} \quad (5.44b)$$

Diámetro efectivo de la empaquetadura  $G$  se determina con la expresión:

$$G = D_{ee} - 2b \quad (5.45)$$

$$G = 0,630 - 2(0,0113) \quad (5.45a)$$

$$G = 0,6077 \text{ m} \quad (5.45b)$$

## Pernos

### **Cargas sobre los pernos:**

Carga de asentamiento  $F_{it}$

$$F_{it} = \pi b G y \quad (5.46)$$

$$F_{it} = \pi(0,0113)(0,6077)(189) \quad (5.46a)$$

$$F_{it} = 4\,147\,872 \text{ N} \quad (5.46b)$$

Carga en los pernos debido a cargas exteriores.

$$F = \left(\frac{\pi}{4}\right) G^2 P + 2\pi b G m P \quad (5.47)$$

$$F = \left(\frac{\pi}{4}\right) 0,6077^2 (1,72) + 2\pi(0,0113)(0,620)(2,5)(1,72) \quad (5.47a)$$

$$F = 708\,308 \text{ N} \quad (5.47b)$$

Selección de los pernos

Material ASTM 193-B7

$$S_d = 189 \text{ MPa}$$

Area total de pernos

$$A_{tp} = \left( \frac{F}{S_d} \right) \quad (5.48)$$

$$A_{tp} = \left( \frac{414782}{189} \right) \quad (5.48a)$$

$$A_{tp} = 21\,978 \text{ mm}^2 \quad (5.48b)$$

Considerando 16 pernos igualmente espaciados el área requerida por perno es:

$$A_p = \left( \frac{21978}{16} \right) \quad (5.49)$$

$$A_p = 1\,374 \text{ mm}^2 \quad (5.49a)$$

El área de esfuerzo de la rosca métrica estándar de paso basto de área inmediatamente superior es de 1462 mm<sup>2</sup> o que corresponde a un perno M48. A continuación se verifica que el espaciamiento entre pernos este dentro de los límites recomendados.

### **Círculo de pernos:**

$$D_p = D_{ee} + e_p \quad (5.50)$$

$$D_p = 643 + 50 \quad (5.50a)$$

$$D_p = 693 \text{ mm} \quad (5.50b)$$

El espaciamiento de los pernos  $e_{sp}$  se determina de manera que el espaciamiento entre ellos este dentro de los límites recomendados siguientes:



Espaciamiento mínimo:

$$E_{\min} = 2d_o + 6,35 \quad (5.51)$$

$$E_{\min} = 102 \text{ mm} \quad (5.51a)$$

Espaciamiento máximo:

$$E_{\min} = 2d_o + \left( \frac{6t}{m + 0,5} \right) \quad (5.52)$$

$$E_{\max} = 186 \text{ mm} \quad (5.52a)$$

El paso real de los pernos es:

$$e_{\text{sp}} = \left( \frac{D_p}{n_p} \right) \quad (5.53)$$

Luego de varias iteraciones se establece que con 16 pernos resulta:

$$e_{\text{sp}} = \left( \frac{693}{16} \right) \quad (5.54)$$

$$e_{\text{sp}} = 136 \text{ mm} \quad (5.54a)$$

Ordenando estos espaciamentos resulta:

$$102 < 136 < 186 \quad (5.54b)$$

Como este paso está en el rango recomendado los pernos seleccionados son adecuados.

### **Torque de apriete**

El ajuste inicial se calcula con la expresión:

$$F_i \leq 0,8 S_y A_p \quad (5.55)$$

$$F_i \leq 0,8 (189\,000\,000)(0,001462) \quad (5.55a)$$

$$F_i \leq 13\,816 \text{ N} \quad (5.55b)$$

El torque de apriete considerando que el perno es no lubricado es:

$$T = 0,2 F_i d_p \quad (5.56)$$

$$T = 0,2 (13\ 816)(0,048) \quad (5.56a)$$

$$T = 138 \text{ Nm} \quad (5.56b)$$

### Espesor de la brida

Este se calcula con la relación de esfuerzos de R.J. Roark, que considera el caso de bridas, como se muestra en la figura.5.7.

$u = 0,3$  coeficiente

El esfuerzo máximo ser menor que:

$$S_{m\acute{a}x} \leq 0,6S_y \quad (5.57)$$

Aplicando estos criterios al diagrama de la figura que representa las condiciones de carga de la brida del manhole, según Roark tenemos:

$$R = \frac{D_p}{2} \quad R = \frac{0,693}{2} \quad (5.58)$$

$$R = 0,346 \text{ m} \quad (5.58a)$$

$$r = \frac{D_i}{2} \quad r = \frac{0,563}{2} \quad (5.59)$$

$$r = 0,281 \text{ m} \quad (5.59a)$$

La carga total sobre la brida es:

$$W = w \frac{\pi D_i^2}{4} \quad (5.60)$$

$$W = 1,72 \frac{\pi (0,563)^2}{4} \quad (5.60a)$$

$$W = 427\ 733 \text{ N} \quad (5.60b)$$

Considerando para material de la tapa acero al carbono A-36.

$$S_{m\acute{a}x} \leq 0,40 Sy \quad (5.61)$$

$$S_{m\acute{a}x} \leq 0,4(248) \quad (5.61a)$$

$$S_{m\acute{a}x} \leq 99,2 \quad (5.61b)$$

En este caso, el esfuerzo máximo en la brida es:

$$S_{m\acute{a}x} = \left( \frac{3W}{2\pi t^2} \right) \left[ \frac{2R^2(1+u) \operatorname{Ln}\left(\frac{R}{r}\right) + (1-u)R^2 - (1-u)r^2}{(1+u)R^2 + (1-u)r^2} \right] \quad (5.62)$$

Está brida también sera de acero A36, entonces, despejando el espesor  $t$  y reemplazando los valores anteriores se tiene:

$$t^2 = \frac{3(427733)}{2\pi(99.2)} \left( \frac{2(0.346^2)(1,3) \operatorname{Ln}\left(\frac{0.346}{0.281}\right) + (0.7)0.346^2 - (0,7)0.281^2}{1,3(0.346^2) + 0,7(0.281^2)} \right) \quad (5.62a)$$

$$t^2 = 909,6 \quad (5.62b)$$

$$t = 30,2 \text{ mm} \quad (5.62c)$$

Para diseño se selecciona una plancha de 40 mm de espesor.

### c) Tapa de Manhole

El espesor de la tapa del manhole se determina con el diagrama de cargas y el esfuerzo máximo equivalente de R.J: Roark para placas circulares aplicables a la tapa del manhole, que se muestra en la figura 5.8.

R = Radio exterior

$r$  = Radio del área sobre la cual actúa la fuerza unitaria

$w$  = carga unitaria por unidad del área

Según Roark, se tiene:

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{3W}{2\pi t^2} \left[ 1 + (1+u) \text{Ln} \left( \frac{R}{r} \right) - (1-u) \frac{r^2}{4R^2} \right] \quad (5.63)$$

$S_{m\acute{a}x}$  = Esfuerzo máximo sobre la placa, MPa

$W$  = carga total que actúa:

De la expresión 5.62 despejamos el valor de  $t_e$  y reemplazamos:

$$t_e = \left[ \frac{3W}{2\pi S_{m\acute{a}x}} \left( 1 + (1+u) \text{Ln} \left( \frac{R}{r} \right) - (1-u) \frac{r^2}{4(R)^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5.64)$$

$$t_e = \left[ \frac{3(427733)}{2\pi(99,2)} \left( 1 + (1+0,3) \text{Ln} \frac{0,346}{0,281} - (1-0,3) \frac{0,281^2}{4(0,346)^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5.64a)$$

$$t_e = 48,75\text{mm} \quad (5.64b)$$

Se selecciona una plancha de 50 mm.

