

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



“ESTUDIO Y DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE UN GRIFO A ESTACIÓN DE SERVICIO CON GASOCENTRO DE GLP DE USO VEHICULAR DE 3200 GALONES DE CAPACIDAD”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA

AUTORES:

- Bach. Jamanca Echevarria, John Yener
- Bach. Meregildo Marines, George Aníbal

ASESOR:

- Ms. Guevara Chinchayán, Robert

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2017

DEDICATORIA

A Dios

Por su apoyo infinito, por ser el guía de nuestros pasos y sabio consejero.

A nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional y su confianza,
quienes tienen la fe y esperanza de un futuro mejor para nosotros.

A nuestros hermanos y hermanas por el apoyo brindado a lo largo de nuestras
vidas, rogamos a Dios que sea guía de sus pasos.

A nuestros colegas, amigos de estudio y amigos que conocimos en la etapa
laboral por alimentar nuestras experiencias y conocimientos que se plasman
hoy en este informe.

A los docentes de la Universidad Nacional del Santa por las enseñanzas.

Los autores

RECONOCIMIENTO

Al Ms. Guevara Chinchayan Robert
por el apoyo desinteresado
en nuestra enseñanza durante
nuestra vida universitaria.

Los autores

PRESENTACION

Señores miembros del jurado:

Cumpliendo con los artículos del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa.

Ponemos a vuestra disposición, el presente Trabajo de Investigación
Titulado:

“ESTUDIO Y DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE UN GRIFO A ESTACIÓN DE SERVICIO CON GASOCENTRO DE GLP DE USO VEHICULAR DE 3200 GALONES DE CAPACIDAD”

Con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero en Energía.

Nuevo Chimbote, 18 de abril de 2017.

Meregildo Marines, George Aníbal
BACH. INGENIERÍA EN ENERGÍA

Jamanca Echevarria, John Yener
BACH. INGENIERÍA EN ENERGÍA

RESUMEN

El presente informe esta basado en el estudio y diseño de ampliación de un grifo a estación de servicio de GLP de uso vehicular, cuyo componente principal y corazón del proyecto es el tanque de almacenamiento de GLP, diseño cuyo dimensionamiento se obtiene según la demanda diaria de los vehículos que usan este combustible, para el cálculo de su diámetro, longitud y espesor, siendo su base metodológica el cumplimiento del Reglamento de establecimientos de gas licuado de petróleo (GLP) para uso automotor – Gasocentros “, Decreto Supremo N° 019 – 97 EM que reglamenta la ley N° 26221 “Ley Orgánica de Hidrocarburos” y el ASME, sección VIII, división 1 “Diseño, Construcción e Inspección de Tanques y Recipientes de Presión.

En el presente trabajo se establece la relación de dos variables que son la demanda diaria de GLP automotor y el dimensionamiento del tanque de GLP a instalar en la ampliación del Grifo Peter Edén S.A.C. a estación de servicio con Gasocentro de GLP.

Después de precisar los alcances del trabajo se describe brevemente el sistema de análisis realizados en este proyecto. En parte central del trabajo, se explica el procedimiento realizado para la identificación de los componentes principales del Gasocentro, adicionalmente las normativas que se tienen que cumplir ante el ente fiscalizador Osinergmin. También se explica el procedimiento para el cálculo del dimensionamiento del tanque, considerando las instalaciones complementarias como las obras civiles y la protección catódica y se elabora los planos de ubicación del tanque de GLP, de los equipos y tuberías, sin modificar las instalaciones existentes.

ABSTRACT

The present report is based on the study and design of the expansion of a faucet to GLP service station for vehicular use, whose main component and heart of the project is the GLP storage tank, whose design is obtained according to the daily demand of the vehicles that use this fuel, for the calculation of its diameter, length and thickness, being its methodological base the fulfillment of the Regulation of establishments of liquefied petroleum gas (GLP) for automotive use – Gas center ", Supreme Decree N° 019 - 97 EM Which regulates Law No. 26221 "Organic Hydrocarbons Law" and ASME, Section VIII, Division 1 "Design, Construction and Inspection of Tanks and Pressure Vessels.

The present work establishes the relation of two variables that are the daily demand of automotive GLP and the sizing of the GLP tank to install in the enlargement of the Grifo Peter Edén S.A.C. to Gas Center GLP service station.

After specifying the scope of work, the analysis system performed in this project is briefly described. In the central part of the work, the procedure performed for the identification of the main components of Gas center is explained, in addition to the regulations that must be complied with by the Osinergmin inspection body. The procedure for calculating the tank size is also explained, considering the complementary installations such as civil works and cathodic protection and the plans for the location of the GLP tank, equipment and pipelines, without modifying existing installations.

INDICE

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad Problemática	2
1.2. Antecedentes	2
1.3. Formulación del Problema	3
1.4. Justificación	4
1.5. Hipótesis	4
1.6. Objetivos	5
1.6.1. Objetivo General	5
1.6.2. Objetivos Específicos	5
1.7. Lugar donde se realizo	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Términos	7
2.2 Estudio de instalaciones de un gasocentro de GLP para uso automotor	9
2.2.1 Componentes principales de un gasocentro	9
2.2.2 Estudio de instalaciones mecánicas	12
CAPITULO III: MATERIALES Y METODO	28
3.1. Materiales	29
3.2. Metodología de la investigación	29
CAPITULO IV: CÁLCULOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	31
4.1. Diseño de la distribución de componentes e instalaciones	32
4.1.1 Objetivo	32
4.1.2 Distribución de componentes	32
4.1.3 Distribución de otros equipos e instalaciones	37

4.2. Diseño del tanque y sus instalaciones	38
4.3. Resultados	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	74
ANEXOS	76

FIGURAS

Pág.

Figura N° 1: Disposición típica de los equipos principales de un Gasocentro.	10
Figura N° 2: Ubicación de tanques a) En superficie. b) Monticulado. c) Soterrado..	14
Figura N° 3: Disposición típica de los accesorios en las conexiones de salida de tanques soterrados.	16
Figura N° 4: Instalación típica de punto de abastecimiento de GLP	18
Figura N° 5: Flujograma de investigación	30
Figura N° 6: Geometría del tanque	41
Figura N° 7: Geometría del segmento circular del volumen residual	43
Figura N° 8: Esfuerzos en el tanque	51
Figura N° 9: Instalación de ánodos de sacrificio	64

TABLAS

Pág.

Tabla N° 1: Demanda mensual de GLP automotriz en Perú de los gasocentros según departamento 2017 en barriles/día	9
Tabla N° 2: Distancias mínimas de tanques a otros equipos e instalaciones	14
Tabla N° 3: Distancias mínimas del punto de carga a otros equipos e instalaciones	20
Tabla N° 4: Distancias mínimas del dispensador a otros equipos e instalaciones	21
Tabla N° 5: Instalación de tuberías.....	23
Tabla N° 6: Presiones en tanques de almacenamiento de GLP	39
Tabla N° 7: Dimensiones del tanque. Diámetro y longitud variables	47
Tabla N° 8: Dimensiones del tanque. Diámetro de 2,4 m y longitud variable	48
Tabla N° 9: Dimensiones del tanque. Diámetro de 2,5 m y longitud variable	48
Tabla N° 10: Dimensiones del tanque Diámetro de 2,5m longitud de 4,560 a 4,565 m	49
Tabla N° 11: Resultados para los ánodos de 17 Lb	62
Tabla N° 12: Tanques de combustibles actuales	65
Tabla N° 13: Distribución de islas y máquinas de despacho antes de la ampliación.....	65
Tabla N° 14: Tanques de combustibles actuales	66
Tabla N° 15: Distribución de islas y máquinas de despacho luego de la ampliación	66
Tabla N° 16: Cuadro de cargas eléctricas.	68

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMATICA

En el Perú ya se cuenta con gas natural comprimido; sin embargo, la expansión de este combustible no cubre todo el país haciendo que su cobertura tarde un tiempo relativamente largo; por otro lado, son muchas las zonas del país donde inevitablemente no llega los ductos de gas natural; asimismo, por razones técnicas no todos los vehículos se pueden convertir al sistema de GNV, solo consiguen hacerlo aquellos que pueden alcanzar una relación de compresión mayor o igual a 8. En el caso de los que se pueden convertir, su reemplazo no es inmediato. Ante esta situación surge la necesidad de ampliar los grifos a estación de servicio con Gasocentro de GLP de uso vehicular.

1.2. ANTECEDENTES

GUEVARA GRANJA, Alejandro y VINUEZA JÁTIVA, Juan (2005) en su proyecto para optar el título de Ingeniero mecánico en la Escuela Politécnica del Ejército de Sangolquí – Ecuador, concluyen en lo siguiente:

Se diseñaron las esferas de almacenamiento necesarias para 16 000 toneladas metricas de gas licuado de petroleo y las lineas de transporte de fluidos necesarias en el proceso de almacenamiento de GLP.