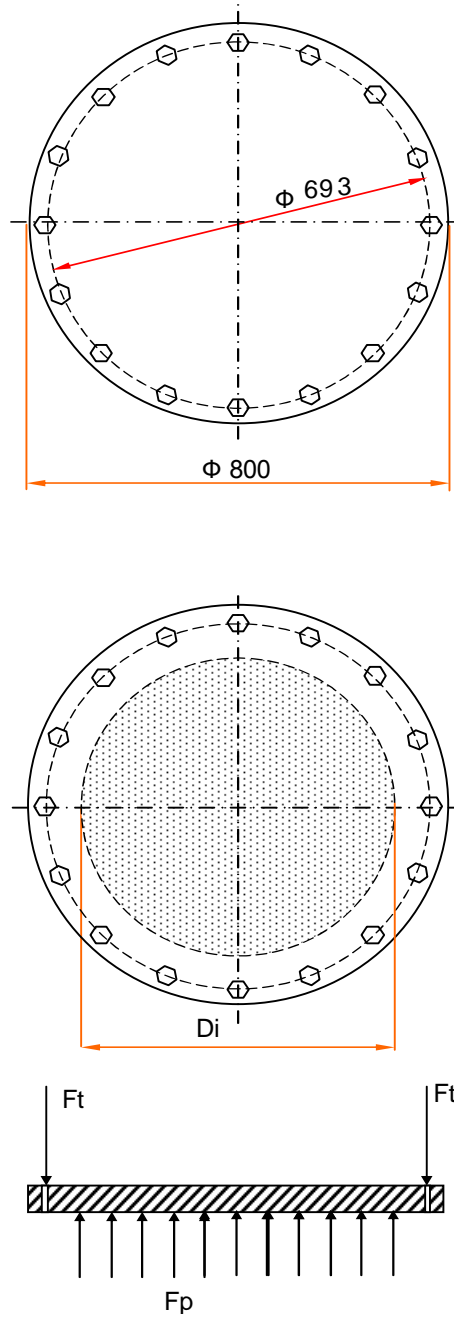


Fig. 5.9 Tapa

### **Soldaduras**

En una plancha de espesor  $t$  se tiene:

$$\frac{1}{4} < t < \frac{1}{2} \rightarrow e_s = \frac{3}{8} \quad (9,52 \text{ mm}) \quad (5.65)$$

Para el caso de la soldadura del cuerpo cilíndrico y la brida del manhole. Como el espesor del cuerpo cilíndrico de 6,35mm, es la plancha de menor espesor, por lo que se selecciona un espesor de soldadura de:

$$e_s = 10 \text{ mm} \quad (5.66)$$

Es espacio para pernos  $e_b$  se calcula con:

$$e_{pt} = 2d_b + 3 \quad (5.67)$$

$d_b$  = diámetro nominal del perno, mm.

Se a determinado que el diámetro nominal de los pernos es de 48 mm entonces se verifica el espacio para pernos entre el eje del perno y el borde del cuerpo cilíndrico del manhole, que es la mitad de:

$$e_{pt} = 2(48)+3 \quad (5.67a)$$

$$e_{pt} = 99 \text{ mm} \quad (5.67b)$$

Para efectos de diseño, se asume:

$$e_p = 100 \text{ mm} \quad (5.67c)$$

La mitad de esta longitud, 50 mm coincide lo asumido para  $e_p$  en el cálculo del círculo de pernos.

El diámetro exterior de la brida y tapa del manhole se determina como:

$$D_e = D_p + e_p \quad (5.68)$$

$$D_b = 793 \text{ mm} \quad (5.68a)$$

Para efectos de diseño asumimos:  $D_b = 800 \text{ mm}$  (5.68b)

Se requieren 16 pernos de M 48 de acero SAE grado 5 (ASTM A 325) de 110 mm de longitud, ajustados con un torque de 138 Nm, pernos no lubricados, distribuidos igualmente espaciados en un circulo de pernos de 693 mm de diámetro. Su especificación ISO es (10)Tornillo exagonal M48x110 mg 8.8 con Tuerca hexagonal M48 DIN 934 m8

### c) Ubicación del Manhole en el Tanque

El manhole se ubicará sobre una tapa hemisférica con el eje del manhole en posición vertical a 450 mm del borde de unión de la tapa hemisférica con el cuerpo cilíndrico del tanque, colineal con la generatriz superior de este cuerpo, como se muestra en la figura.5.10.

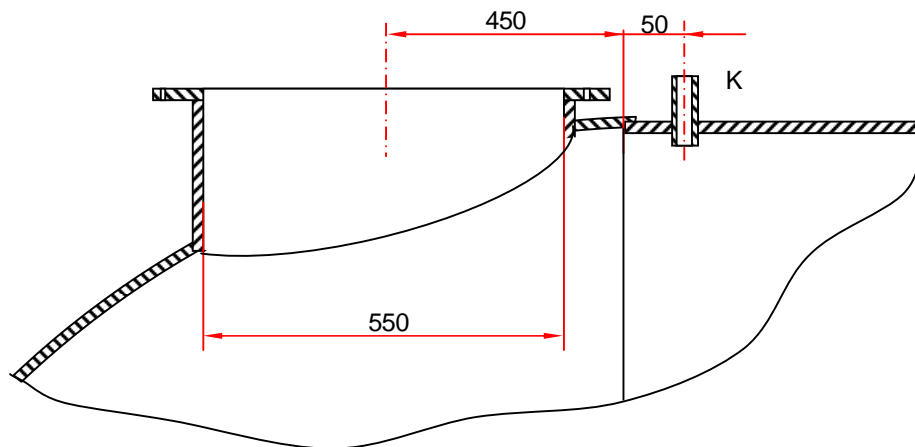


Fig. 5.10 Ubicación de Manhole

## **5.2 Diseño de las instalaciones**

El tanque requiere de instalaciones mecánicas, eléctrica, civiles y de protección anticorrosivo. Las instalaciones mecánicas comprenden las válvulas y la bomba de llenado y las instalaciones eléctricas, que por su importancia se tratan en los capítulos siguientes. En este capítulo se trata de las obras civiles, y la protección anticorrosiva.

### **5.2.1 Obras civiles**

Las obras civiles que mas relevancia tienen con respecto a las instalaciones electromecánicas del gasocentro son la caja de concreto, la cimentación el cerco de seguridad del tanque y las canaletas de los tuberías, cuyos detalles se muestran en el plano IM -02.

#### **5.2.1.1 Caja y Cimentaciones**

La cimentación es una loza de concreto de sección rectangular y sección constante cuyas dimensiones de largo y ancho deben cumplir las siguientes condiciones.

- a) Que puede resistir los efectos sísmicos, térmicos, vibraciones y cualquier otro que se pueda presentar. Los soportes se diseñan considerando grado ocho en la escala sísmica de Mercalli Modificada.
- b) Que los muros de concreto, ubicado sobre su perímetro quedan a una distancia no menor de 0,30m de la superficie del tanque.

Las dimensiones interiores de la caja se determinan considerando que la capa de arena que rodea al tanque debe tener un espesor mínimo  $C_a$ , entonces:

$$L_c = L_t + 2 c_a \quad (5.69)$$

$$A_c = D_t + 2 c_a \quad (5.70)$$



$L_c$  = Largo interior de la caja

$A_c$  = Ancho interior de la caja

$c_a$  = Espesor de la cobertura de material no corrosivo.

Considerando un espesor de  $c_a = 0,50$  m las dimensiones interiores de la caja de protección del tanque son:

$$L_C = 4,70 + 2 (0,5) \quad (5.71)$$

$$L_C = 5,70 \text{ m} \quad (5.71a)$$

$$A_C = 2,5 + 2 (0,50) \quad (5.72)$$

$$A_C = 3,50\text{m} \quad (5.72a)$$

#### 5.2.1.2 Cerco de seguridad

El cerco de seguridad del tanque está formado por una malla metálica de 1,8 m de altura que rodea el perímetro del borde exterior de la caja del tanque sostenida por columnas metálicas de soporte y protegida por un murete de protección de concreto. Cuenta con una puerta de ingreso de 0,90 m de ancho.

#### 5.2.2 Protección anticorrosión

La corrosión electroquímica (11) se produce cuando un material metálico se encuentra en contacto con un material que actúa como un electrolito, tal como aguas, suelos húmedos, atmósferas corrosivas cercanas al mar, etc. En estas condiciones ambos materiales se conectan eléctricamente y aparece entre ellos una diferencia de potencial eléctrico que depende del tipo de materiales en contacto, formándose micropilas, en las cuales el metal actúa como ánodo y se disuelve, y el medio actúa como cátodo sin ser afectado por este ataque. Para evitar la corrosión se debe lograr que la estructura metálica del tanque actúe como un cátodo para lo cual se le impone

una polarización catódica externa mediante una fuerza contraelectromotriz opuesta a la de la reacción de la corrosión metálica.

#### **5.2.2.1 Métodos disponibles**

Para proteger a un tanque metálico instalado en un medio con un potencial corrosivo mayor, logrando que el tanque actúe como cátodo y el medio como ánodo, se pueden utilizar los siguientes métodos:

##### **Método del ánodo de sacrificio.**

Consiste en instalar un material que tenga un mayor potencial estándar que el tanque para que actúe como ánodo, de modo que el tanque actúe como un cátodo. En estas condiciones el ánodo se oxida y se desgasta por lo que se le denomina ánodo de sacrificio.

##### **Método de Circuito impreso.**

Se instala una fuente de tensión controlada por un circuito electrónico que suministra una corriente eléctrica opuesta y mayor a la que se genera en el tanque (ánodo) y medio ambiente (cátodo), de modo que se invierta la situación y el tanque actúe como cátodo y quede protegido..

#### **5.2.2.2 Protección con ánodos de sacrificio**

Como el tanque es de acero, y el Fe tiene un potencial estándar, Anexo 3, de  $-0,44$  V, para protegerlo se utiliza magnesio, que tiene un potencial estándar de  $-1,866$  V. En estas condiciones el tanque de Fe actúa como cátodo y se protege y el Mg actúa como ánodo y se corroe.