Se elaboraron los planos del diseño mecanico tanto de las esferas de almacenamiento como de lasmlineas de tuberias, cumpliendo con diferentes normas como son las NFPA 58, ASME sección VIII división 2, ASME B31.3 y otras normas a las que estas hacen referencia.

MACINES ROMERO, Carlos (2009) en su proyecto para optar el título de Ingeniero mecánico de la Universidad Nacional de Ingeniería, concluye lo siguiente: La principal dificultad de este tipo de proyectos es el cumplimiento de las estrictas normas de seguridad, especialmente de la NFPA. 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. 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.

FERNANDEZ PORTILLA, HUGO (2011) en su proyecto para optar el título de Ingeniero mecánico de la Universidad Nacional de Ingeniería, concluye lo siguiente: Sobre la cantidad de automóviles atendidos por día, en el establecimiento en estudio, se concluye que la demanda de GNV será mayor que la demanda de GLP (razón de 3,3 a 1) y por tanto se instalarán dos islas de servicio de GNV y una isla de servicio de GLP. En la cabeza inferior del tanque de GLP, el factor de seguridad por fatiga es igual a 3.41, y en el casco del tanque el factor de seguridad por fatiga es 3,56 y al ser menores que los factores de seguridad por fluencia que son iguales a 4,11 para la cabeza del tanque y a 4,31 para el casco del tanque, la falla más probable es por fatiga. Siendo el factor de fatiga mayor que 1, el tanque soterrado de GLP de un gasocentro no se diseña por fatiga.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles serían las dimensiones adecuadas del tanque de GLP de 3200 galones de capacidad a instalar en la ampliación del Grifo Peter Eden S.A.C. a estación de servicio con Gasocentro de GLP y como deberían distribuirse las nuevas instalaciones?

1.4. JUSTIFICACIÓN

La provincia de Lambayeque es uno de los principales consumidores de GLP, actualmente el consumo de GLP vehicular se ha incrementado debido al ingreso de nuevos vehículos en el parque automotor que consumen este combustible y la conversión de antiguos vehículo a este, es por eso la necesidad de aquellos grifos que se encuentran operando únicamente expendiendo combustibles líquidos como gasoholes y diésel B5, y también los nuevos proyectos de instalación de estaciones de servicio, contemplen la necesidad de expender el GLP en sus instalaciones para abarcar la demanda que ya se encuentra en el mercado y como consecuencia incrementar sus ventas y utilidades.

También los grifos que están ampliando sus estaciones de servicio con Gasocentro de GLP de uso vehicular tienen como problema ubicar los equipos e instalaciones requeridas para el suministro de gas, 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. Ante los diversos problemas señalados líneas arriba toma razón de ser nuestra investigación, que presenta un estudio y diseño de ampliación de un grifo a estación de servicio con Gasocentro de GLP de uso vehicular de 3200 galones de capacidad.

1.5. HIPOTESIS

Las dimensiones adecuadas del tanque horizontal de GLP de 3200 galones de capacidad a instalar en la ampliación del Grifo Peter Eden S.A.C. deberán ser de 2.6 metros de diámetro y 4.2 metros de longitud, además las nuevas instalaciones deberán distribuirse cumpliendo la normativa técnica y de seguridad indicadas en los D.S. 019-97-EM.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio y diseño de ampliación de un Grifo a estación de servicio con Gasocentro de GLP de uso vehicular de 3200 galones de capacidad.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Dimensionar el tanque de GLP a fin que pueda abastecer la demanda diaria de GLP.
- Diseñar la estación con el tanque de GLP, tuberías y dispensador para el expendio de GLP, sin afectar las instalaciones existentes.
- Cumplir la normativa técnica y de seguridad aplicable a las estaciones de servicio con Gasocentro de GLP de uso vehicular.
- Elaborar los planos conforme a obra de las instalaciones del GLP culminadas.

1.7. LUGAR DONDE SE REALIZO

El trabajo se desarrolló en las instalaciones del Grifo de razón social Peter Eden S.A.C.

Ubicación: Parte de la sexta parcela tramo Mochumí Túcume

Departamento: Lambayeque.

Provincia: Lambayeque.

Distrito: Mochumí.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 TÉRMINOS

- ESTACIÓN DE SERVICIOS

Establecimiento de Venta al Público de Combustibles Líquidos a través de surtidores y/o dispensadores exclusivamente; y que además ofrecen otros servicios en instalaciones adecuadas, tales como:

- a) Lavado y engrase.
 - b) Cambio de Aceite y Filtros.
 - c) Venta de llantas, lubricantes, aditivos, baterías, accesorios y demás artículos afines.
 - d) Cambio, reparación, alineamiento y balanceo de llantas.
 - e) Trabajos de mantenimiento automotor.
 - f) Venta de artículos propios de un Minimercado.
 - g) Venta de GLP para uso doméstico en cilindros, cumpliendo con los requisitos establecidos en el presente Reglamento y el Reglamento específico; quedando prohibido el llenado de cilindros de GLP para uso doméstico.
 - h) Venta de GLP para uso automotor, sujetándose al Reglamento específico.
 - i) Venta de kerosene, sujetándose a las disposiciones legales sobre la materia.
 - j) Cualquier otra actividad comercial ligada a la prestación de servicios al público en sus instalaciones, sin que interfiera con su normal funcionamiento ni afecte la seguridad del establecimiento.
- (DECRETO SUPREMO N° 032-2002-EM, Glosarios, siglas y abreviaturas.)

- **GLP**

Hidrocarburo que, a condición normal de presión y temperatura, se encuentra en estado gaseoso, pero a temperatura normal y moderadamente alta presión es licuable. Usualmente está compuesto de propano, butano, polipropileno y butileno o mezcla de los mismos. En determinados porcentajes forman una mezcla explosiva. Se le almacena en estado líquido, en recipientes a presión. (DECRETO SUPREMO N° 032-2002-EM, Glosarios, siglas y abreviaturas.)

El término GLP es usado para referirnos a la mezcla de hidrocarburos compuesto fundamentalmente por 56% de propano y propileno y 44% de butano y butileno. Hay que tener en cuenta que su composición puede variar ligeramente dependiendo de su lugar de procedencia.

Las características principales de este producto a comercializar son: Más pesado que el aire; No es tóxico ni venenoso; es inodoro e incoloro, por lo que para facilitar su detección se le agrega un odorizante que puede ser Mercaptano o Tetrahidrotiofeno; es altamente inflamable en mezclas con aire de 2-10%; es gaseoso en condiciones ambientales, pero se licua con facilidad al incrementarse la presión; su combustión es completa y no deja residuos. (DIAZ GRATTELLY, Lima 2009)

Cuando la temperatura se modifica en aumento, ocurre en los recipientes que, una cantidad de GLP líquido calentado pasará a la fase gaseosa (vaporización), rompiendo el equilibrio existente y aumentando su presión interior, hasta que se restablezca un nuevo equilibrio entre fases con un contenido menor de fase líquida. Si ese aumento de presión temperatura resultó incontrolable, por ejemplo por la acción de fuegos alrededor de tanques, se emplea accesorios como válvulas de seguridad para mantener la presión dentro de los límites de operación.

Cuando el GLP líquido entra en contacto con el ambiente, se transforma en vapor aumentando su volumen en más de 200 veces dependiendo de la mezcla propano - butano. (Guevara Y Vinueza, Sangolqui 2005)

Tabla N° 1: demanda mensual de GLP automotriz en Perú de los gasocentros según departamento 2017 en barriles/día

DEPARTAMENTO	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
AMAZONAS	3.2	2.4	3.3									
ANCASH	807.7	992.6	729.0									
APURIMAC	2.6	6.1	2.3									
AREQUIPA	644.6	699.5	674.3									
AYACUCHO	21.6	56.0	39.8									
CAJAMARCA	32.2	39.5	49.5									
CUSCO	6.2	6.8	5.2									
HUANCAVELICA	3.7	4.1										
HUANUCO	668.1	887.5	706.0									
ICA	696.1	850.7	836.0									
JUNIN	1,202.9	1,461.5	1,332.7									
LA LIBERTAD	1,425.0	1,497.4	1,712.5									
LAMBAYEQUE	1,170.8	911.1	1,003.7									
LIMA	7,056.2	7,726.4	8,253.3									
MOQUEGUA	40.4	35.5	64.2									
PASCO	34.5	31.0	19.6									
PIURA	366.9	370.2	260.7									
PUNO	1.9	4.3	1.8									
SAN MARTIN	83.5	81.5	60.0									
TACNA	155.2	172.7	167.6									
TUMBES	54.5	64.9	54.9									
UCAYALI	49.8	63.8	54.2									
TOTAL	14,528	15,966	16,031	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total(MBDC)	14.53	15.97	16.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: OSINERGMIN, División de supervisión regional (2017) - PERÚ

2.2. ESTUDIO DE INSTALACIONES DE UN GASOCENTRO DE GLP PARA USO AUTOMOTOR

2.2.1 COMPONENTES PRINCIPALES DE UN GASOCENTRO

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.