Se utilizan ánodos de magnesio comerciales que se conectan eléctricamente al tanque mediante conductores adecuados para lo cual se determina el peso y número de ánodos requeridos y el número de años durante los cuales estos ánodos protegerán al tanque.

**a) Cálculo del peso del ánodo**

a1) Área del tanque

Sección cilíndrica

$$A_{cil} = \pi D L \quad (5.73)$$

Sección esférica

$$A_e = \pi D^2 \quad (5.74)$$

Área del cuerpo del tanque

$$A_c = \pi D L + \pi D^2 \quad (5.75)$$

Cálculo del área total.

Para determinar el área total de la superficie exterior del tanque, el área del cuerpo se incrementa con el área de la tapa superior, que se considera como 10 % del área del cuerpo del tanque, por lo que el área total exterior del tanque  $A_T$  es:

$$A_{TE} = 1,1 A_c \quad (5.76)$$

a2) Cálculo de la corriente de protección  $I_{pr}$  requerida

La corriente unitaria necesaria para una protección anódica adecuada es:

$$I_{pu} = 5 \text{ mA/mm}^2 \quad (5.77)$$

Por lo que la corriente de protección  $I_{pr}$  en mA necesaria es:

$$I_{pr} = I_{pu} A_{TE} \quad (5.78)$$

a3) Cálculo de la corriente del ánodo

Características del ánodo

Teniendo en cuenta los ánodos que existen en el mercado se selecciona un ánodo de Magnesio de 17 Lb cuyas características son:

Peso : 17 lb

Dimensiones : 4x4x17" (10,6 x 10,6 x 43,16 cm)

Características del terreno

Resistividad terreno : 2 000  $\Omega$ -cm

El cálculo de la corriente del ánodo se realiza con el procedimiento siguiente:

El radio efectivo  $r_e$  de un ánodo que tiene una sección recta cuadrada de lado  $La$ , se calcula con:

$$r_e = \sqrt{\frac{0,6La^2}{\pi}} \quad (5.79)$$

La resistencia  $R_a$  en ohm, del ánodo en un medio de resistividad  $\rho$  expresada en  $\Omega$ -cm se determina como:

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi La} \left( 2,3 \log \frac{2La}{r_e} - 1 \right) \quad (5.80)$$

La corriente del ánodo  $I_{an}$ , amperios, para una tensión de  $V$  en voltios es:

$$I_{an} = \frac{V}{R_a} \quad (5.81)$$

#### b) Número de ánodos requeridos

Cada ánodo suministra una corriente  $I_{an}$ , el número total de ánodos requeridos es:

$$N_a = \frac{I_{pr}}{I_{an}} \quad (5.82)$$

Para el ánodo de magnesio de 17 lb se tienen los resultados de la tabla 5.7

Tabla 5.7 Número de ánodos

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
<b>Tanque</b>			
Diámetro semiesferas	D	m	2,5
Longitud cuerpo cilíndrico	Lc	m	2,2
Area exterior	A	m <sup>2</sup>	40,6
Corriente unitaria	Ipu	mA/m <sup>2</sup>	5
Corriente de protección requerida	Ipr	mA	203,0
<b>Terreño</b>			
Resistividad del terreno		Ω-cm	2000
<b>Anodo de magnesio</b>			
Peso		lb	17
Dimensiones Ancho		cm	10,6
altura		cm	10,6
longitud		cm	43,16
<b>Numero de anodos</b>			
Radio efectivo	r <sub>e</sub>	cm	4,63
Resistencia del ánodo	Ra	Ω	14,17
Corriente del ánodo	Ia	mA	59,97
Numero de anodos			4

### c) Tiempo de protección

El tiempo durante el cual el ánodo protegerá al tanque, en años, se obtiene con:

$$N_a = \frac{C_s W_s E_a F_u}{I_a} \quad (5.83)$$

C<sub>s</sub> = Capacidad de corriente teórica, amper-año

W<sub>s</sub> = Peso neto del ánodo, kg.

E<sub>a</sub> = Rendimiento del ánodo

F<sub>u</sub> = Factor de utilización.

Los resultados se muestran en la tabla 5.8

Tabla 5.8 Número de años de protección de los ánodos

Descripción	Simbolo	Unidad	Valor
<b>Capacidad de corriente teórica</b>	Cs	Amper-año	0,251
Peso neto del ánodo	Ws	kg	7,72
Rendimiento del ánodo	Re	%	56
Factor de utilización	Fu	%	85,0
Corriente del ánodo	Ia	A	0,060
Número de años	Na		16,0

### 5.2.2.3 Instalación de ánodos

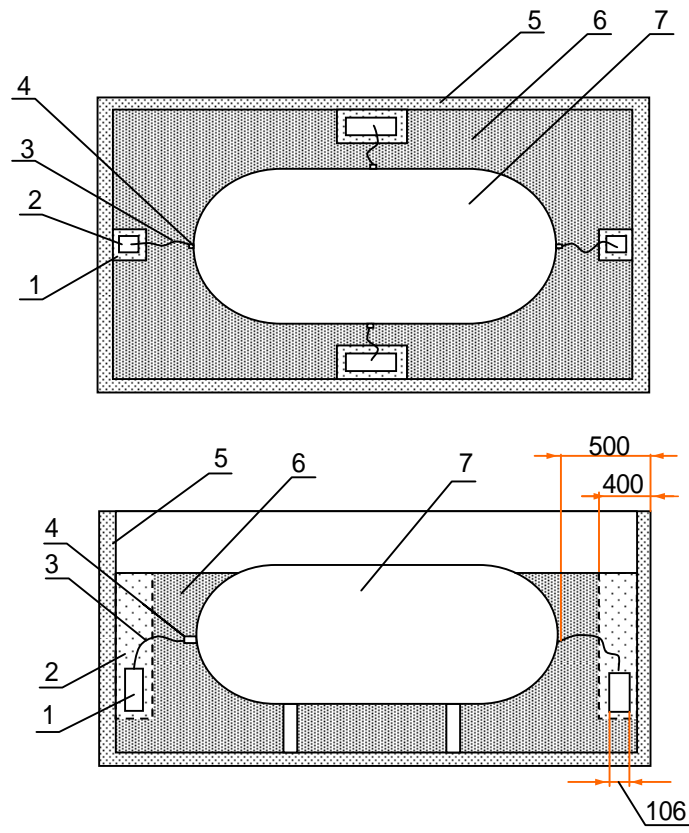
Los ánodos se instalan conectados al tanque o tuberías que protegen mediante un conductor de plomo tipo SN de calibre mínimo N° 12 el que se suelda a orejas de acero ubicadas sobre la superficie del cuerpo a proteger. El conductor se suelda a esta oreja con soldadura de latón ( soldadura fuerte ).

En tuberías cubiertas se aíslan las conexiones y todo el metal expuesto. En caso que se requiera instalar varios ánodos se debe tener en cuenta:

- En una oreja se pueden instalar varios ánodos.
- Las conexiones, o las orejas, se deben distribuir de modo que cubran áreas aproximadamente iguales de la superficie a proteger.
- Los ánodos se deben distribuir alrededor del tanque en lo posible de forma simétrica e igualmente espaciados.
- Los ánodos se instalan en agujeros tales que entre sus paredes y las superficies de los ánodos debe quedar un espacio mínimo de 0,1 m que se rellenan con una mezcla activadora (Backfill) compuesta por:

- Yeso en polvo                    12    kg
- Bentonita                        3,2   kg
- Sulfato de sodio                0,8   kg
- Agua                                Lo necesario para hacer una pasta

Con esta mezcla activadora se incrementa la conductibilidad del terreno y se disminuye la corrosión del magnesio.



1	Anodo de sacrificio (Magnesio)
2	Backfill
3	Conductor
4	Oreja de conexión
5	Muro
6	Material aislante
7	Tanque de GLP

Fig. 5.11 Instalación de ánodos de sacrificio



### **5.3 Ensayos no destructivos**

#### **5.3.1 Prueba hidrostáticas y de hermeticidad**

Todos los equipos y dispositivos se someten a pruebas hidrostáticas y de hermeticidad.

El tanque será sometido a una prueba hidrostática de 1,5 veces la presión nominal, que es de 2,59 MPa (375 psi) durante un tiempo mínimo de 1 hora.

En este periodo no se deben presentar fugas.

#### **5.3.2 Equipos y accesorios**

Entre estos se consideran a las tuberías, válvulas, conexiones y mangueras que operan con alta presión, las que deberán soportar una presión no menor de 2,76 MPa (400 psi)

#### **5.3.3 Otros ensayos**

En estos ensayos se consideran la inspección por rayos X de todas las soldaduras del tanque.

## CAPITULO 6

### DISEÑO DE TUBERÍAS Y SELECCIÓN DE LA BOMBA

#### 6.1 Selección de tuberías

Las tuberías para el GLP se seleccionan con el siguiente procedimiento:

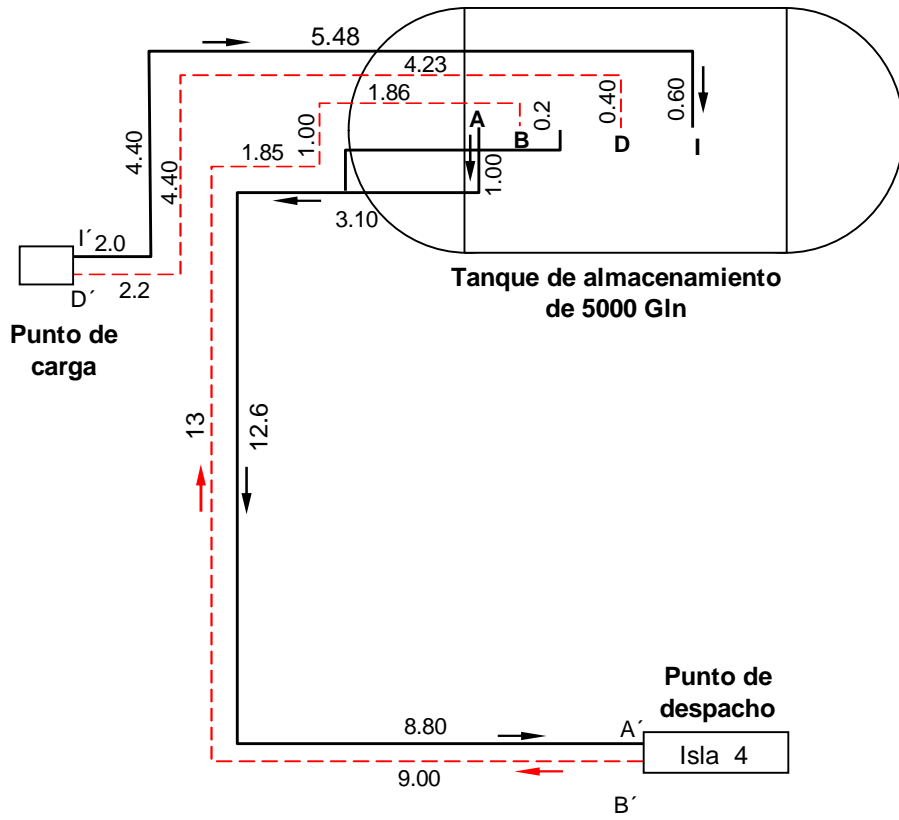
- a) Se ubican los puntos de ingreso y salida de GLP y se efectúa el trazo de las tuberías.
- b) Se determina la longitud de la tubería y el flujo de GLP en Btu/h. Como el flujo de GLP se da en Galones por minuto hacen las conversiones correspondientes considerando una capacidad calorífica de 97378 Btu/gln.
- c) Se seleccionan las tuberías.

Se determina el flujo de diseño de GLP considerando los acudales anteriormente determinados, incrementándolo con un margen de seguridad del 20 %.

En las tablas A2 del anexo 2, se presentan los diámetros de las tuberías y su capacidad de operación, en Btu/h, en función de la longitud de las tuberías. Con los datos obtenidos en el acápite anterior se selecciona el diámetro de la tubería.

- d) Se verifica la caída de presión

En las tablas se da la caída de presión máxima en función de la presión de ingreso.



LEYENDA	
Tuberías de GLP líquido	-----
Tubería de retorno de vapor	—————
Flujo GLP líquido	→
Retorno de vapor	←
Dimensiones en m	

Fig. 6.1 Tuberías de distribución de GLP

### **Tuberías de llenado de GLP del tanque D –D´**

El flujo de GLP en esta tubería depende de la capacidad de suministro del camión tanque cisterna. Estos camiones están equipados con una válvula interna bridada que permiten el paso de flujos en el rango de 50 a 600 gln/h. El flujo de la cisterna y la capacidad neta del tanque de 3000 gln determinan el tiempo de llenado del tanque que oscila entre 50 y 7 minutos. Considerando un flujo máximo de 160 gln/min se tiene un tiempo de llenado de 19 min y que requiere de un camión de mediana capacidad.

### **Tuberías de distribución del tanque al dispensador, A A´**

Esta tubería transporta el flujo de GLP para alimentar simultáneamente las dos mangueras de despacho de la isla 4 cada una de las cuales puede suministrar hasta 11 gln por minuto, por lo que el flujo de GLP en ducto es de 22 gln/min.

Tabla 6.1 Diámetro de tuberías

Tramo	Longitud		Flujo en tubería	Tubería seleccionada	
				Flujo nominal	Diámetro nominal
	m	pies	Btu 10 <sup>6</sup>	Btu 10 <sup>6</sup>	pulg
<b>A - A´</b>	30,7	97,5	154	2353	1 1/4
<b>B - B´</b>	26,3	83,5	31	608	3/4
<b>I - I´</b>	17,5	55,6	182	608	3/4
<b>D - D´</b>	11,4	36,2	1122	2353	1 1/4

### **6.2 Canaleta para tuberías**

Las tuberías se ubican en canaletas de concreto apoyadas en soportes metálicos separadas las distancias siguientes:

Tabla 6.2 Separación entre apoyos de tuberías

Diámetro de Tubería (pulgadas)	Espacio entre soportes	
	pies	m
1/2	6	1,829
3/4 a 1	8	2,438
1 1/4 ( Horizontal )	10	3,048
1 1/4 ( Vertical )	Cada piso	Cada piso

Tabla 6.3 Identificación de tuberías de GLP

Estado de GLP	Color de identificación de tubería
Líquido	Rojo óxido
Vapor	amarillo caterpillar

La canaleta tiene una tapa de concreto de resistencia adecuada.

### 6.3 Protección catódica

La protección catódica se determina con el mismo procedimiento aplicado a la protección catódica del tanque. Los resultados son:

Tabla 6.4 Protección catódica de Tuberías.

Descripción	Simbolo	Unidad	Valor	Valor	Valor	Valor
<b>Tubería</b>			A - B	B	D	I
Diámetro	D	Pulg	1 1/4 0,0422	3/4 0,0266	3/4 0,0266	1 1/4 0,0422
Longitud	L	m	30,7	26,3	17	11,4
Area	A	m <sup>2</sup>	4,07	2,20	1,42	1,51
Corriente unitaria	I <sub>pu</sub>	mA/m <sup>2</sup>	5	5	5	5
Corriente de protección requerida	I <sub>pu</sub>	mA	20,4	11,0	7,1	7,6
<b>Terreño</b>						
Resistividad del terreno		Ω-cm	2000	2000	2000	2000
<b>Anodo de magnesio</b>						
Peso		lb	17	17	17	17
Dimensiones Ancho		cm	10,6	10,6	10,6	10,6
altura		cm	10,6	10,6	10,6	10,6
longitud		cm	43,16	43,16	43,16	43,16
<b>Numero de anodos estándar</b>						
Radio efectivo		cm	4,63	4,63	4,63	4,63
Resistencia del ánodo		Ω	14,17	14,17	14,17	14,17
Corriente del ánodo		mA	59,97	59,97	59,97	59,97
Numero de anodos			1	1	1	1

#### 6.4 Selección de la bomba

Esta bomba tiene como función transferir el GLP líquido del tanque al dispensador ubicado en la Isla 4. Como el dispensador tiene dos mangueras, y cada una de ellas tiene una capacidad de despacho del orden de 10 galones por minuto, GPM, se requiere que la bomba tenga capacidad suficiente para suministrar como mínimo un caudal de 20 GPM para alimentar el requerimiento simultáneo de los dos dispensadores de la Isla de despacho.

Se selecciona una electrobomba de las siguientes características:

Tipo	:	Electrobomba multietápica para tanque soterrado a prueba de explosión
Marca	:	Petrolmeccánica
Modelo serie	:	SLP 2000
Capacidad	:	35 GPM
Diferencial máximo	:	120 psi
Potencia	:	7,5 HP
Tuberías		
Succión	:	2" de diámetro
Descarga	:	2" de diámetro

Cabe señalar que la potencia de 7,5 HP de la bomba es una potencia nominal que corresponde a los 35 GPM. Con la demanda real de caudal de GLP a potencia real consumida por la bomba durante su operación es de 5 HP.

#### 6.5 Válvulas y accesorios

Las instalaciones en el tanque, asociadas con la bomba requieren de las siguientes válvulas:

Válvulas esféricas de 1 ¼" para GLP líquido.

Válvulas esféricas de 3/4" para GLP vapor.