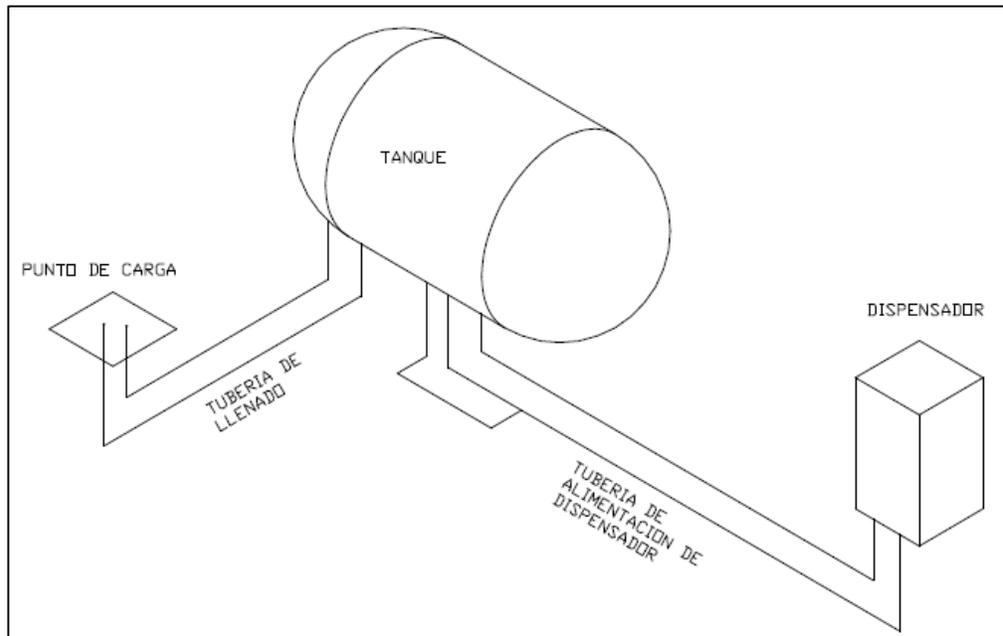


Figura N° 1: Disposición típica de los equipos principales de un Gasocentro.

Fuente: Macines Romero, Lima 2009

El reglamento más importante, por su relación directa con Gasocentros es el “Reglamento de establecimientos de gas licuado de petróleo (GLP) para uso automotor – Gasocentros “, Decreto Supremo N° 019 – 97 EM que reglamenta la ley N° 26221 “Ley Orgánica de Hidrocarburos”. 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 OSINERGMIN.

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

- **DE INSTALACIONES MECÁNICAS**

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

Tanque de almacenamiento:

API 65; 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)

- **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.

- **DE SEGURIDAD**

Las normas de seguridad relevantes que se deben aplicar son:

Seguridad contra incendio : NFPA 70.

Señalización : NTP 399.010; NTP 399.015.

2.2.2 ESTUDIO DE INSTALACIONES MECÁNICAS

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.

CAPACIDAD

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

- 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.
- 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.
- Volumen líquido, que es el volumen de agua que llena totalmente el tanque.

Para el caso de tanques de GLP de Gasocentros el volumen líquido del tanque será como **mínimo de 5 m3** y como **máximo de 40 m3**.

MATERIAL

Los tanques se construyen de acero al carbono, a partir de planchas. El espesor de las planchas dependerá de las dimensiones del tanque y serán especificados en los cálculos realizados.

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.

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.

INSTALACIÓN

Los tanques se pueden instalar de varias formas:

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

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.

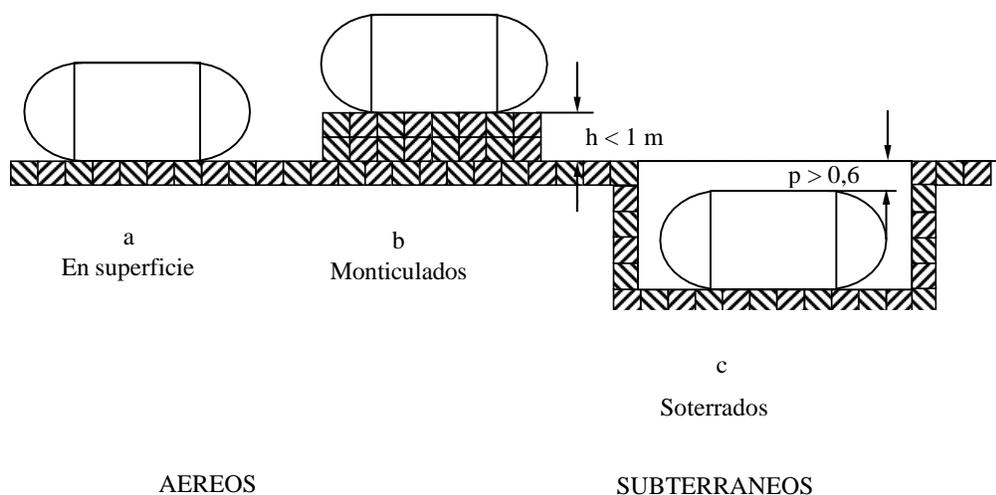


Figura N° 2: Ubicación de tanques a) En superficie. b) Monticulado. c) Soterrado

Fuente: Macines Romero, Lima 2009

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 N° 2: Distancias mínimas de tanques a otros equipos e instalaciones

Capacidad de agua del tanque de GLP (m ³)	Distancia mínima (m)			
	Al límite de la propiedad		Entre 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

Fuente: Macines Romero, Lima 2009

b) Distancia del tanque al punto de carga: La distancia entre el punto de carga, de recepción de GLP del gasocentro, al límite 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.

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.

PROTECCIÓN ANTICORROSIVA Y CATÓDICA

Los tanques enterrados o soterrados 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.

ACCESORIOS

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

- Instrumentos: Medidor de nivel con indicador local y Termómetro, ubicado en el nivel mínimo de líquido; Manómetro calibrado con conexión a la fase de vapor con un rango de 0 a 2,07 MPa (300 psi) como mínimo.

- Válvulas: Válvulas check en las conexiones de entrada al tanquel,

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), Válvula de seguridad del tanque y 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.

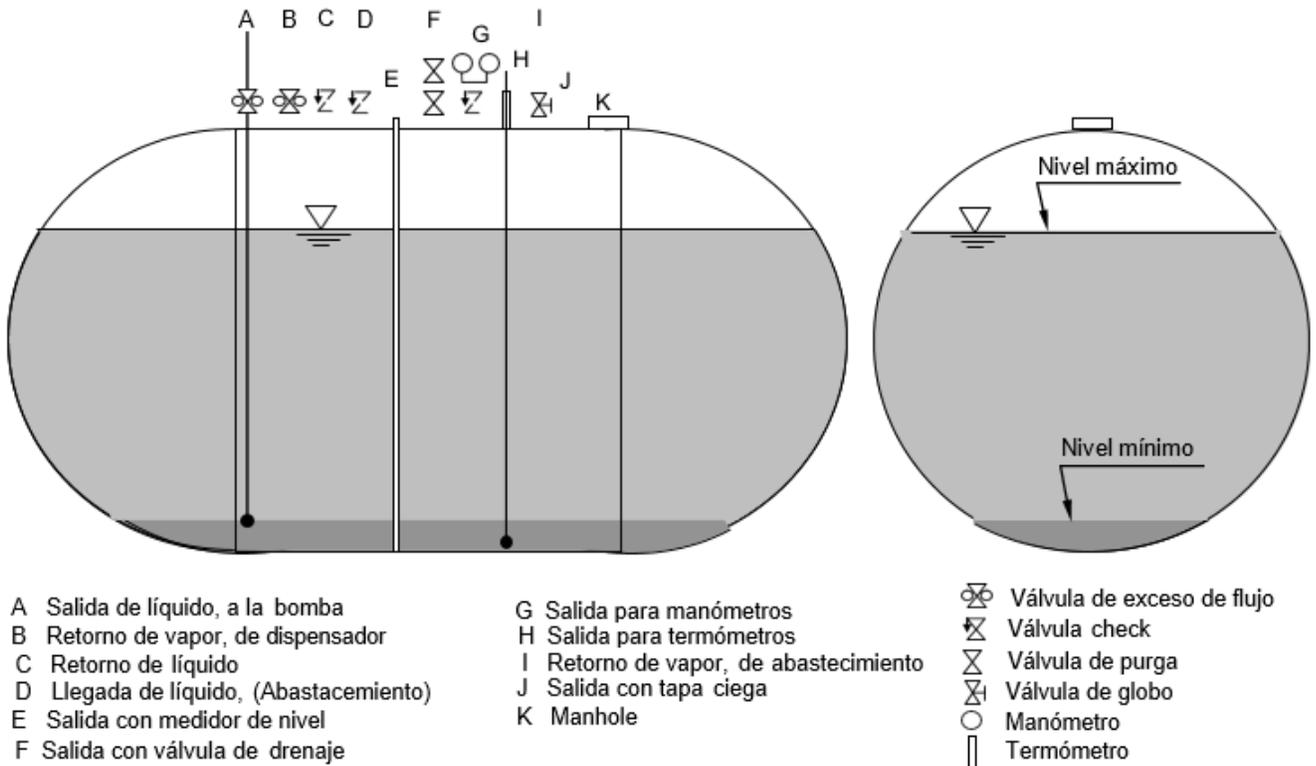


Figura N° 3: Disposición típica de los accesorios en las conexiones de salida de tanques soterrados.

Fuente: Macines Romero, Lima 2009

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.

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 4.

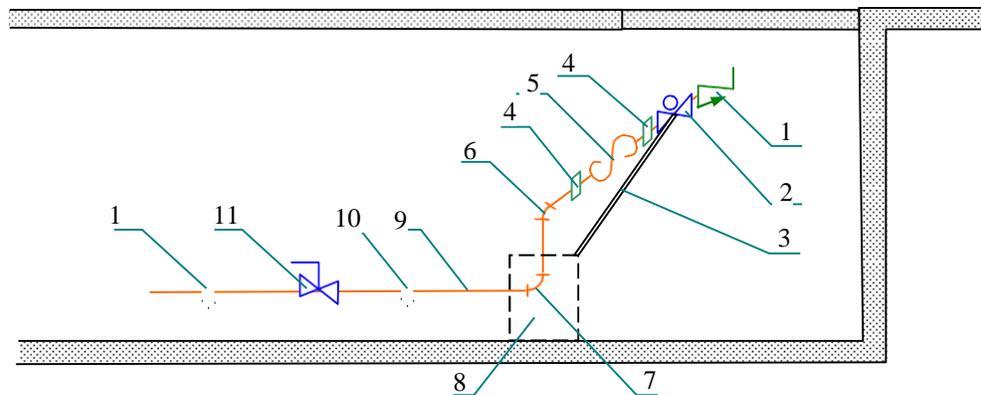
Las tuberías serán de acero al carbono sin costura, unidas entre sí por soldadura. Las conexiones entre tuberías y accesorios pueden ser bridadas o roscadas. Las conexiones con las tuberías del tanque se realizan con uniones universales.

VÁLVULAS

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

1. Cierre manual, desde una distancia remota.
2. Cierre manual, desde el lugar de instalación.
3. 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-
3	Cable de 5 mm de diámetro
4	House coupling
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

Figura N° 4: Instalación típica de punto de abastecimiento de GLP

Fuente: Macines Romero, Lima 2009

ACCESORIOS

Mangueras flexibles. 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.

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.

UBICACIÓN

La ubicación y las distancias mínimas del punto de carga a otros equipos e instalaciones se dan en la tabla 2 siguiente:

Tabla N° 3: Distancias mínimas del punto de carga a otros equipos e instalaciones

De la proyección horizontal del tanque de GLP	Distancia mínima
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

Fuente: Macines Romero, Lima 2009

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.

- 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.

- UBICACIÓN

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

Tabla N° 4: Distancias mínimas del dispensador a otros equipos e instalaciones

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

Fuente: Macines Romero, Lima 2009

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.

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 un dispositivo que impida el flujo de GLP, si la válvula de llenado no está conectada al tanque del vehículo.

TUBERÍAS

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.

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 N° 5: Instalación de tuberías

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

Fuente: Macines Romero, Lima 2009

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.

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 4 señaladas en el acápite anterior.

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.

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: utilización.

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.

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.

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 mm² que asegure una adecuada transmisión de la corriente estática a tierra, a través de una varilla de cobre de 1/2 "de diámetro y 2 m de longitud.

Los equipos que deben estar conectados con dichas instalaciones son:

- 01 tanque de almacenamiento de GLP de 3200 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.

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.

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 explosividad.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODO

3.1. MATERIALES

Normas técnicas y de seguridad:

D.S. 019-97-EM “Reglamento de Establecimientos de Gas Licuado de Petróleo Para Uso Automotor Gasocentros”

D.S. 054-93-EM “Reglamento de Seguridad Para Establecimientos de Venta al Público de Combustibles Derivados de Hidrocarburos”

ASME, sección VIII, división 1 “Diseño, Construcción e Inspección de Tanques y Recipientes de Presión.”

El desarrollo de este informe se hizo uso de:

a) Instrumentación.

- Cámara digital.
- Teodolito.
- Calculadora científica.
- Wincha de 50 metros.

b) Equipo Informático.

Se utilizó computadora de mesa con procesador Core i 5 de cuarta generación con tarjeta de video de 1 GB y disco duro de 1Tb como herramienta de informática para procesar textos, simular cálculos en programa Excel 2013 con macro y realizar planos con programa AutoCAD 2013.

3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

- a) Según Aplicabilidad o Propósito: Tecnológica - Aplicada.
- b) Según su Naturaleza o Profundidad: Explicativa.

Para el análisis de los resultados obtenidos en aplicación de las técnicas e instrumentos fue por medio del cálculo matemático y su respectiva contrastación de hipótesis.

Figura N° 5: Flujograma de investigación



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV
CÁLCULOS Y DISCUSIÓN DE
RESULTADOS

4.1. DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES E INSTALACIONES

4.1.1 OBJETIVO

El objetivo de este capítulo es ubicar cada uno de los componentes del gasocentro en el área del Grifo, 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.

4.1.2 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. 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 isla independiente de la isla actual 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 isla 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.

4.1.2.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO PROYECTADO

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 un espacio libre de 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 5 m con un área de 40 m². 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 5m y un diámetro de 2m.

Volumen neto del tanque

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

$$V_{mt} = C_t F_i N_i n_d \quad (1)$$

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_i : Es el número de islas a las que el tanque les suministra GLP.

n_d : Es el número de días en que se llena el tanque.

En el gasocentro se instala una isla de despacho de GLP. En Lambayeque el volumen promedio de llenado C_t de GLP por vehículo es de 5 galones y en los gasocentros en operación el promedio diario de vehículos F_i atendidos por Isla es de 145. El llenado de los tanques de GLP se realiza con una frecuencia de 4 a 5 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 4 días. En este caso reemplazando en la ecuación 1, el volumen de operación mínimo del tanque es:

$$V_{mt} = (5) (145) (1) (4) \quad (1a)$$

$$V_{mt} = 2900 \text{ gal } (10.97 \text{ m}^3) \quad (1b)$$

Por lo tanto, en el área disponible se debe instalar un tanque con un volumen neto mínimo de 2900 galones de GLP. Considerando un margen de seguridad del 10 % el volumen de neto de diseño es de 3190 galones con la condición de que su volumen total de agua sea mayor a 5 y menor a 40 m³.

4.1.2.2 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.

4.1.2.3 DISPENSADOR

El dispensador de GLP se ubica en una nueva isla de despacho por tener un área existente que nos permite aumentar el número de islas.

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.

4.1.2.4 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 procurando que se produzcan cruces de las tuberías nuevas con las tuberías existentes.

Una vez seleccionada la Isla 2 se determina el recorrido de la tubería de suministro de gas desde el tanque a los dispensadores. En el plano IM-03 se presenta un esquema del recorrido de GLP.

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.

DEL PUNTO DE ABASTECIMIENTO DE GLP AL TANQUE

El punto de abastecimiento se ubica a una prolongada distancia del tanque de almacenamiento, en este caso a una distancia de 18 m aprox. En consecuencia, requiere de una protección catódica especial (ánodo de sacrificio de magnesio de 9Lb) a la entrada de la zona de trasego y a la entrada del dispensador de GLP., pues no basta con la protección catódica del tanque.

4.1.3 DISTRIBUCIÓN DE OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES

4.1.3.1 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. (Así mismo se muestra en el plano IE-01 un grupo electrógeno existente de 15KVA, 220V, 3Ø, 60Hz.) 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.