Válvula de exceso de flujo, de 1 ¼ para GLP líquido

Válvula de alivio hidrostática de 1 ¼ para GLP líquido

Válvula check de 1 ¼ para GLP líquido

Entre los accesorios principales se tienen:

Manguera flexible de 1 ¼ "

Uniones universales

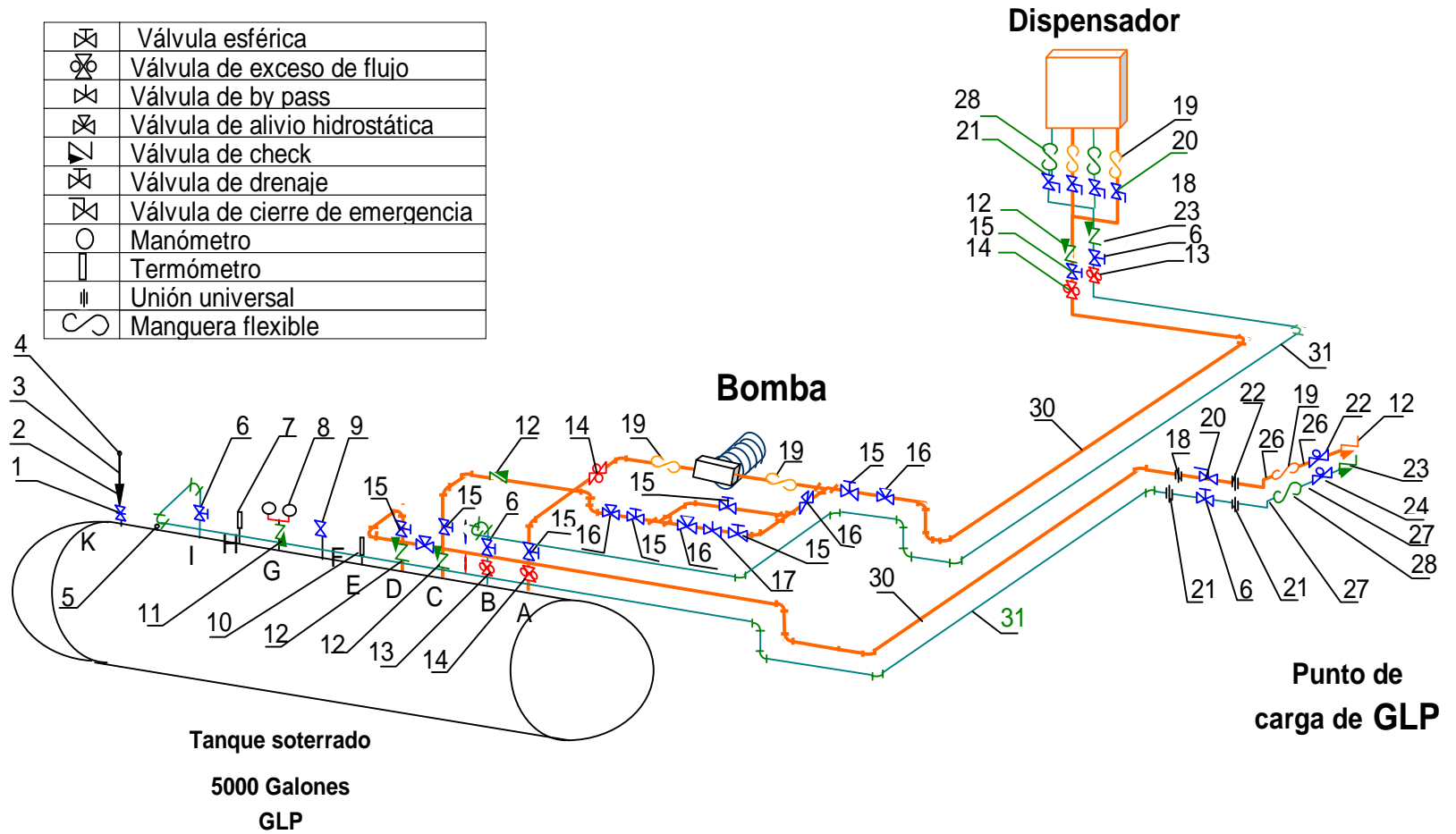


Fig. 6.2 Distribución de los componentes del gasocento



## **CAPITULO 7**

### **INSTALACIONES ELECTRICAS Y DE SEGURIDAD**

#### **7.1 Objetivo**

El objetivo es presentar las instalaciones eléctricas y de seguridad del tanque de GLP.

#### **7.2 Instalaciones eléctricas**

Las instalaciones eléctricas son una ampliación de las existentes, para lo cual en el Tablero General TG se instala el circuito G11 que alimenta al Sub tablero ST-1 que es exclusivo para los equipos directamente relacionados con el gasocentro:

Circuito B1 Alimentador de la bomba.

Circuito B2 Alimentador de sondas detectoras de fugas de gas

Circuito B3 Alimentador de dispensadores de Isla 4

Circuito B4 Alimentador de Iluminación

Circuito B5 Reserva.

En el diseño y construcción de estas instalaciones se toman en cuenta las disposiciones del CNE y la Norma NFPA – 70.

##### **7.2.1 Interruptores de parada de emergencia.**

Además del interruptor general del Tablero General de Emergencia, se disponen de dos pulsadores de emergencia ubicados en puntos de libre acceso.

Uno se ubica en el corredor del primer piso porque es un punto de tránsito obligado en una evacuación de emergencia del personal. El otro se ubica en la isla 4, como se muestra en el Plano IE - 01.

### **7.2.2 Alimentadores**

Los conductores son de cobre electrolítico con aislamiento mineral tipo MI para tensión de 600 V, circuito monofásico, más un conductor de tierra también de cobre de calibre adecuado, instalados en tubería de F<sup>0</sup>G<sup>0</sup> Conduit de 20 mm de diámetro. En los extremos de la tubería tanto del lado de las bombas como de los surtidores tendrán tramos de 1 m de tubería de F<sup>0</sup>G<sup>0</sup> pesado con sus extremos sellados a prueba de explosión y tubo flexible hermético para conexión a las cajas a prueba de explosión. Todas las cajas de paso cercanas a la zona del tanque, punto de carga y dispensador serán a prueba de explosión.

#### **Del motor de la bomba ( Circuito B1)**

El motor de la bomba tiene una potencia nominal de 7,5HP, 220v, 60 Hz, trifásico, con un alimentador de 15 m de longitud. Los alimentadores son de 4 mm<sup>2</sup> de sección y el conductor de tierra, sin aislamiento, es de 4 mm<sup>2</sup> de sección.

#### **De las sondas detectora de gas (Circuito B2)**

El alimentador monofásico es de 2,25 mm<sup>2</sup> con un conductor de tierra de 2,25 mm<sup>2</sup> instalado en tuberías de 20 mm de diámetro.

#### **Del dispensador (Circuito B3)**

Requiere de una potencia de 1kVA monofásico con tensión regulada. Los alimentadores son dos conductores de 2,5 mm<sup>2</sup> y un conductor de tierra de 2,5 mm<sup>2</sup> instalados en tubería de 20 mm de diámetro.

**De la iluminación (Circuito B4)**

Tiene un circuito independiente para que en caso de emergencia se tenga que dejar sin energía todos los sistemas eléctricos del tanque de GLP, esta se realice en una sola maniobra desde el ST – 1. El alimentador es monofásico de 2,25 mm<sup>2</sup> con un conductor de tierra de 2,25 mm<sup>2</sup> y debe cumplir con las disposiciones de la Clase 1 División 1 del Código Nacional de Electricidad.

**7.2.3 Dispositivo de parada de emergencia**

El dispositivo de parada de emergencia aísla todos los circuitos eléctricos del gasocentro y tiene un dispositivo de cierre todas las válvulas de las tuberías del tanque que van al dispensador.

Para contrarrestar una eventual falla en el tanque de almacenamiento o el punto de recepción de GLP, uno se ubica en el corredor principal, que en caso de evacuación es paso obligado del personal de oficinas y tiendas, lo que facilita el accionamiento de este sistema de parada de emergencia.

Para contrarrestar una falla en los dispensadores, el otro se ubica en la Isla 4 de modo que pueda ser accionado por el personal que despacha el GLP.

**7.2.4 Puesta a tierra**

Todos los equipos y partes metálicas de las instalaciones están conectados a una red de tierra que cuenta con un pozo de tierra cuya ubicación y detalles se indican en el plano IE – 01.

### **7.3 Instalaciones y equipos de seguridad**

#### **7.3.1 Sondas detectoras de fuga de gas**

Se requieren tres sondas ubicadas una el tanque de almacenamiento de GLP, otra en la zona de descarga de GLP y la última se ubica en la isla de despacho 4.

#### **7.3.2 Extintores**

Se tendrá como mínimo un extintor rodante de polvo químico seco ABC de 50 kg ubicado en la zona del tanque y dos extintores portátiles de polvo químico seco ABC ubicados en la zona del dispensador y en la zona de recepción. Estos se complementan con los extintores existentes en las zonas de combustibles líquidos. Su ubicación en el gasocentro se muestra en el plano S-01

## **CAPITULO 8**

### **EVALUACION ECONOMICA**

#### **8.1 Generalidades**

La determinación de los costos tiene por objeto determinar el valor de las inversiones y determinar la conveniencia de la inversión para lo cual se determinan el Valor Presente Neto, VPN y la relación Beneficio/Costo, B/C y la tasa interna de retorno TIR.