4.1.3.2 DE 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 2

4.2. 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.

4.2.1. 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.

DISEÑO MECÁNICO

El tanque está sometido a las siguientes condiciones:

1. Capacidad de operación : 10.96m³ (2 900 gal)
2. Presión de operación máxima : 0.6895 MPa (100 psi)
3. Material : Acero al carbono

4. Protección anticorrosión : Anódica con ánodos de sacrificio.

Con estas condiciones se determina:

CAPACIDAD DE DISEÑO

La capacidad de operación del tanque es de 10.96 m³. Se toma un margen de seguridad del 10 % por lo que la capacidad de diseño es de 12.056 m³ (3 190 gal).

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 2.1a y 2.2 en psi. Para utilizar el sistema ISO con las presiones en MPa, de la expresión 4.1a resulta 4.1b. La expresión 4.2 no requiere ninguna conversión.

$$Pd = Pt + 30 \quad (\text{psi}) \quad (2.1a)$$

$$Pd = Pt + 0,2068 \quad (\text{MPa}) \quad (2.1b)$$

$$Pd = 2,5 Pt \quad (2.2)$$

La presión de diseño Pd es la mayor de las obtenidas con 2.1b y 2.2.

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.

$$Ph = 1,5 Pd \quad (3)$$

Tabla N° 6: 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	2.5856

Fuente: Elaboración propia

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.

EFICIENCIA DE LA JUNTA

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

MARGEN DE CORROSIÓN

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

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 6:

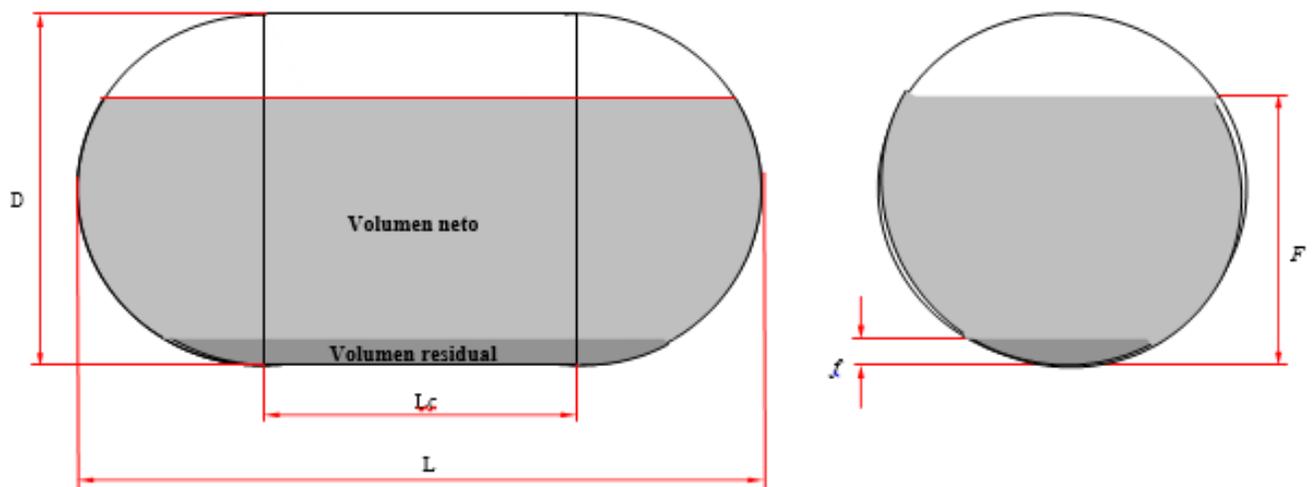


Figura N° 6: Geometría del tanque

Fuente: Macines Romero, Lima 2009

VOLUMEN TOTAL DEL TANQUE:

$$V_T = V_C + V_e \quad (4)$$

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 el volumen del cuerpo cilíndrico es:

$$V_C = \frac{\pi D^2}{4} (L-D) \quad (5)$$

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

$$V_e = \frac{4\pi}{3} r^3$$

$$V_e = 0,5236 D^3 \quad (6)$$

$$V_T = \frac{\pi D^2}{4} (L-D) + 0,5236 D^3 \quad (7)$$

El máximo volumen de llenado de GLP del tanque, VM , considerando un coeficiente de llenado k_v es:

$$VM = k_v V_T \quad (8)$$

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. 6. 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:

$$V_R = V_{SC} + V_{SE} \quad (9)$$

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. 6 y la longitud del cuerpo cilíndrico.

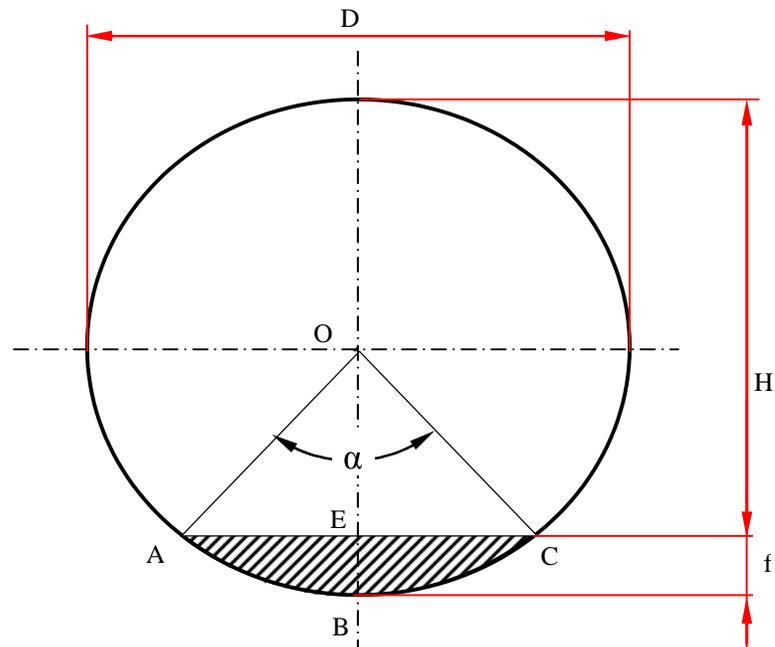


Figura N° 7: Geometría del segmento circular del volumen residual
Fuente: Macines Romero, Lima 2009

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:

$$Asc = 2R \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (10)$$

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

$$\overline{OE}^2 + \overline{EC}^2 = \overline{CO}^2 \quad (11)$$

Pero:

$$\overline{OE} = \overline{HOB} - f \quad (12)$$

Con

$$\overline{OB} = R \quad (13)$$

Se tiene

$$\overline{OE} = R - f \quad (14)$$

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

$$\overline{EC} = \sqrt{R^2 - (R - f)^2} \quad (15)$$

$$\overline{EC} = \sqrt{R^2 - R^2 + 2Rf - f^2} \quad (15a)$$

$$\overline{EC} = \sqrt{2Rf - f^2} \quad (15b)$$

Se observa en la figura que:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{EC}{OC} = \frac{\sqrt{2Rf - f^2}}{R} \quad (16)$$

Reemplazando este valor en 10:

$$A_{SC} = 2R \left(\frac{\sqrt{2Rf - f^2}}{R} \right) \quad (17)$$

$$A_{SC} = 2(\sqrt{2Rf - f^2}) \quad (17a)$$

Como $2R=D$

$$A_{SC} = 2\sqrt{Df - f^2} \quad (17b)$$

El volumen del segmento cilíndrico se obtiene multiplicando el área A_{SC} por la longitud del cuerpo cilíndrico.

$$V_{SC} = 2(L - D)\sqrt{Df - f^2} \quad (18)$$

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:

$$V_{se} = \pi f^2 \left(\frac{D}{2} - \frac{f}{3} \right) \quad (19)$$

Por lo tanto reemplazando en 9, el volumen residual resulta:

$$V_R = 2(L - D)\sqrt{Df - f^2} + \pi f^2 \left(\frac{D}{2} - \frac{f}{3} \right) \quad (20)$$

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

$$V_n = V_M - V_R \quad (21)$$

$$V_n = K_V \left[\frac{\pi D^2}{4} (L - D) + 0.5236 D^3 \right] - 2(L - D) \sqrt{Df - f^2} - \pi f^2 \left(\frac{D}{2} - \frac{f}{3} \right) \quad (22)$$

La expresión 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:

$$K_V = 0.8$$

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

$$V_n = 0.6283 D^2 (L - D) + 0.4189 D^3 - 2(L - D) \sqrt{0.15D - 0.0225} - 0.0707 \left(\frac{D}{2} - 0.05 \right) \quad (22a)$$

En la expresión 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 _n	:	12,1	m ³	(3190 gal)
Longitud máxima	L	:	5	m	
Diámetro máximo	D	:	3	m	
Rango de volumen total (Líquido)	V _T	:	5 < V _T < 40	m ³	

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 2 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 7 a 10 siguientes:

Tabla N° 7: Dimensiones del tanque. Diámetro y longitud variables

Factor de llenado	Kv	80%	0.8				
Cota residual	f	m	0.15				
Factor de conversión		L/gal	3.7854				
Longitud total	L	m	4	4.25	4.5	4.75	5
Diámetro	D	m	3	2.75	2.5	2.25	2
Volumen total (líquido)	VT	m3	21.206	19.799	17.999	15.904	13.614
		gal	5602	5230	4755	4201	3596
Volumen de llenado máximo	VM	m3	16.965	15.839	14.399	12.723	10.891
Volumen residual	VR	m3	1.410	1.967	2.460	2.882	3.228
Volumen neto de trabajo	VN	m3	15.554	13.872	11.939	9.841	7.663
		gal	4109	3665	3154	2600	2024

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8: Dimensiones del tanque. Diámetro de 2,4 m y longitud variable

Factor de llenado	Kv	80%	0.8				
Cota residual	f	m	0.15				
Factor de conversión		L/gal	3.7854				
Longitud total	L	m	4	4.25	4.5	4.75	5
Diámetro	D	m	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Volumen total (líquido)	VT	m3	14.476	15.607	16.738	17.869	19.000
		gal	3824	4123	4422	4721	5019
Volumen de llenado máximo	VM	m3	11.581	12.486	13.391	14.296	15.200
Volumen residual	VR	m3	1.940	2.231	2.521	2.812	3.102
Volumen neto de trabajo	VN	m3	9.641	10.255	10.869	11.484	12.098
		gal	2547	2709	2871	3034	3196

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 9: Dimensiones del tanque. Diámetro de 2,5 m y longitud variable

Factor de llenado	Kv	80%	0.8				
Cota residual	f	m	0.15				
Factor de conversión		L/gal	3.7854				
Longitud total	L	m	4.5	4.52	4.54	4.56	4.57
Diámetro	D	m	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Volumen total (líquido)	VT	m3	17.999	18.097	18.195	18.293	18.342
		gal	4755	4781	4807	4833	4846
Volumen de llenado máximo	VM	m3	14.399	14.478	14.556	14.635	14.674
Volumen residual	VR	m3	2.460	2.483	2.507	2.531	2.543
Volumen neto de trabajo	VN	m3	11.939	11.994	12.049	12.104	12.131
		gal	3154	3169	3183	3197	3205

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar los cálculos presentadas en las tablas 7 a 9, se concluye que el diámetro más conveniente es de 2,5 m, se realiza una iteración de ajuste con este diámetro, variando la longitud del tanque, Tabla 10

Tabla N° 10: Dimensiones del tanque Diámetro de 2,5m longitud de 4,560 a 4,565 m

Factor de llenado	Kv	80%	0.8				
Cota residual	f	m	0.15				
Factor de conversión		L/gal	3.7854				
Longitud total	L	m	4.560	4.561	4.562	4.563	4.564
Diámetro	D	m	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Volumen total (líquido)	VT	m3	18.293	18.298	18.303	18.308	18.313
		gal	4833	4834	4835	4836	4838
Volumen de llenado máximo	VM	m3	14.635	14.639	14.642	14.646	14.650
Volumen residual	VR	m3	2.531	2.532	2.533	2.534	2.536
Volumen neto de trabajo	VN	m3	12.104	12.106	12.109	12.112	12.115
		gal	3197.5	3198.2	3198.9	3199.6	3200.4

Fuente: Elaboración propia

Se observa que se obtiene un volumen neto de **3199.6 gal**, que tiene un error de 0,01 % con respecto al volumen de diseño, por lo que se seleccionan como dimensiones del tanque:

$$\boxed{D = 2500 \text{ mm (98,425 pulg)}} \quad (23)$$

$$\boxed{LT = 4563 \text{ mm (179.65 pulg)}} \quad (23a)$$

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:

- Por el esfuerzo circunferencial

Se produce en las juntas longitudinales. Las expresiones son:

$$t_L = \frac{P.R}{SE-0.6P} \quad (24)$$

Máxima presión interior:

$$P_L = \frac{SEt_L}{R-0.6t_L} \quad (25)$$

- Por el esfuerzo longitudinal

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

$$t_c = \frac{P.R}{2SE+0.4P} \quad (26)$$

La presión interior que puede soportar es:

$$P = \frac{2SEt_c}{R-0.4t_c} \quad (27)$$

donde:

t_c = espesor mínimo de la plancha, m.

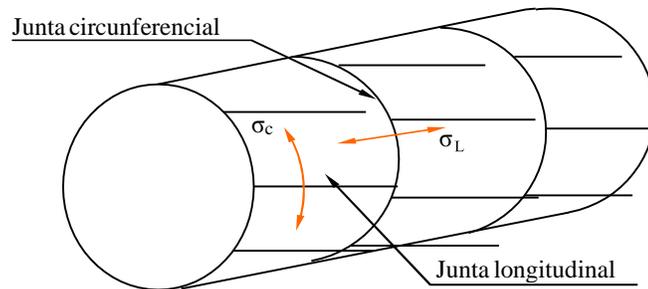
P = presión interior de diseño, MPa.

R = radio interior, m

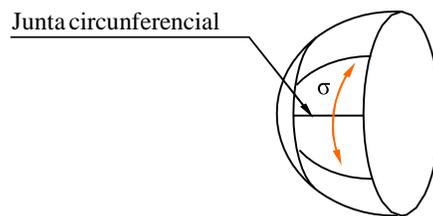
$R = D/2$

S = máximo esfuerzo admisible del material, MPa.

E = eficiencia de la junta soldada



Direcciones de esfuerzos en el cilindro : σ_c Circunferencial



σ_L Longitudinal

Direcciones de esfuerzos en la tapa hemisférica: σ circunferencial

Figura N° 8: Esfuerzos en el tanque
Fuente: Macines Romero, Lima 2009

- **Datos de diseño:**

El radio se obtiene del diámetro del cuerpo cilíndrico, expresión 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:

$$St = 159.96 \text{ MPa}$$

y límite de fluencia de 165 a 340 MPa.

a1) Esfuerzo circunferencial:

El mínimo espesor de la plancha se determina con 24.

$$t_L = \frac{P.R}{SE-0.6P} = \frac{1.72 \times 1.25}{159.96 - 0.6 \times 1.72} \quad (28)$$

$$t_L = 0.01353 \quad (28a)$$

Se selecciona la plancha estándar de mayor espesor

$t_L = 15\text{mm}$

(28a)

Y con la expresión 25 se calcula la máxima presión longitudinal que puede soportar esta plancha:

$$P_L = \frac{SEt_L}{R-0.6t_L} = \frac{159.96 \times 0.015}{1.25 - 0.6 \times 0.015} \quad (29)$$

$$P_L = 1.933 \text{ MPa} \quad (29a)$$

Esta presión se compara con la presión de diseño:

$$P = 1,933 > 1,72 = P_d \quad (29b)$$

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:

$$t_c = \frac{P.R}{2SE+0.4P} = \frac{1.72 \times 1.25}{2 \times 159.96 + 0.4 \times 1.72} \quad (30)$$

$$t_c = 0.00671 \text{ m} \quad (30a)$$

Como este espesor de pared, de 6,71 mm es menor que el espesor de 15mm seleccionando anteriormente, se considera el mayor espesor y la máxima presión, se calcula con 4.27:

$$P = \frac{2SEt_c}{R-0.4t_c} = \frac{2 \times 159.96 \times 0.015}{1.25 - 0.4 \times 0.015} \quad (31)$$

$$P = 3.86 \text{ MPa} \quad (31a)$$

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:

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

$$P_L = 1.933 \text{ MPa}$$

b) Cálculo de 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:

$$t_e = \frac{P.R}{2SE - 0.2P} \quad (32)$$

$$P = \frac{2SEt_e}{R + 0.2t_e} \quad (33)$$

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:

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

y límite de fluencia de 290 MPa.

Entonces:

$$t_e = \frac{P.R}{2SE-0.2P} = \frac{1.72 \times 1.25}{2 \times 86.87 - 0.2 \times 1.72} \quad (34)$$

$$t_e = 0.01240 \text{ m} \quad (34a)$$

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

$$P = \frac{2SEt_e}{R+0.2t_e} = \frac{2 \times 86.87 \times 0.012}{1.25 + 0.2 \times 0.012} \quad (35)$$

$$P = 1.665 \text{ MPa} \quad (35a)$$

Luego se verifica que:

$$t \leq 0,356R \quad , \text{ como } t = 15 \text{ mm}, R = 1250 \text{ mm} \quad (36)$$

$$15 \leq 445 \quad (36a)$$

Y que: $P \leq 0.665S_t$, donde $P = 1.72 \text{ MPa}$, $S_t = 86.87 \text{ MPa}$ (37)

$$1.72 \leq 0.665(86.87) \quad (37a)$$

$$1.72 \leq 57.77 \quad (37b)$$

Resumen de las dimensiones del tanque: Tanque de 3200 galones de capacidad total.