Se determinan los costos de inversión para la construcción del gasocentro así como sus costos de operación, considerando que la venta de combustible tiene que ser permanente y no puede parar, por lo que opera 24 h al día durante todos los días del año. De otro lado se determinan los ingresos cuyo principal componente es la venta de GLP, elaborándose el flujo de caja con el cual se determinan el VPN y la relación B/C.

#### **8.2 Costos de inversión**

Como la ampliación de los servicios requiere la instalación de nuevos equipos en el interior del área existente actual del servicentro, no es necesario adquirir nuevos terrenos por lo que no se considera la adquisición de terrenos.

La inversión se realiza en la adquisición y montaje del equipo electromecánico y construcción de obras civiles. En el gasocentro se almacena y opera GLP por lo que

se requiere invertir en la capacitación del personal en temas de manejo y seguridad de GLP. Presupuestamente estos costos se incluyen en los gastos generales.

### **8.2.1 Equipos e instalaciones**

Las inversiones en equipos corresponden a equipos del gasocentro, que se pueden subdividir en el tanque y su equipo asociado, como la bomba y sus válvulas, el equipo de recepción de GLP, que son válvulas y tuberías, y el equipo de despacho, formado por el dispensador, tuberías, mangueras y válvulas. En los equipos de seguridad se consideran las válvulas y detectores de fugas de gas. No se consideran otros equipos como extintores y similares porque estos ya existen debido a que también son obligatorios para las instalaciones de combustibles líquidos existentes.

Se incluyen las instalaciones eléctricas en la que se consideran los materiales y equipos destinados a instalaciones peligrosas. Se mantienen las instalaciones de iluminación de la isla cuatro por lo que no se consideran las inversiones correspondientes. Las inversiones se presentan en el metrado y presupuesto de la tabla 8.1.

#### **8.2.1.1 Mano de obra**

Para efectuar la construcción de la ampliación de las obras del gasocentro se requiere un equipo de instaladores de los equipos electromecánicos, los que deben trabajar durante 18 días calendarios de trabajo. Los detalles se muestran en la tabla 8.2.

#### **8.2.1.2 Gastos Generales**

Se considera el 15 % del costo total de la obra, excepto los equipos tales como el tanque, la bomba, los dispensadores y las obras civiles.

Tabla 8.1 Medrado y presupuesto. Equipos electromecánico.

Item	Descripción	Cant.	Unid.	Precio unitario US\$	Precio parcial US\$
1	Tanque soterrado de 5000 galones	1	uu	16000	16000
2	Electrobomba multietápica con motor a prueba de explosión de 5 HP	1	uu	4900	4900
3	Dispensador de dos mangueras con una pantalla digital por lado	1	uu	16400	16400
4	Válvula de seguridad $\Phi$ 2" REGO 7534G	1	uu	137	137
5	Tubería $\Phi$ 2" Cédula 40 más cobertor	1	uu	123	123
6	Válvula esférica de $\Phi$ 3/4"	4	uu	25,39	101,56
7	Termómetro FISHER modelo 3701	1	uu	20	20
8	Manómetro 0 -300 psig REGO 948B	2	uu	45	90
9	Válvula de drenaje $\Phi$ 1 1/4" REGO 7591U	1	uu	22	22
10	Válvula de nivel $\Phi$ 3/4" REGO A2803C	1	uu	90,49	90,49
11	Válvula de check $\Phi$ 1 1/4" REGO A3146	1	uu	81,00	81,00
12	Válvula de exceso de flujo $\Phi$ 3/4" REGO	1	uu	40,00	40,00
13	Válvula de exceso de flujo $\Phi$ 1 1/4" REGO	3	uu	48,00	144,00
14	Válvula esférica de $\Phi$ 1 1/4" APOLLO 600W06	6	uu	24,30	145,80
15	Válvula de alivio de 1 1/4"	5	uu	48	240,00
16	Válvula By Pass de 1 1/4"	1	uu	235,00	235,00
17	Conexión flexible $\Phi$ 1 1/4" de 350 psi DAYCO	2	uu	49,28	98,56
18	Válvula de llenado doble check $\Phi$ 1 1/4	1	uu	87,00	87,00
19	Válvula de llenado doble check $\Phi$ 3/4 (Vapor)	1	uu	55,00	55,00
20	Válvula de desconexión rápida 1 1/4 2147A10	1	uu	796,05	796,05
21	Válvula de desconexión rápida 3/4" A2141A6	1	uu	195,75	195,75
22	Conexión flexible $\Phi$ 1 1/4" de 350 psi	1	uu	49,28	49,28
23	Conexión flexible $\Phi$ 3/4" de 350 psi	1	uu	20,29	20,29
24	Válvula de cierre de emergencia $\Phi$ 1 1/4	1	uu	739,50	739,50
25	Válvula de bola APOLLO de $\Phi$ 3/4	6	uu	27,27	163,62
26	Otros		Est.		300,00

Tabla 8.1 Metrado y presupuesto. Equipos electromecánico.(Continuación)

Item	Descripción	Cant.	Unid.	Precio unitario US\$	Precio parcial US\$
27	Válvula de exceso de fluio 1 1/4"	1	uu	87	87
28	Válvula de exceso de fluio 3/4"	1	uu	55	55
29	Válvula esférica APOLLO 1 1/4"	1	uu	63,97	63,97
30	Válvula esférica APOLLO 3/4"	1	uu	25,39	25,39
31	Válvula Check 1 1/4	1	uu	116	116
32	Válvula Check 3/4	1	uu	105,02	105,02
33	Válvula de seguridad $\Phi$ 3/4"	2	uu	38,2	76,4
34	Manquera flexible 3/4	2	uu	20,29	40,58
35	Válvula de seguridad $\Phi$ 1/2	2	uu	30	60
36	Manguera flexible de 1/2"	2	uu	12,85	25,7
37	Tubería Cédula 80 $\Phi$ 1 1/4" x 6 m	10	uu	21,75	217,5
38	Tubería Cédula 40 $\Phi$ 3/4" x 6 m	10	uu	36,69	366,9
39	Esmalte epóxico color amarillo ocre x gln	1	gln	39	39
40	Pintura coaltar x gln	1	gin	39	39
41	Instalación de pozo de puesta a tierra	1	uu	250	250
42	Tablero general para gasocentro, incluye 2 contactores, 04 llaves térmicas, 02 relays, 02 pulsadores, voltímetros, amperímetros, estabilizador 1 kVA de estado sólido, cables, borneras, leds, dos pulsadores de	1	uu	750	750
43	Cable 8 mm2 de alimentador de la bomba, rollos de 400m	1	rollo	215	215
44	Rollos de cable apantalladospara sensores Mi	1	rollo	125	125
45	Rollos de cable apantalladospara para alimentar los alimentadores los dispensadores	1	rollo	125	125
46	Tubos de $\Phi$ 3/4"de 6 m de tubería conduit para alimentar zonas clasificadas.	5	uu	30	150
47	Sellos anti explosivos.	5	uu	25	125



Tabla 8.1 Medrado y presupuesto. Equipos electromecánico.(Continuación)

Item	Descripción	Cant.	Unid.	Precio unitario US\$	Precio parcial US\$
48	Tubos de $\Phi$ 3/4"de PVC pesado.	24	uu	2.16	51.84
49	Mangueras anti explosión marca Tecna x 15".	3	uu	88	264
50	Unión simple conduit universal de 3/4".	8	uu	17.75	142
51	Cajas de paso metálica	4	uu	7.02	28.08
52	Rollos de teflón	5	uu	1.45	7.25
53	Pasta levelton	3	uu	11	33
54	Gomalaca	3	uu	11	33
55	Central detectora Modelo c/8 con tres sondas detectoras modelo C/30 y una alarma FIDEGAS modelo AL1	1	uu	350	350
56	Instalación de protección catódica con ánodos de magnesio	1	uu	1450	1450
<b>Total Equipos</b>					<b>46692</b>

Tabla 8.2 Costo de mano de obra Construcción.

Mano de obra	Cantidad h	Unidad US\$/h	Total US\$
Ingeniero Supervisor	80	10	800
Técnico mecánico	150	3	450
Técnico electricista	224	2,5	560
Ayudante 1	224	2	448
Ayudante 2	144	2	288
Ayudante 3	144	1,5	216
<b>Total</b>		<b>US\$</b>	<b>2762</b>

### 8.2.1.3 Depreciación de equipos y herramientas.

En este rubro se considera la depreciación de las herramientas utilizadas en la construcción de las instalaciones electromecánicas. Como en este caso se utilizan

pocas herramientas y por tiempos muy cortos se estima una depreciación global de US\$ 600.

#### **8.2.1.4 Imprevistos**

Se considera el 10 % del costo del costo total de los equipos

#### **8.2.1.5 Inversión en equipos e instalaciones**

El resumen de los costos de inversión en maquinaria y equipo se presenta en la tabla 8.3

Tabla 8.3 Inversiones en equipos e instalaciones

<b>Descripción</b>	<b>US\$</b>
Equipos e instalaciones	46692
Mano de obra	2762
Depreciación de equipos y herramientas	600
Gastos Generales	1366
Imprevistos	4669
<b>Total</b>	<b>56089</b>

#### **8.2.2 Obras civiles**

Las obras civiles comprenden la construcción del tanque, que incluye las cimentaciones, muros y cerco de seguridad, la construcción de la recepción del GLP y el acondicionamiento de la isla de despacho cuatro, así como la canaleta de distribución de las tuberías de GLP. Los detalles se presentan el plano correspondientes. Los costos se presentan se manera global en la tabla de muros del detalle se presenta en el metrado y presupuesto de la tabla 8.4.

Tabla 8.4 Metrado y presupuesto de obras civiles

Item	Descripción	Cant.	Unid.	Precio unitario US\$	Precio parcial US\$
1	Muros y cimentaciones				9660
2	Instalaciones hidráulicas				3500
	<b>Total obras civiles</b>				<b>13160</b>

### 8.2.3 Inversión total

Tabla 8.5 Resumen de inversiones

INVERSIONES	US\$	US\$
<b>ACTIVOS FIJOS</b>		69249
Equipos e instalaciones	56089	
Obras civiles	13160	
<b>ACTIVOS INTANGIBLES</b>		3000
Gastos de organización y administración	1800	
Estudios	1200	
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>		10000
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	US\$	82249

## 8.3 Costo de operación

### 8.3.1 Precios de compra y venta de GLP

Los precios de los combustibles a nivel internacional son variables, pero a nivel local mantienen una relativa estabilidad, por lo que para efectos de cálculo se toman como referencia los precios actuales señalados en la tabla 8.6:

### 8.3.2 Mano de obra

El gasocentro suministra GLP en forma continua durante 24 horas por lo que su personal opera en tres turnos. Como a cada isla se asigna un despachador se tienen

tres despachadores. No se requiere de un administrador especial para el gasocentro pues estas funciones las realiza el mismo administrador del Servicentro actual. Tabla 8.7

Tabla 8.6 Precios de GLP

Precio compra gas GLP	S/.	3,72
Transporte	S/.	0,2
Costo total	S/.	3,92
	US\$	1,31
Precio de venta	S/.	5,8
	US\$	1,93

Tabla 8.7 Mano de obra

Despachadores			
Turno	7 a 15	S/mes	550
	15 a 23	S/mes	600
	23 a 7	S/mes	650
Mensual		S/mes	1800
		US\$/mes	600
<b>Anual</b>		<b>US\$/año</b>	<b>7200</b>

### 8.3.3 Consumo de energía

El consumo de energía del gasocentro esta limitado al consumo de energía de la bomba de GLP, de los equipos eléctricos de los dispensadores, y los sistemas de control.

La potencia de la bomba y los equipos de los dispensadores es de baja y su funcionamiento es intermitente por periodos de tiempo muy cortos. En este caso se toma como promedio un valor conservador de 24 segundos. Los dispositivos electrónicos de control tienen un consumo de energía poco significativo. La iluminación se considera un gasto general de todo el Servicentro. Por este motivo el

costo anual de energía del gasocentro es poco significativo. En la tabla 8.8 se presenta el consumo de la bomba.

Tabla 8.8 Consumo de energía

<b>ENERGIA</b>		
Potencia promedio bomba	hp	5
	kW	3,9
Tiempo de llenado/carro	min	0,40
Consumo/llenado	kWh	0,026
Llenados por año	uu	54750
Energía	kWh	1424
Perdidas( 10 %)	kWh	142
Total energía	kWh	1566
Costo energía	US\$/kWh	0,03
<b>Costo anual</b>	<b>US\$</b>	<b>47</b>

#### **8.3.4 Gastos generales**

En este rubro se consideran los gastos por servicio comunes compartidos por la zona del gasocentro y la zona de combustibles líquidos, tales como administración, contabilidad, mantenimiento de edificaciones e instalaciones: limpieza, seguridad, señalización, seguridad y otras.

#### **8.3.5 Costo de operación**

El costo total de operación se muestra en la tabla 8.9

Tabla 8.9 Resumen de costos de operación anual

	<b>US\$</b>	<b>US\$</b>
Compra de GLP	352800	
Energía	47	
<b>Subtotal</b>		<b>352847</b>
Mano de obra	7200	
Gastos generales	3600	
<b>Subtotal</b>		<b>10800</b>
<b>TOTAL</b>		<b>363647</b>

#### 8.4 Ingresos

Los ingresos se obtienen por la venta de GLP como se muestra en la tabla 8.10

Tabla 8.10 Ingresos por venta de GLP

Precio de venta	US\$/gln	1.93
<b>Volumen anual de GLP</b>	<b>gln</b>	<b>270000</b>
<b>Ingreso anual</b>	<b>US\$</b>	<b>522000</b>

#### 8.5 Evaluación económica y financiera

##### 8.5.1 Estructura de la inversión, condiciones del crédito y servicio de la deuda

Para ejecutar el proyecto se requiere de una inversión de US\$ de 82249. Para realizarla se requiere de un crédito de una empresa financiera que otorgue un crédito con una relación deuda/capital de 60/40 %. Esto corresponde a una inversión propia de US\$ 32885 y un préstamo de US\$ 49364, que se distribuyen como se muestra en la tabla 8.11.

Tabla 8.11 Estructura de la inversión y su financiamiento

<b>Concepto</b>	<b>Empresa financiera US\$</b>	<b>Aporte propio US\$</b>	<b>Total US\$</b>
Activos tangibles	49364	19885	69249
Activos intangibles	0	3000	3000
Capital de trabajo	0	10000	10000
<b>FINANCIAMIENTO US\$</b>	<b>49364</b>	<b>32885</b>	<b>82249</b>
Deuda - Capital (%)	60	40	100

Para las condiciones del crédito se asumen las condiciones usuales para créditos de corto plazo otorgados por la banca privada. Se considera un crédito de cuatro años con pagos a trimestre vencido otorgado en las siguientes condiciones.

Tabla 8.12 Condiciones del crédito

Préstamo	US\$	49364
Tasa de interés efectivo	%	12
Plazo de pago	años	4
Pagos por año	uu	4
Total periodos de pagos	uu	16
Periodos de gracia	años	4
Periodos de amortización	uu	12
Tipo de amortización		Cuotas iguales
Tipo de documento		Letras

El servicio del pago de la deuda, incluyendo la amortización y los intereses que se deben pagar trimestralmente se presentan en la tabla 8.13 y el consolidado anual se da en la tabla 8.14.

Tabla 8.13 Cuadro de amortizaciones

Periodo	Préstamo	Intereses	Amortiz.	Cuotas
1	49364	1481	0	1481
2	49364	1481	0	1481
3	49364	1481	0	1481
4	49364	1481	0	1481
Subtotal 1		5924		5924
5	49364	1481	3478	4959
6	45885	1377	3583	4959
7	42303	1269	3690	4959
8	38613	1158	3801	4959
9	34812	1044	3915	4959
10	30897	927	4032	4959
11	26865	806	4153	4959
12	22712	681	4278	4959
13	18434	553	4406	4959
14	14028	421	4538	4959
15	9489	285	4675	4959
16	4815	144	4815	4959
Subtotal 2		10146	49364	59510

Tabla 8.14 Consolidado de la deuda

Año	Préstamo	Intereses	Amortización	Cuota
1	49364	5924	0	5924
2	49364	5285	14552	19837
3	34812	3459	16378	19837
4	18434	1403	18434	19837

### 8.5.2 Depreciación

Se considera una depreciación lineal. Para la maquinaria y equipo se considera un valor residual cero a las tasas de depreciación que resultan de los siguientes periodos.

Tabla 8.15 Periodos de depreciación

Concepto	años
Obras civiles	33
Maquinaria y equipo	10
Muebles y enseres	5
Activos intangibles	2

### 8.5.3 Flujos de caja económico y financiero

Los flujos de caja económico y financiero se muestran en la tabla 8.16 para un periodo de 10 años.

Con referencia a los ingresos por ventas de GLP, por tratarse de un combustible que tiene una demanda consolidada debido a que su precio es menor a las gasolinas y diesel por lo que la curva de aprendizaje muy corta, donde las ventas crecen del 60% al 100% en los tres primeros años.