Longitud total : 4.563 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

4.2.2. 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.

A. Obras Civiles

Las obras civiles que más 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 E-01.

1. Caja y Cimentaciones

La cimentación es una losa 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 Ca , entonces:

$$Lc = Lt + 2 ca \quad (38)$$

$$Ac = Dt + 2 ca \quad (39)$$

Donde:

Lc = Largo interior de la caja.

Ac = Ancho interior de la caja.

ca = Espesor de la cobertura de material no corrosivo.

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

$$LC = 4,70 + 2 (0,5)$$

$$\mathbf{LC = 5,70\ m}$$

$$AC = 2,5 + 2 (0,50)$$

$$\mathbf{AC = 3,50m}$$

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.

B. Protección anticorrosión

La corrosión electroquímica 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.

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..

2. Protección con ánodos de sacrificio

Como el tanque es de acero, y el Fe tiene un potencial estándar, de $-0,44\text{ V}$, para protegerlo se utiliza magnesio, que tiene un potencial estándar de $-1,866\text{ V}$. 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:

$$A_{cil} = \pi D L \quad (40)$$

Sección esférica:

$$A_e = \pi D^2 \quad (41)$$

Área del cuerpo del tanque:

$$A_c = \pi D L + \pi D^2 \quad (42)$$

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 AT es:

$$A_{TE} = 1,1 A_c \quad (43)$$

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

La corriente unitaria necesaria para una protección anódica adecuada es:

$$I_{pu} = 5 \text{ mA/mm}^2$$

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

$$I_{pr} = I_{pu} A_{TE} \quad (44)$$

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 Ω -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 L_a , se calcula con:

$$r_e = \sqrt{\frac{0.6L_a^2}{\pi}} \quad (45)$$

La resistencia R_a en ohm, del ánodo en un medio de resistividad ρ expresada en Ω -cm se determina como:

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi L_a} \left(2.3 \log \frac{2L_a}{r_e} - 1 \right) \quad (46)$$

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

$$I_{an} = \frac{V}{R_a} \quad (47)$$

b) Números de ánodos requeridos

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

$$N_a = \frac{I_{pr}}{I_{an}} \quad (48)$$

Tabla N° 11: Resultados para los ánodos de 17 Lb

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Tanque			
Diámetro semiesferas	D	m	2.5
Longitud cuerpo cilíndrico	Lc	m	2.06
Área Total exterior	A	m ²	39.4
Corriente unitaria	I _{pu}	mA/m ²	5
Corriente de protección requerida	I _{pr}	mA	197
Terreno			
Resistividad del terreno:(ρ)		Ω-cm	2000
Ánodo de magnesio			
Peso		lb	17
Dimensiones Ancho		cm	10.6
altura		cm	10.6
longitud		cm	43.16
Numero de ánodos			
Radio efectivo	re	cm	4.63
Resistencia del ánodo	Ra	Ω	15.59
Corriente del ánodo	I _{an}	mA	64.14
Numero de ánodos			4

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de ánodos que se consideraran para la protección del tanque será de 4 ánodos de sacrificio.

El tiempo de protección se considera un promedio de 16 años, el cual el ánodo protegerá al tanque.

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 CADWELL.

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.

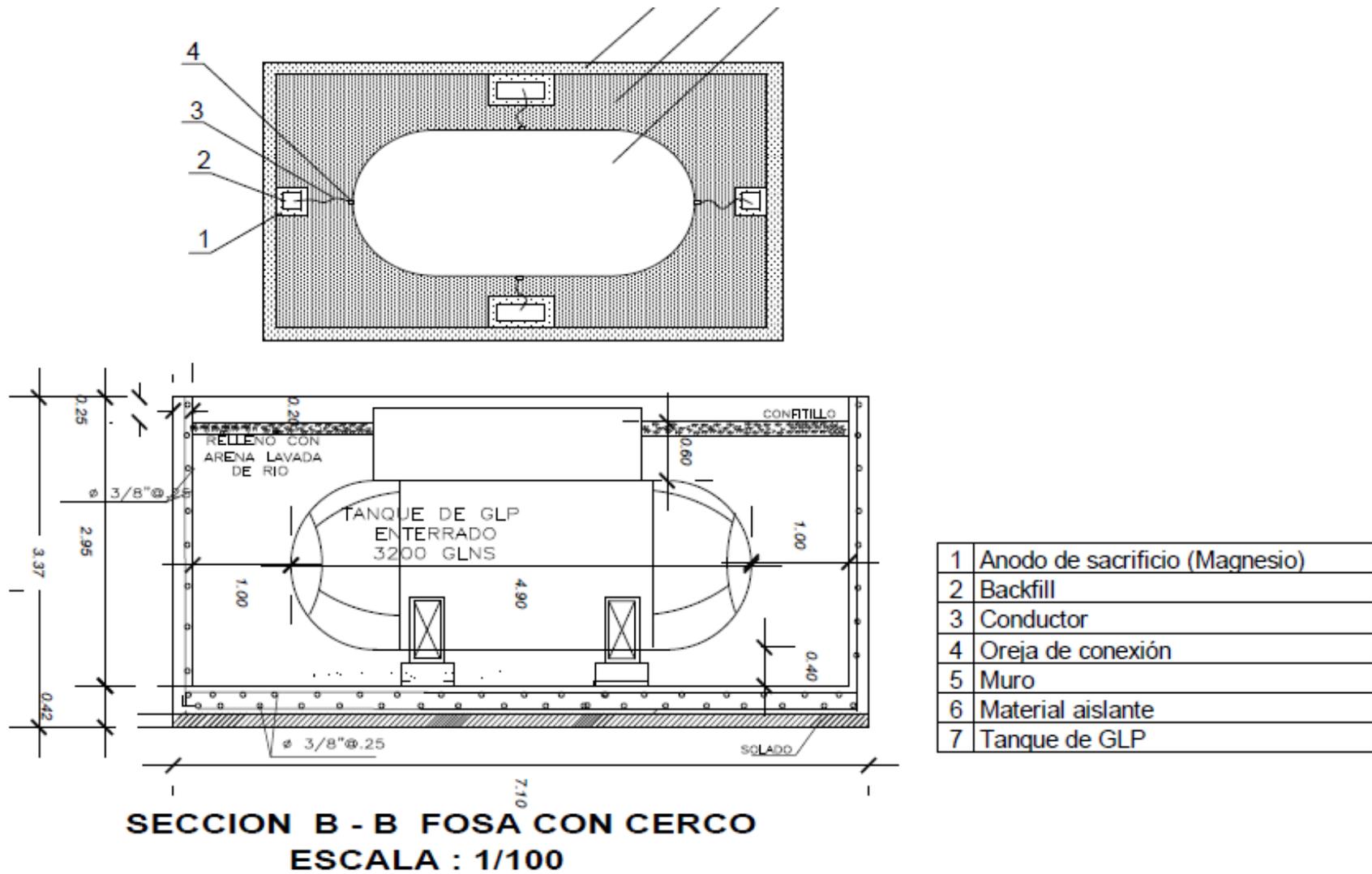


Figura N° 9: Instalación de ánodos de sacrificio

Fuente: Elaboración propia

4.3. RESULTADOS

En las tablas N° 12 y 13 se aprecian la descripción de las instalaciones para hidrocarburos líquidos actuales que consta de 3 tanques y una isla con dos dispensadores para el expendio de los productos DB5, Gasohol 84 y 90.

En las tablas 14, 15 se observan las nuevas instalaciones a agregar: un tanque de GLP de 3200 gal y una nueva isla con un dispensador para GLP.