#### 8.5.4 Valor presente neto y relación Beneficio/Costo

Estos indicadores se determinan con la tasa de interés del 12 % con los resultados siguientes:

Tabla 8.16 Indicadores Económicos y Financieros

INDICADORES ECONOMICOS		
Interés anual	%	12
VPN ECONOMICO	US\$	695608
B/C ECONOMICO		1,35
TIR ECONOMICO	%	127,2

INDICADORES FINANCIEROS		
Interés anual	%	12
VPN FINANCIERO	US\$	647799
B/C FINANCIERO		1,32
TIR FINANCIERO	%	115,2

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1 La principal dificultad de este tipo de proyectos es el cumplimiento de las estrictas normas de seguridad, especialmente de la NFPA.
- 2 Se puede compatibilizar el uso de servicentro de combustibles líquidos, como gasolinas y petróleo Diesel con gasocentros con relativa facilidad.
- 3 Uno de los principales problemas en la ampliación de servicentros a gasocentros es la obligatoriedad de mantener vías de circulación independientes de vehículos que utilizan combustibles líquidos y de vehículos que utilizan GLP. El cumplimiento de este requisito es decisivo para la ubicación de las islas de despacho de GLP.
- 4 Dentro de los equipos utilizados en la construcción del gasocentro, el tanque es uno de los equipos más importantes que es de fabricación nacional y representa aproximadamente el 25 % del costo total.
- 5 Las evaluaciones económicas y financieras demuestran con una inversión de US\$ 82 249, el VPN económico después de 10 años, con un interés de 12 % anual es de US\$ 695 608 con una relación B/C de 1,35 y una TIRE de 127,2 %. Los indicadores financieros a la tasa del 12 % tiene un VPN financiero de 647 799 y una relación B/C de 1,32 y una TIRF de 115,2. El VPN y el TIR son muy atractivos mientras que la relación B/C parecería indicar lo contrario. Esto se debe a que tanto los ingresos por venta de GLP y los costos de compra son altos comparados con la inversión, Tabla 8.17. Otro aspecto que contribuye a estos resultados es que el capital de trabajo es relativamente bajo, comparado con la inversión y los

costos anuales de compra de GLP. Esto se debe a que el GLP es un producto de alta rotación ya que el volumen del tanque se repone cada cuatro días con una inversión de sólo US\$ 3 920 y todas las ventas al contado genera ingresos brutos anuales de US\$ 522 000. Se observa que los indicadores económicos y financieros tienen valores muy cercanos entre sí. Esto se debe a que la inversión resulta menor que los flujos netos económicos y financieros, lo que hace que los pagos por el servicio de la deuda resulten poco significativos. Tomando como referencia el segundo año se tiene un flujo neto financiero de US\$ 97 248 y un monto por pago de servicio de la deuda de solo US\$ 19 837. Esto hace que la rentabilidad del proyecto sea poco afectada por una variación de la tasa de interés. Con estas consideraciones se concluye que el proyecto es muy atractivo.

- 6 Se recomienda difundir la implantación de gasocentros de GLP vehicular, porque tienen una doble ventaja, para el inversionista tienen la ventaja de su alta rentabilidad, para el usuario de los vehículos tienen la ventaja de ser un combustible de menor costo que la gasolina. Y adicionalmente se tienen ventajas ambientales porque son menos contaminantes que el Diesel y la gasolina.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 VALLE RAMIREZ WILLYMAN. Informe de Ingeniería “Proyecto de una planta envasadora de gas licuado de petróleo para 10000 galones” FIM UNI. Lima, Perú 2002.
- 2 VARGAS ALVA MIGUEL ANGEL. Informe de Ingeniería “Conversión de vehículos gasolineros a un sistema dual gasolina-GLP” FIM UNI. Lima, Perú. 2002.
- 3 ZANELLY REYES WALTER. Informe de Suficiencia. “Uso de GLP y GNC como combustibles alternativos para el parque automotor de Lima metropolitana. FIM UNI Lima, Perú 2003.
- 4 SQUIB TAYLOR. LP-Gas Equipmen. Catalog LP- 01.
- 5 PETROLMECCANICA. Gas dispenser.
- 6 REGO Catalogo L 102 – SV. Equipo de Gas LP y Amoniaco Anhidro.1990
- 7 ANTHONY J. TARQUIN. “Ingeniería Económica” Editorial Mc Graw Hill/ Interamericana de México S.A. Tercera Edición. México.1996
- 8 ASME. “2001 ASME Boiler Presure Vessel Code. 2001”
- 9 ALVA DAVILA, FORTUNATO. “ Diseño de elementos de máquinas II”. Pool Producciones SRL. Primera edición. Lima Perú. 2004.
- 10 ZAVALETA CALDERON, JORGE. “Diseño mecánico” Talleres Gráficos Santa Ursula. Primera Edición. Lima, Perú. 1984.
- 11 TRIGO VILLACA, FELICIANO. Informe de Suficiencia. “Diseño de un sistema de protección catódica para un tanque clarificador de salmuera de 2064 m<sup>3</sup> FIM UNI Lima, Perú 2003.

## **ANEXO 1**

### **TUBERIAS, VALVULAS Y ACCESORIOS**

## **ANEXO 2**

### **DISPENSADORES Y BOMBAS**



**Anexo 3****POTENCIAL STANDAR**Potencial de referencia referidos a electrones de H<sub>2</sub> a 25 °C

Serie Electroquímica

Elemento	V
Li	-0,302
K	-2,927
Rb	-2,924
Na	-2,715
Mg	-1,866
Al	-1,670
Zn	-0,762
Cr	-0,710
Fe	-0,440
Cd	-0,397
Ti	-0,336
Co	-0,290
Ni	-0,220
Sn	-0,136
Pb	-0,129
H	0,000
Bi	0,226
Cu	0,344
Hg	0,798
Ag	0,799
Pt	1,200
Au	1,420

**UNIVERSIDAD:** UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.

**FACULTAD:** INGENIERIA MECANICA

**ESPECIALIDAD:** INGENIERIA MECANICA

**NOMBRE DEL AUTOR:** CARLOS NOLBERTO MACINES ROMERO

**TITULO DE LA TESIS:** ESTUDIO DE AMPLIACION DE UN SERVICENTRO CON UN GASOCENTRO DE GLP PARA USO AUTOMOTRIZ DE 5 000 GALONES DE CAPACIDAD

**RESUMEN DE LA TESIS:**

La presente tesis de competencia profesional tiene por objeto contribuir al uso del GLP como un combustible que mejora la economía de sus usuarios, debido a sus menores costos, y además reduce la contaminación ambiental. En estos aspectos complementa el uso del gas natural en los lugares donde éste llegará en el mediano y largo plazo.

En el estudio se plantea el problema como la modificación de las instalaciones existentes de un servicentro, que suministra gasolinas y petróleo Diesel 2, para que pueda suministrar también GLP. Se describen las instalaciones actuales del servicentro destinadas al almacenamiento y despacho de gasolina, Diesel y kerosene. Para el estudio, se toman en consideración los Reglamentos y Normas Técnicas que se deben cumplir en el diseño y construcción de los gasocentros.

Se efectúa la distribución de los componentes del gasocentro en las instalaciones actuales del servicentro de modo que se cumplan las normas y reglamentos. Se diseña el tanque y sus instalaciones; indicándose las pruebas y ensayos no destructivos que se deben realizar. También, se consideran las instalaciones complementarias como las obras civiles y la protección catódica. Se seleccionan los elementos auxiliares de abastecimiento y despacho, la protección catódica, y las características de sus instalaciones. Se efectúa la evaluación económica y financiera, para lo cual se presentan los costos de inversión en equipos e instalaciones y se determinan los indicadores económicos y financieros del proyecto.

Al finalizar el estudio se llegan a las siguientes conclusiones principales:

- 1 La principal dificultad de este tipo de proyectos es el cumplimiento de las estrictas normas de seguridad, especialmente de la NFPA.
- 2 Se puede compatibilizar el uso de servicentro de combustibles líquidos, como gasolinas y petróleo Diesel con gasocentros con relativa facilidad.
- 3 Uno de los principales problemas en la ampliación de servicentros a gasocentros es la obligatoriedad de mantener vías de circulación independientes de vehículos que utilizan combustibles líquidos y de vehículos que utilizan GLP. El cumplimiento de este requisito es decisivo para la ubicación de las islas de despacho de GLP.
- 4 Dentro de los equipos utilizados en la construcción del gasocentro, el tanque es uno de los equipos más importantes que es de fabricación nacional y representa aproximadamente el 25 % del costo total.
- 5 Las evaluaciones económicas y financieras demuestran con una inversión de US\$ 82 249, el VPN económico después de 10 años, con un interés de 12 % anual es de US\$ 695 608 con una relación B/C de 1,35 y una TIRE de 127,2 %. Los indicadores financieros a la tasa del 12 % tiene un VPN financiero de 647 799 y una relación B/C de 1,32 y una TIRF de 115,2. El VPN y el TIR son muy atractivos mientras que la relación B/C parecería indicar lo contrario. Esto se debe a que tanto los ingresos por venta de GLP y los costos de compra son altos comparados con la inversión, Tabla 8.17. Otro aspecto que contribuye a estos resultados es que el capital de trabajo es relativamente bajo, comparado con la inversión y los costos anuales de compra de GLP. Esto se debe a que el GLP es un producto de alta rotación ya que el volumen del tanque se repone cada cuatro días con una inversión de sólo US\$ 3 920 y todas las ventas al contado generan ingresos brutos anuales de US\$ 522 000. Se observa que los indicadores económicos y financieros tienen valores muy cercanos entre sí. Esto se debe a que la inversión resulta menor que los flujos netos económicos y financieros, lo que hace que los pagos por el servicio de la deuda resulten poco significativos.