4.3.1. DISTRIBUCIÓN ACTUAL

Tabla N° 12: Tanques de combustibles actuales

TANQUE	COMPARTIMIENTO	COMBUSTIBLE	CAPACIDAD (GALONES)
1	1	DB5	2 255
2	1	Gasohol 84 plus	1 690
3	1	Gasohol 90 plus	1 125
CAPACIDAD TOTAL DE ALMACENAMIENTO			5 070

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13: Distribución de islas y máquinas de despacho antes de la ampliación

DE LAS ISLAS DE DESPACHO Y RADIOS DE GIRO									
ISLA N°	N° DE DISPENS	N° DESURTIDORES	ATIENDE POR				N° DE MANGUERAS		
			LADO ANTERIOR		LADO POSTERIOR		Diesel B5	Gasohol 84 plus	Gasohol 90 plus
1	2	---	x	6,5	x	6,5	4	4	2

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. DISTRIBUCIÓN PROYECTADA LUEGO DE LA AMPLIACIÓN

Tabla N° 14: Tanques de combustibles actuales

TANQUE	COMPARTIMIENTO	COMBUSTIBLE	CAPACIDAD (GALONES)
1	1	DB5	2 255
2	1	Gasohol 84 plus	1 690
3	1	Gasohol 90 plus	1 125
4	1	GLP	3 200
CAPACIDAD TOTAL DE ALMACENAMIENTO			8 270

Tabla N° 15: Distribución de islas y máquinas de despacho luego de la ampliación

DE LAS ISLAS DE DESPACHO Y RADIOS DE GIRO										
ISLA N°	N° DE DISPENS	N° DESURTIDORES	ATIENDE POR				N° DE MANGUERAS			
			LADO ANTERIOR		LADO POSTERIOR		Diesel B5	Gasohol 84 plus	Gasohol 90 plus	GLP
1	2	---	x	6,5	x	6,5	4	4	2	---
2	1	---	x	6,5	x	6,5	--	--	--	2

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES OBTENIDAS PARA EL TANQUE DE GLP

Para el tanque de GLP se obtiene de los cálculos un volumen promedio de llenado de GLP por vehículo es de 5 galones, un promedio de vehículos atendidos por Isla de 145 vehículos / día.

El llenado de los tanques de GLP se realizará con una frecuencia de 4 a 5 días

Resumen de las dimensiones del tanque de 3200 galones de capacidad total.

Longitud total : 4.563 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

4.3.4. DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

De acuerdo a los cálculos realizados, la estación de servicio contará con las siguientes cargas:

Tabla N° 16: Cuadro de cargas eléctricas.

CALCULO DE CARGA GENERAL - TG					
RECEPTOR	CANTIDAD	CARGA UNITARIA	C.I. (W)	F.D.	M.D. (W)
ALUMBRADO + TOMACORRIENTE	A.T. = 181.20 m2	20 W/m2	3,624	0,8	2,899.20
COMPRESORA (5 HP)	01	5 x 746 W	3,730	0,8	2,984.00
BOMBA SUMERGIBLE DIESEL B5 (1.5 HP)	01	1.5 x 746 W	1,119	1,0	1,119.00
BOMBA SUMERGIBLE GASOHOL 84 PLUS (1.5 HP)	01	1.5 x 746 W	1,119	1,0	1,119.00
BOMBA SUMERGIBLE GASOHOL 90 PLUS (1.5 HP)	01	1.5 x 746 W	1,119	1,0	1,119.00
DISPENSADOR (ISLA - 1)	01	300 W	300	1,0	300.00
DISPENSADOR (ISLA - 2)	01	300 W	300	1,0	300.00
BOMBA DE AGUA (POZO TUBULAR) 1 HP	01	746 W	746	0,8	596.80
ALUMBRADO CANOPY (LED)	08 REFLECT.	8 x 100 W	800	1,0	800.00
ALUMBRADO EXTERIOR (LED)	04 REFLECT.	4 x 100 W	400	0,8	360.00
LETRERO DE PRECIOS	01	400 W	400	0,8	320.00
ESTACION DE ALARMA	01	300 W	300	1,0	300.00
DISPENSADOR DE GLP	01	300 W	300	1,0	300.00
BOMBA DE GLP	01	7.5 x 746 W	5,595	0,8	4,476.00
	TOTAL		19,852.00		15,556.00

Fuente: Elaboración propia

La carga a contratar al concesionario utilizando un factor de simultaneidad de fs.=0.78, El tipo de tarifa será en BT4.

4.3.5. DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS NUEVAS INSTALACIONES Y SU NO AFECTACIÓN A LAS EXISTENTES

El detalle de las nuevas instalaciones a realizarse y su distribución en cumplimiento de la normativa técnica y de seguridad aplicable se aprecian en los planos anexados los cuales son:

UL-01	Ubicación – Localización.
IM-01	Isométrico GLP.
IM-02	Detalle Instalaciones GLP.
IE-01	Diagrama Unifilar.
IE-03	Distribución red eléctrica de GLP.
IE-04	Protección Catódica y Puestas a Tierra.
IM-03	Distribución Líneas de GLP.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1- La dimensión del tanque es de $D=2.5\text{m}$ con una longitud $L= 4.563\text{m}$ cuya dimensión cubriría la demanda diaria de abastecimiento de GLP a los vehículos que utilicen este tipo de combustible.

- 2- Se diseña la estación, ubicando el tanque con los nuevos equipos y tuberías sin afectar las instalaciones existentes, donde se detalla la ubicación, estructura del portatanque, toma de carga de GLP, detalle de las instalaciones de GLP, diagrama unifilar, su clasificación de áreas peligrosas, su distribución de red eléctrica de GLP, la protección catódica y puesta a tierra. Distribución y puntos de monitoreo, distribución y radio de giro, distribución de líneas de GLP y equipos de seguridad y señalización.

- 3- El diseño, dimensionamiento y ubicación tanto del tanque que es el corazón del proyecto, tuberías y nuevos equipos, cumplen con el Decreto Supremo N° 019 – 97 EM que reglamenta la ley N° 26221 “Ley Orgánica de Hidrocarburos”, que es el reglamento más importante, por su relación directa con Gasocentros es el “Reglamento de establecimientos de gas licuado de petróleo (GLP) para uso automotor – Gasocentros, Decreto Supremo N° 019-97-EM, Decreto Supremo N° 054-99-EM, Decreto Supremo N° 01-94-EM, Decreto Supremo N° 027-94-EM, Decreto Supremo N° 052-93-EM, ASME, sección VIII, división 1 “Diseño, Construcción e Inspección de Tanques y Recipientes de Presión y con las Normas Técnicas Peruana, NTP y las normas técnicas de carácter internacional, como ISO, las de otros países e instituciones como: ASME, ASTM, ANSI, NFPA, NPGA, UL, API, STD.

- 4- La elaboración de los planos se ejecutaron conforme al área disponible que se cuenta en la estación existente cumpliendo con las distancias mínimas de seguridad y con las disposiciones de las normativas vigentes, obteniendo los planos conforme a obra de las instalaciones de GLP.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda difundir la implementación de gasocentros de GLP vehicular, porque tienen una triple ventaja, para el inversionista tiene la ventaja de la alta demanda, conllevando rentabilidad económica, para el usuario de los vehículos, el menor costo de este combustible y para el medio ambiente por tratarse de un combustible más limpio a comparación de los gasoholes y Diesel.
2. Es necesario una buena traducción de las normas internacionales antes de adecuarlas a las normas nacionales, puesto que se presta confusiones como es el caso en lo concerniente a áreas clasificadas.
3. Es necesario realizar y promover capacitaciones en el uso adecuado del GLP vehicular y las bondades de su uso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NORMAS TÉCNICAS

- Ley Orgánica N° 26221 que norma las actividades de hidrocarburos en el territorio nacional, señalada anteriormente.
- Decreto Supremo N° 019-97-EM, Reglamento de Establecimiento de venta de Gas Licuado de Petróleo para uso Automotor – GASOCENTRO.
- 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.
- ASME, sección VIII, división 1 “Diseño, Construcción e Inspección de Tanques y Recipientes de Presión.

TESIS

- GUEVARA GRANJA, Alejandro y VINUEZA JÁTIVA, Juan. “Diseño Mecánico de una Planta de Almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo de 16000 Toneladas Métricas De Capacidad” Escuela Politécnica Del Ejército. Ecuador. 2005. 265 p.
- MACINES ROMERO, Carlos. “Estudio de Ampliación de un Servicentro con un Gasocentro de GLP de Uso Automotriz de 5 000 Galones de Capacidad”. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú. 2009. 131p.
- FERNANDEZ PORTILLA, Hugo. “Estudio de Ampliación Y Modificación de un Grifo para el expendio de GLP y de GNV con Tanques de 10,53 M3 Y de 14,6 M3 de Capacidad de Agua Respectivamente”. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú. 2011. 243p.

PAGINA WEB

- OSINERGMIN, DIVISIÓN DE SUPERVISIÓN REGIONAL (2017). Perú: Demanda mensual de GLP automotriz de las EE.SS. y gasocentros, según departamento, 2017
URL:http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/hidrocarburos/SCOP/SCOP-DOCS/2017/Demanda-Diesel2-GLP-Nacional.pdf

ANEXOS